

Opdrachtgever:

RIKZ Middelburg

Studie naar het effect van  
verschillende peilalternatieven op de  
waterkwaliteit en ecologie van het  
Veerse Meer

MER peilbeheer Veerse Meer

Report

Juni 2006

**WL | delft hydraulics**



Opdrachtgever:

RIKZ Middelburg

**Studie naar het effect van  
verschillende peilalternatieven op de  
waterkwaliteit en ecologie van het  
Veerse Meer**

MER peilbeheer Veerse Meer

Arno Nolte, Loana Arentz en Marjolijn Haasnoot

Report

Juni 2006



postadres  
postbus 177  
2600 MH Delft

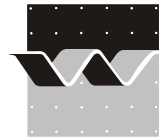
bezoekadres  
Rotterdamseweg 185  
Delft

telefoon  
015 285 85 85

telefax  
015 285 85 82

e-mailadres  
info@wldelft.nl

internetadres  
wldelft.nl



**wl | delft hydraulics**

Geachte heer, mevrouw,

Bij het afdrukken van hoofdstuk 6 “Conclusies” (pagina 6-1) van dit rapport is een fout ontstaan. Vanwege deze fout is iedere alinea van hoofdstuk 6 genummerd (10 tot en met 18 in plaats van 1 tot en met 9).

Om vertraging van oplevering te voorkomen, hebben wij besloten om het rapport toch te verzenden aangezien deze nummering niet afdoet aan de leesbaarheid van het rapport.

Wij bieden onze excuses aan voor het eventuele ongemak.

Delft, 14 juli 2006  
WL | Delft Hydraulics

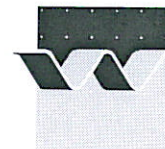


*Gespecialiseerd advies: van beleidsondersteuning tot ontwerp en technische assistentie.*

---

WL | Delft Hydraulics is ingeschreven in het handelsregister van de Kamer van Koophandel Haaglanden onder nummer 41146460, als Stichting Waterloopkundig Laboratorium.





OPDRACHTGEVER:	Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) Middelburg				
TITEL:	Studie naar het effect van verschillende peilalternatieven op de waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer MER peilbeheer Veerse Meer				
SAMENVATTING:	<p>In het kader van de Milieu Effect Rapportage (MER) 'Peilbesluit Veerse Meer' heeft WL   Delft Hydraulics de effecten van verschillende peilalternatieven op de waterkwaliteit en ecologie in het Veerse Meer bestudeerd. De ecologie beperkt zich tot primaire productie: fytoplankton, zeesla en zeegras. Fytoplankton is in de modelberekeningen meegenomen. Voor zeesla en zeegras is in een workshop een deskundigenoordeel gegeven. Overige ecologische aspecten worden in andere onderzoeken beschouwd.</p> <p>In de studie is gebruik gemaakt van het 3-dimensionale hydrodynamisch model en het Generiek Ecologisch Model (GEM) van het Veerse Meer. Beide modellen zijn in eerdere studies ontwikkeld en gekalibreerd. Met de modellen is een periode van zes jaar doorgerekend. Gedurende deze zes jaar treedt er een range aan (meteorologische) condities op, waardoor de modelberekeningen de verscheidenheid aan optredende omstandigheden in het Veerse Meer goed omvatten.</p> <p>De modelberekeningen geven aan dat de verschillende Peilalternatieven in grote mate leiden tot een vergelijkbare waterkwaliteit. De stikstofconcentratie in de winter neemt wel af naarmate de uitwisseling met de Oosterschelde groter is, en is dus lager bij een vast peil dan bij een variabel peil.</p> <p>Deskundigen geven aan dat een vast peil de kansen voor zeegras aanmerkelijk verhoogt ten opzichte van een variabel peil, doordat een habitat met voldoende licht en zonder versturende golflslag permanent beschikbaar komt. De stikstofconcentratie blijft in alle Peilalternatieven te hoog in vergelijking met het optimum voor zeegras, zodat in alle gevallen ook zeesla verwacht mag worden. Een lager stikstofgehalte zoals in Peilalternatieven 1 en 2 vergroot desalniettemin de kansen voor zeegras.</p>				
REFERENTIES:	Contract RKZ-1619MB				
VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
1.0	Arno Nolte	10 april 2006	concept	A.W. Minns	T. Schilperoort
2.0	Arno Nolte	3 juli 2006	definitief	A.W. Minns	T. Schilperoort
PROJECTNUMMER:	Z4064				
TREFWOORDEN:	Veerse Meer, waterkwaliteit, ecologie, peilbeheer, zeegras, zeesla				
AANTAL BLADZIJDEN:	80				
VERTROUWELIJK:	<input type="checkbox"/> JA		<input checked="" type="checkbox"/> NEE		
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG		<input type="checkbox"/> CONCEPT		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF





## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1—1</b>
1.1	Kader .....	1—1
1.2	Doelstelling.....	1—1
1.3	Aanpak .....	1—1
<b>2</b>	<b>Hydrodynamica .....</b>	<b>2—1</b>
2.1	Inleiding .....	2—1
2.2	Opzet en verificatie van het hydrodynamisch model .....	2—1
2.2.1	Water- en zoutbalans voor het Veerse Meer .....	2—1
2.2.2	Selectie van een droog, een nat en een gemiddeld jaar.....	2—4
2.2.3	Debieten door de Katse Heule.....	2—5
2.2.4	Meteorologische forcering .....	2—6
2.2.5	Modelopzet en aanpassingen.....	2—7
2.3	Definitie van de scenario's .....	2—9
2.4	Resultaten .....	2—9
<b>3</b>	<b>Waterkwaliteit en primaire productie (fytoplankton) .....</b>	<b>3—1</b>
3.1	Inleiding .....	3—1
3.2	Modelopzet.....	3—1
3.2.1	Nutriëntenbelasting.....	3—1
3.2.2	Graas.....	3—2
3.3	Scenariodefinitie .....	3—3
3.4	Resultaten .....	3—3
<b>4</b>	<b>Zeesla en zee gras.....</b>	<b>4—1</b>
4.1	Inleiding .....	4—1

---

4.2	Ingebrachte informatie ten behoeve van het deskundigenoordeel.....	4-1
4.2.1	Historische ontwikkeling van zeegras in de Delta .....	4-1
4.2.2	Effecten peilalternatieven op standplaatsfactoren van zeegras en zeesla .....	4-2
4.3	Belangrijke standplaatsfactoren.....	4-3
4.3.1	Zeegras .....	4-3
4.3.2	Zeesla .....	4-4
4.4	Kans op voorkomen zeegras en zeesla in het Veerse Meer .....	4-5
<b>5</b>	<b>Concluderende opmerkingen .....</b>	<b>5-1</b>
<b>6</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>6-1</b>
<b>A</b>	<b>Beschrijving van de gebruikte modellen.....</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Water- en zoutbalans van het Veerse Meer.....</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Figuren hydrodynamica .....</b>	<b>C-1</b>
<b>D</b>	<b>Figuren waterkwaliteit .....</b>	<b>D-1</b>

## Samenvatting

In het kader van de Milieu Effect Rapportage (MER) ‘Peilbesluit Veerse Meer’ heeft WL | Delft Hydraulics de effecten van verschillende peilalternatieven op de waterkwaliteit en ecologie in het Veerse Meer bestudeerd. De ecologie beperkt zich tot primaire productie: fytoplankton, zeesla en zeegras. Fytoplankton is in de modelberekeningen meegenomen. Voor zeesla en zeegras is in een workshop een deskundigenoordeel gegeven. Overige ecologische aspecten worden in andere onderzoeken beschouwd.

De MER bekijkt de volgende peilalternatieven:

Peilalternatief	Streefpeil zomer	Streefpeil winter	Noodpeil winter
0	NAP -0.1 m	NAP -0.6 m	geen
1	NAP -0.1 m	NAP -0.1 m	geen
2	NAP -0.1 m	NAP -0.1 m	NAP -0.3 m
3	NAP -0.1 m	NAP -0.3 m	NAP -0.5 m

In de studie is gebruik gemaakt van het 3-dimensionale hydrodynamisch model en het Generiek Ecologisch Model (GEM) van het Veerse Meer. Beide modellen zijn in eerdere studies ontwikkeld en gekalibreerd. Met de modellen is een periode van zes jaar doorgerekend. Gedurende deze zes jaar treedt er een range aan (meteorologische) condities op, waardoor de modelberekeningen de verscheidenheid aan optredende omstandigheden in het Veerse Meer goed omvatten.

De modelberekeningen geven aan dat de verschillende Peilalternatieven in grote mate leiden tot een vergelijkbare waterkwaliteit. Onderstaande tabel geeft de gemiddelde waarde van een aantal parameters weer. De gekleurde vakjes geven aan dat de waarde meer dan 5% verandert ten opzichte van Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer).

Berekende jaargemiddelde waarden voor verschillende parameters

	Chloride	Chlorofyl-a	Particulair Organisch Koolstof	Nitraat	Totaal stikstof	Ortho-fosfaat	Totaal fosfaat	Doorzicht
	(kg/m <sup>3</sup> )	(mg/m <sup>3</sup> )	(g-C/m <sup>3</sup> )	(g-N/m <sup>3</sup> )	(g-N/m <sup>3</sup> )	(g-P/m <sup>3</sup> )	(g-P/m <sup>3</sup> )	(m)
0: huidig peil	14.8	10.3	1.3	0.44	0.75	0.09	0.11	2.7
1: vast hoog peil	15.0	9.5	1.2	0.34	0.57	0.09	0.11	2.8
2: vast hoog peil met noodpeil	15.0	9.5	1.2	0.35	0.57	0.09	0.11	2.8
3: verlaagd winterpeil met noodpeil	14.9	10.0	1.2	0.39	0.66	0.09	0.11	2.8

Op basis van de modelberekeningen en de deskundigenworkshop zijn de volgende conclusies getrokken:

1. De peilalternatieven leiden niet tot een ander systeemgedrag: het karakteristieke seizoensverloop van chloride, nutriënten, chlorofyl en doorzicht is voor alle peilalternatieven gelijk.
2. In het zomerhalfjaar als alle peilalternatieven hetzelfde streefpeil van -0,1 m NAP hanteren, hebben de peilalternatieven een vergelijkbare waterkwaliteit.
3. In het winterhalfjaar leidt een hoger streefpeil met daardoor een grotere uitwisseling met de Oosterschelde tot een hogere chlorideconcentratie en een lagere

- nutriëntenconcentratie. Dit resulteert in een (jaar)gemiddeld lagere chlorofylconcentratie.
- a) Ten opzichte van Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) is de gemiddelde totaalstikstofconcentratie in Peilalternatief 1 (vast hoog peil) en Peilalternatief 2 (vast hoog peil met noodpeil) 15% tot 20% lager, doordat de Katse Heule in het winterhalfjaar efficiënter kan worden gebruikt bij een hoger streefpeil. De verlaging van de gemiddelde totaalstikstofconcentratie in Peilalternatief 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) is met circa 10% minder dan in Peilalternatief 1 en 2.
  - b) De berekende totaal-fosfaatconcentratie is onnauwkeurig vanwege modelartefacten. Op basis van expert judgement is de verwachting dat de totaal-fosfaatconcentratie lager wordt bij een hogere uitwisseling met de Oosterschelde. Door nalevering vanuit het sediment kan de verlaging minder zijn dan voor stikstof.
  - c) Ten opzichte van Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) is de gemiddelde chlorofylconcentratie in Peilalternatief 1 (vast hoog peil) en Peilalternatief 2 (vast hoog peil met noodpeil) 5% tot 10% lager. De gemiddelde chlorofylconcentratie in Peilalternatief 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) is minder dan 5% lager dan in Peilalternatief 0.
4. Het instellen van een tijdelijk noodpeil heeft geen significant effect op de waterkwaliteit.
  5. Geen van de peilalternatieven leidt tot een ongewenste situatie met betrekking tot de hydrodynamica en waterkwaliteit van het Veerse Meer.
  6. Indien een zo laag mogelijke nutriëntenconcentratie en een laag mogelijke chlorofylconcentratie als streefbeeld voor de waterkwaliteit worden gehanteerd, zijn Peilalternatief 1 (vast hoog peil) en Peilalternatief 2 (vast hoog peil met noodpeil) het meest gunstig. Peilalternatief 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) is minder gunstig en Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) nog wat minder gunstig voor de waterkwaliteit.
  7. Omdat meerdere jaren met een verscheidenheid aan (meteorologische) condities zijn beschouwd en de modelresultaten voor deze verscheidenheid een consistent beeld laten zien, kunnen bovenstaande conclusies met een grote mate van zekerheid getrokken worden. Een mogelijke verandering in de graasdruk is als onzekerheid geïdentificeerd, maar de verwachting is dat de graasdruk geen significante invloed heeft op de verschillen tussen de Peilalternatieven. Er is geen indicatie dat er omstandigheden zijn waaronder de peilalternatieven in andere effecten zullen resulteren dan zoals beschreven in dit rapport.
  8. Deskundigen geven aan dat een vast peil de kansen voor zeegras verhoogt ten opzichte van een variabel peil.
  9. De stikstofconcentratie blijft in alle Peilalternatieven hoog genoeg, zodat in alle gevallen zeesla verwacht mag worden. Een lager stikstofgehalte zoals in Peilalternatieven 1 en 2 is vergroot desalniettemin de kansen voor zeegras.

# I Inleiding

## I.1 Kader

In het kader van de Milieu Effect Rapportage (MER) ‘Peilbesluit Veerse Meer’ heeft WL | Delft Hydraulics de effecten van een ander peilbeheer op de waterkwaliteit en ecologie in het Veerse Meer bestudeerd. De ecologie beperkt zich tot primaire productie: fytoplankton, zeesla en zeegras. Fytoplankton wordt in de modelberekeningen meegenomen. Om het effect op zeesla en zeegras te bepalen is op 18 mei 2006 een workshop met deskundigen gehouden. Overige ecologische aspecten worden in andere onderzoeken beschouwd.

De MER bekijkt de volgende peilalternatieven:

Peilalternatief	Streefpeil zomer	Streefpeil winter	Noodpeil winter
0	NAP -0.1 m	NAP -0.6 m	geen
1	NAP -0.1 m	NAP -0.1 m	geen
2	NAP -0.1 m	NAP -0.1 m	NAP -0.3 m
3	NAP -0.1 m	NAP -0.3 m	NAP -0.5 m

## I.2 Doelstelling

- Analyse van het effect van verschillende peilalternatieven op hydrodynamica, nutriëntenbalansen, en primaire productie van fytoplankton in het Veerse Meer met behulp van een bestaand Delft3D model van het Veerse Meer.
- Deskundigenoordeel van het effect van verschillende peilalternatieven op de ontwikkeling van zeesla en zeegras in het Veerse Meer.

## I.3 Aanpak

De studie bouwt voort op de tussen 2002 en 2005 door WL | Delft Hydraulics uitgevoerde modelmatige analyses van hydrodynamica, nutriëntenbalansen en primaire productie van het Veerse Meer (WL | Delft Hydraulics, 2002 en WL | Delft Hydraulics, 2004). Er worden twee bestaande rekenmodellen gebruikt, namelijk:

1. Een hydrodynamisch model van het Veerse Meer (Delft3D-FLOW), en
2. Een waterkwaliteits- en primaire-productie-model van het Veerse Meer (GEM<sup>1</sup>)

Binnen deze studie is geen (her)kalibratie of andere ontwikkeling van de modellen uitgevoerd. Voor het hydrodynamisch model is een verificatie uitgevoerd, omdat gebruik is gemaakt van de meest recente software. Een gedetailleerde beschrijving van de modelopzet is opgenomen in Appendix A.

<sup>1</sup> GEM = Generiek Ecologisch Model



## 2 Hydrodynamica

### 2.1 Inleiding

De waterbeweging in het Veerse Meer wordt grotendeels gestuurd door:

1. Een bijzondere configuratie van een relatief ondiepe bodem waarin diepe putten liggen die onderling verbonden worden door een geul.
2. Het verticale dichtheidsprofiel welke grotendeels bepaald wordt door:
  - a. de instroom van zout water uit de Oosterschelde, en
  - b. de instroom van zoet (of brak) water uit de polders en het Kanaal door Walcheren
  - c. de temperatuur
3. De windsnelheid en windrichting

### 2.2 Opzet en verificatie van het hydrodynamisch model

#### 2.2.1 Water- en zoutbalans voor het Veerse Meer

Het Veerse Meer kan beschouwd worden als een gesloten watersysteem: Het waterpeil wordt bepaald door de (on)balans van in- en uitgaande debieten. Zowel de in- en uitgaande debieten als de temperatuur en het zoutgehalte van het binnenkomende water moeten als randvoorwaarden aan het hydrodynamisch model worden opgelegd. Met deze invoer berekent het model de waterstand, het zoutgehalte en de temperatuur van het Veerse Meer. De kwaliteit en nauwkeurigheid van de invoergegevens is bepalend voor de kwaliteit en nauwkeurigheid van de uitkomsten van het hydrodynamisch model.

Op basis van een negenjarige (1995 – 2003) dataset is het mogelijk om deze randvoorwaarden af te leiden. Om de nauwkeurigheid van de beschikbare invoerparameters met betrekking tot waterstand en zoutgehalte te controleren zijn een water- en zoutbalans van het Veerse Meer opgesteld. De debieten en zoutgehalten voor 1995 tot en met 1999 zijn overgenomen uit een voorgaande Veerse Meer studie (WL | Delft Hydraulics, 2002). De gegevens voor de periode 2000 tot en met 2003 zijn overgenomen uit de bekkenrapportage voor het Veerse Meer (RIKZ, 2004).

Met behulp van de maandelijkse debiet- en zoutghaltemetingen, gedetailleerde bathymetriegegevens, en een beginvolume water (berekend op basis van een gemeten waterstand) kan elke maand het volume water in het Veerse Meer berekend worden (Formule 2.1). Van dit volume kan de waterstand afgeleid worden. De berekende waterstand kan getoetst worden aan de gemeten waterstand in het Veerse Meer.

$$\begin{aligned} \text{Volume}^{t+\Delta t} &= \text{Volume}^t + \sum(Q_{in} \times \Delta t) - \sum(Q_{uit} \times \Delta t) \\ \text{waterstand} &= f(\text{Volume}) \end{aligned} \tag{2.1}$$

waarin:	$Volume$	=	Totaal volume van het Veerse Meer ( $m^3$ )
	$Q_{in}$	=	Ingaand debiet ( $m^3/s$ )
	$Q_{uit}$	=	Uitgaand debiet ( $m^3/s$ )
	$\Delta t$	=	Tijdstap (s)

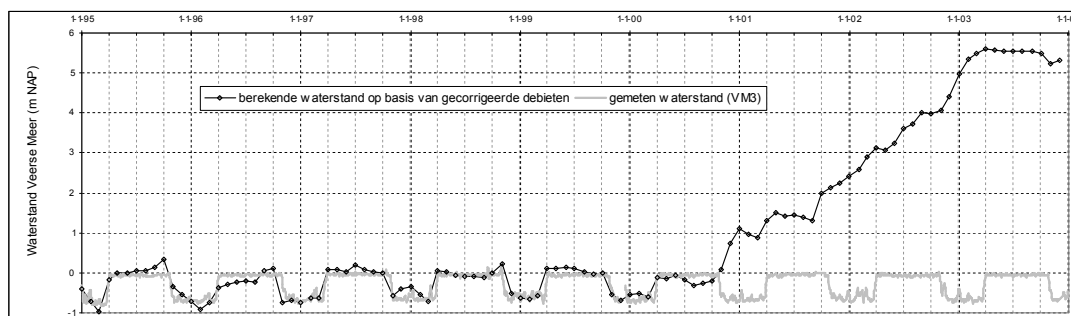
Een soortgelijke aanpak is gevolgd voor het opstellen van de zoutbalans. Met behulp van de zoutgehalten van de in- en uitgaande debieten kan elke maand de totale hoeveelheid zout in het Veerse Meer berekend worden met behulp van Formule 2.2. Deze zoutgehalten kunnen getoetst worden aan de gemeten zoutgehalten (afgeleid uit verticale zoutprofielen afkomstig van VTSO-metingen).

$$Zout^{t+\Delta t} = Zout^t + \sum(Q_{in} \times Saliniteit_{in} \times \Delta t) - \sum(Q_{uit} \times Saliniteit_{uit} \times \Delta t) \quad (2.2)$$

waarin:	$Zout$	=	Totale hoeveelheid zout in het Veerse Meer (kg)
	$Q_{in}$	=	Ingaand debiet ( $m^3/s$ )
	$Saliniteit_{in}$	=	Saliniteit van het ingaand debiet ( $kg/m^3$ )
	$Q_{uit}$	=	Uitgaand debiet ( $m^3/s$ )
	$Saliniteit_{uit}$	=	Saliniteit van het uitgaand debiet ( $kg/m^3$ )
	$\Delta t$	=	Tijdstap (s)

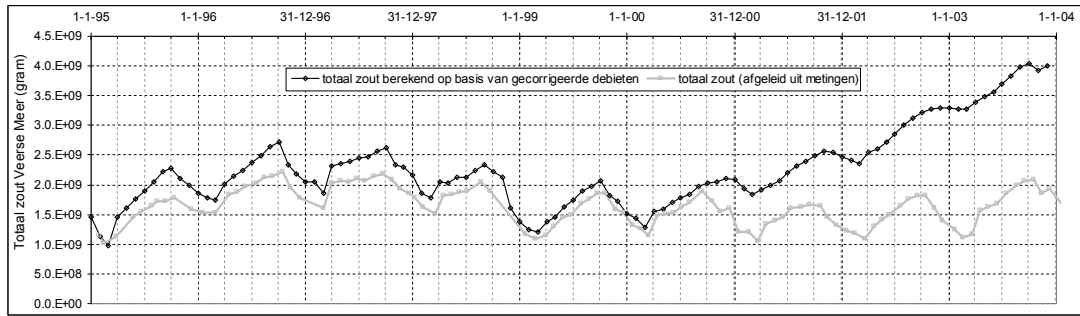
Inbegrepen in de water- en zoutbalans zijn de polderdebieten, afstroming, neerslag en verdamping, schutdebieten door zowel Veerse Sluis als Zandkreeksluis en de peilopzet en -aflaat door de Zandkreeksluis<sup>2</sup>. De uitwisseling met de Oosterschelde door het doorlaatmiddel 'Katse Heule' is niet inbegrepen omdat de Katse Heule pas sinds 7 juni 2004 operationeel is. Aangezien de in- en uitgaande debieten door het doorlaatmiddel gelijk zijn, zal dit enkel consequenties hebben voor de zoutbalans en niet voor de netto waterbalans.

Alle debieten en formules zijn verwerkt in een spreadsheetmodel waarin de gemeten en berekende waarden voor zowel waterstand als zoutgehalte vergeleken en eventueel aangepast kunnen worden. De berekende waarden voor waterstand en zoutinhoud op basis van ongecorrigeerde gegevens staan in Figuur 2.1 afgezet tegen de gemeten waarden.



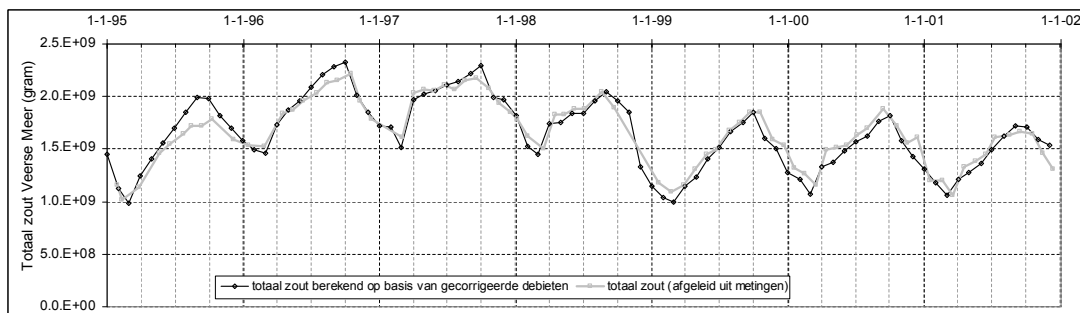
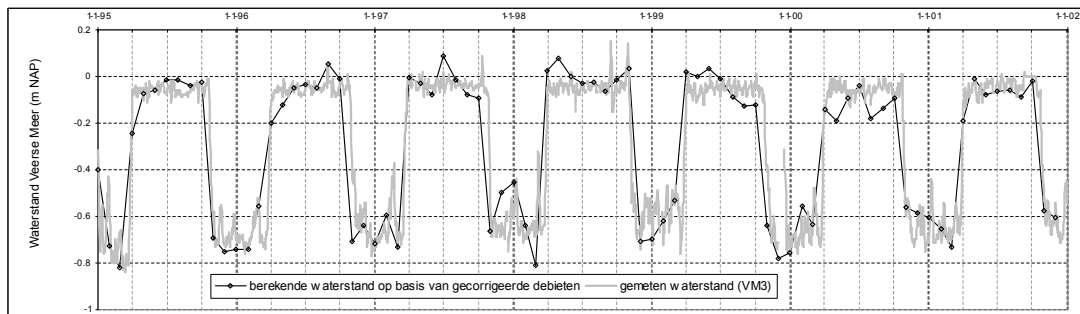
<sup>2</sup> Met de ingebruikname van doorlaatmiddel de Katse Heule geschieden de peilopzet en -aflaat door middel van de Katse Heule





Figuur 2.1 Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstand (in m NAP) en totale zoutinhoud (in kg) van het Veerse Meer voor de periode 1995 tot en met 2003 op basis van ongecorrigeerde gegevens

Op basis van de ongecorrigeerde gegevens kan geen sluitende balans opgesteld worden. Om het Veerse Meer model de gemeten waterstand en zoutinhoud goed te laten reproduceren dienen de gegevens gecorrigeerd te worden. Uit een nadere inspectie van de waarden bleek dat de metingen van peilopzet (spui in)- en peilaflaat (spui af) afwijken van het te verwachten patroon. De peilaflaat-debieten lijken vanaf 2000 te ontbreken en zijn handmatig toegevoegd. Ook het peilopzet-debiet is éénmalig gecorrigeerd, namelijk voor maart 2003. De totale water- en zoutbalans inclusief correcties is bijgevoegd in Appendix B. Naar aanleiding van dit spreadsheetmodel is besloten om de periode tot en met 2001 te simuleren omdat er vanaf 2002 te grote onzekerheden in de meetwaarden bestonden. De gecorrigeerde waarden voor waterstand en zoutinhoud staan in Figuur 2.2 afgezet tegen de gemeten waarden voor de periode 1995 tot en met 2001.



Figuur 2.2 De gecorrigeerde water- en zoutbalans van het Veerse Meer voor de periode 1995 tot en met 2003

De grootste hoeveelheid zout komt het meer binnen bij de Zandkreeksluis (51 %)<sup>3</sup>. Daarna volgen de Veerse sluis (21%), de peilopzet/spui in (11%), de schutstroom in (10%) en tenslotte de polders inclusief afstroming (7%), die het minst van belang zijn voor de zoutbalans, maar het meest van belang voor de nutriëntenbalans. Het polderwater kan een saliniteit van boven de 6 ppt halen, maar de gemiddelde saliniteit is met 2,7 ppt veel lager, omdat de saliniteit in de natte periode veel lager is. In Tabel 2.1 zijn de in- en uitgaande gemiddelde hoeveelheden water volgens de gecorrigeerde waterbalans samengevat, met bijbehorende gemiddelde zoutgehalten en gemiddelde temperaturen.

Tabel 2.1 Jaargemiddelde hoeveelheden water volgens de gecorrigeerde waterbalans (in miljoen m<sup>3</sup>/j) met bijbehorend gemiddelde zoutgehalte en gemiddelde temperatuur

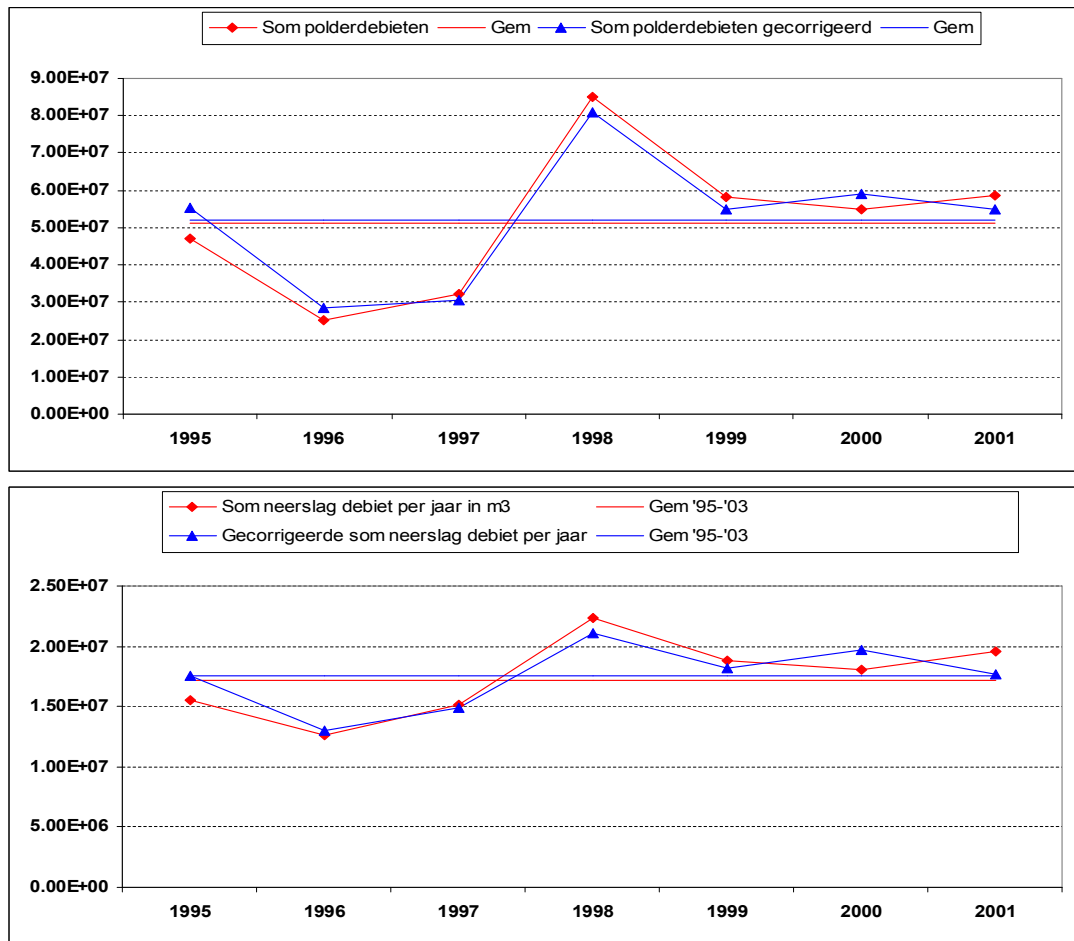
	Debiet (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)	Saliniteit (ppt)	Temperatuur (°C)
Ingaande debieten:			
Polders	52,1	2,7	8,3
Afstroming	11,6	2,7	
Veerse Sluis	27,0	20,0	13,0
Schutdebiet Zandkreeksluis	8,2	31,2	13,4
Peilopzet	9,1	31,2	3,8
Uitwisseling in	42,5	31,2	14,1
Neerslag	17,6	0	12,5
Uitgaande debieten:			
Schutdebiet Zandkreeksluis	6,0	<i>toestandsvariabele model</i>	
Spuidebiet Zandkreeksluis	99,4	<i>toestandsvariabele model</i>	
Uitwisseling uit	45,0	<i>toestandsvariabele model</i>	
Verdamping	12,5	<i>toestandsvariabele model</i>	

De gecorrigeerde debieten en zoutgehalten in de water- en zoutbalans dienen als uitgangspunt voor de modelsimulaties van de peilalternatieven. De enige wijziging ten opzichte van het nulalternatief (de huidige situatie) is dat voor de alternatieven 1 tot en met 3 de peilopzet en peilaflaat niet meer via de spuiopeningen in de Zandkreeksluis zal geschieden maar via de Katse Heule.

### 2.2.2 Selectie van een droog, een nat en een gemiddeld jaar

Ten behoeve van de waterkwaliteitsmodellering wordt een selectie gemaakt van een droog, een nat en een gemiddeld jaar. De selectie geschiedt op basis van hydrologische en chemische randvoorwaarden. Onderliggende gedachte is dat de polderdebieten verantwoordelijk zijn voor de grootste nutriëntenbelasting op het Veerse Meer en deze zijn direct gerelateerd aan de hoeveelheid neerslag. Doel van dit onderscheid is het in kaart brengen van de variatie in de waterkwaliteit van het Veerse Meer voor deze drie typen jaren. In Figuur 2.3 staan zowel de gecorrigeerde als de gemeten debieten geplot zoals opgenomen in de waterbalans.

<sup>3</sup> Situatie voor ingebruikname doorlaatmiddel



Figuur 2.3 Totale polder- en neerslagdebieten in m³ per jaar

Voor zowel de polderdebieten als de neerslag komt 1996 naar voren als droogste jaar, en 1998 als natste. Voor de selectie van een gemiddeld jaar kan gekozen worden tussen de jaren 1999 en 2001.

### 2.2.3 Debieten door de Katse Heule

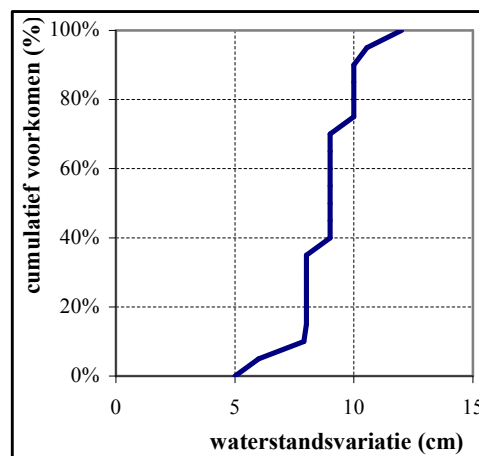
Sinds 7 juni 2004<sup>4</sup> stroomt er water, via doorlaatmiddel de Katse Heule in de Zandkreeksdam heen en weer tussen de Oosterschelde en het Veerse Meer. Bij vloed stroomt Oosterschelde water het Veerse Meer in, en bij eb stroomt water het Veerse Meer uit. Voor de opening van de Katse Heule vond de peilaflaat (spui) in het najaar en de peilopzet in het voorjaar plaats door de spuiopeningen in de Zandkreeksdam. In de huidige situatie geschiedt dit via de Katse Heule. Bij de peilaflaat wordt de Katse Heule gesloten voor de inkomende debieten tijdens vloed, tijdens eb wordt er wel water uit het Veerse Meer gelaten totdat het gewenste winterpeil bereikt wordt. Bij de peilopzet vice versa.

<sup>4</sup> Vanaf 7 juni stroomt er water door het doorlaatmiddel de Katse Heule. Op 23 juni is de Katse Heule officieel in gebruik genomen.

De debieten door het doorlaatmiddel worden bepaald door het waterstandsverschil tussen de Oosterschelde en het Veerse Meer. In voorgaande studies zijn de debieten door het doorlaatmiddel aangenomen als  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  bij zomerpeil (NAP  $-0,1 \text{ m}$ ) en  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  bij winterpeil (NAP  $-0,6 \text{ m}$ ). Dit zijn de debieten tijdens de lozingsperiode, oftewel  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  uitstroom tijdens de ebperiode en  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  instroom tijdens de vloedperiode (bij NAP  $-0,1 \text{ m}$ ). De aangenomen debieten zijn op twee manieren gecontroleerd, namelijk op basis van ADCP-metingen en op basis van de waterstandvariatie in het Veerse Meer.

Op 5 juli 2005 zijn gedurende een ebfase (5 uur en 37 minuten) stroomsnelheidmetingen uitgevoerd vlak voor de opening van het doorlaatmiddel (Rijkswaterstaat Directie Zeeland, 2005). Uit deze metingen is een ebvolume van 1,47 miljoen  $\text{m}^3$  afgeleid. Dit geeft een gemiddeld debiet van  $73 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ook de waterstandvariatie in het Veerse Meer als gevolg van de getijwerking door de Katse Heule geeft een indicatie van de hoeveelheid water die door het doorlaatmiddel is gestroomd. In de periode van 7 juni tot 9 juli 2004 stond de Katse Heule volledig open en is de waterstandvariatie op meetpunt VM4 (bij gemaal de Piet) geturfd. Figuur 2.4 laat zien dat de waterstand varieert tussen 8 en 10 cm. Dit komt neer op een totaal debiet van circa 1,6 tot 2,0 miljoen  $\text{m}^3$  per getijfase, ofwel circa 74 tot  $93 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Figuur 2.4 Cumulatief voorkomen van waterstandsvariatie (in cm) als gevolg van getijwerking door de Katse Heule op meetpunt VM4 tussen 7 juni en 9 juli 2004

Het aangenomen zomerpeildebiet komt redelijk goed overeen met de ADCP meting en goed overeen met de geschatte waarde op basis van waterstandsvariatiës. De waarden van  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  en  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  bij respectievelijk zomer- en winterpeil gedurende de doorstroomperiode (6 uur), ofwel  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  en  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  gemiddeld over een dag, zullen aangehouden worden.

## 2.2.4 Meteorologische forcering

De waterbeweging in het Veerse Meer wordt sterk beïnvloed door het verticale dichtheidsprofiel. De dichtheid wordt bepaald door saliniteit en temperatuur (saliniteit domineert). Het verticale dichtheidsprofiel wordt bepaald door saliniteit, temperatuur en de mate van menging (door bijvoorbeeld wind). Een sterke gelaagdheid resulteert in demping

van turbulente transporten op de dichtheidsspronglaag, en boven- en onderlaag worden dan als het ware ontkoppeld.

Een sterke zoninstraling kan resulteren in een temperatuurstratificatie of in een versterking van de saliniteitsstratificatie door opwarming van de ontkoppelde bovenlaag. De rol van wind in de waterbeweging is tweeledig. Enerzijds heeft wind een sturende werking op de stroming van de bovenste waterlagen in de windrichting. Anderzijds, kan een voldoende sterke wind een gelaagdheid afbreken en de onder- en bovenlaag opmengen.

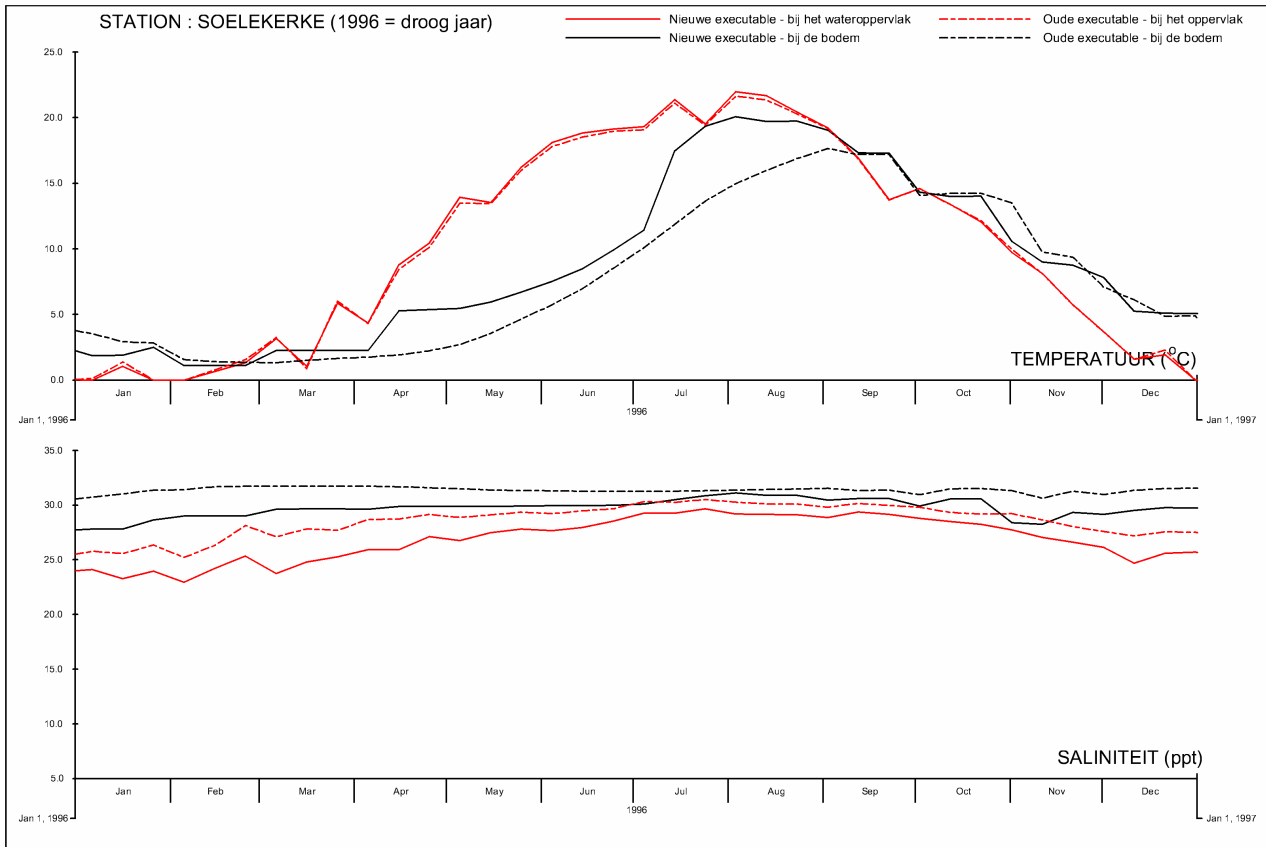
De netto warmte-uitwisseling aan het wateroppervlak wordt gemodelleerd als het netto effect van zoninstraling en instraling vanuit de atmosfeer, en warmteverlies als gevolg van uitstraling, verdamping en convectie. Op basis van windsnelheid, windrichting luchtdruk, luchttemperatuur, luchtvochtigheid en bewolgingsgraad berekent het 'warmte-flux-model' deze netto warmte-uitwisseling aan het wateroppervlak. De menging als gevolg van wind wordt gesimuleerd als een bronterm in het turbulentiemodel.

### 2.2.5 Modelopzet en aanpassingen

Er wordt gebruik gemaakt van een bestaand hydrodynamisch model van het Veerse Meer waarmee WL | Delft Hydraulics tussen 2002 en 2005 de effecten van het doorlaatmiddel op de hydrodynamica en waterkwaliteit heeft geanalyseerd. Gezien de ontwikkelingen in de software sinds de vorige studie is besloten om gebruik te maken van de meest recente software. De voornaamste ontwikkeling is een verbeterde afhandeling van de turbulentie/menging in het z-lagen model. Modelparameters en grid zijn overgenomen uit voorgaande studies. Een nadere inspectie van het Veerse Meer model wees uit dat het watervolume van het Veerse Meer te groot was. Het volume is gecorrigeerd door de bodem aan te passen om een totaalvolume van 100 miljoen m<sup>3</sup> (bij 0 m NAP) te bewerkstelligen.

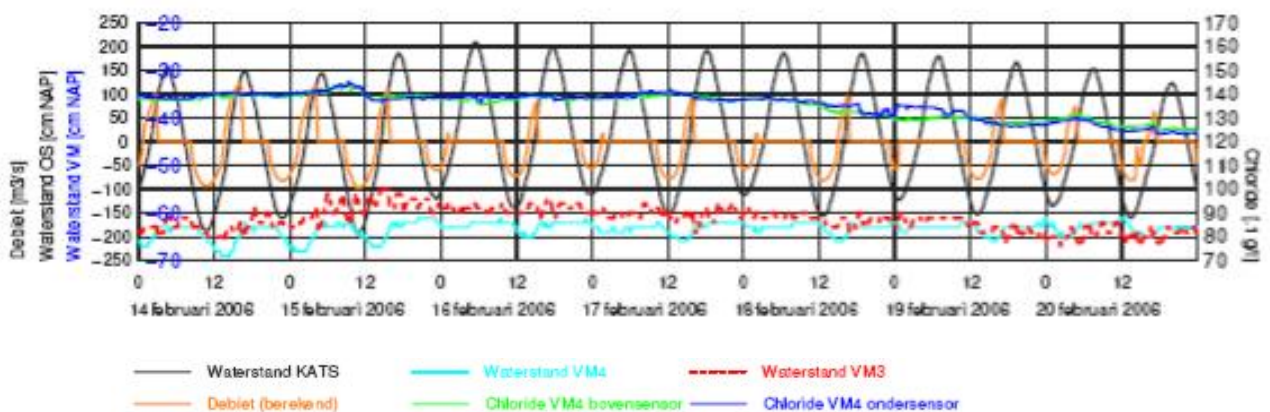
In- en uitgaande debieten en saliniteit van het binnenkomende water zijn overgenomen uit de water- en zoutbalans met uitzondering van de uitwisselingsdebieten door de Zandkreeksluis. Deze uitwisselingsstromen, gedreven door dichtheidsverschillen tussen Veerse Meer en Oosterschelde, zijn gebaseerd op de situatie zonder doorlaatmiddel oftewel een brak Veerse Meer. De uitwisselingsdebieten zoals weergegeven in de water- en zoutbalans, leveren een overschatting van de uitwisseling en dus van het zoutgehalte in Veerse Meer. De uitwisselingsdebieten zijn derhalve niet meer als randvoorwaarde aan het hydrodynamisch model opgelegd. De verschillende peilen zijn per alternatief verdisconteerd in de debieten door het doorlaatmiddel.

Er zijn verschillende testcases gerund ter controle van de software. Uit deze testen bleek dat de temperaturen zoals berekend met het "oude" en het aangepaste Veerse Meer model elkaar nauwelijks ontlopen. De bodemtemperaturen kunnen, met name in de diepere delen van het Veerse Meer, afwijkingen vertonen. Deze afwijkingen kunnen verklaard worden door de veranderingen in de bodem en een andere afhandeling van de menging in de verticaal. De saliniteiten zoals berekend door het aangepaste model liggen een aantal ppt lager dan de saliniteiten zoals berekend met het "oude" model. Dit is het gevolg van het weglaten van de uitwisselingsdebieten door de Zandkreeksluis. In Figuur 2.5 worden temperatuur en saliniteit vergeleken zoals berekend door beide modellen voor Soelekerke, een diep punt in het midden van het Veerse Meer.



Figuur 2.5 Vergelijking van oude en aangepaste Veerse Meer model voor de huidige situatie (inclusief doorlaatmiddel)

De met het aangepaste model berekende saliniteit komt goed overeen met recente chloridemetingen voor november 2005 tot en met half maart 2006 bij meetpaal VM4 (dichtbij gemaal de Piet). De chloridegehalten in deze perioden fluctueerden tussen 11 en 16 g/l. Dit komt overeen met saliniteiten tussen de 20 en 30 ppt. In Figuur 2.6 staan ter illustratie de chloridemetingen voor 14 tot en met 20 februari 2006 ter illustratie.



Figuur 2.6 Chloridemetingen (in 0.1 g/l) voor de periode 14 tot en met 20 februari voor meetpaal VM4 (pers.com. P. Lieveense, RWS Directie Zeeland)

## 2.3 Definitie van de scenario's

Alternatief 2 en 3 hanteren een noodpeilverlaging in de winter. Wat betreft de frequentie en de duur van de noodpeilverlaging zijn de volgende aannamen gedaan:

- De gesimuleerde winterperiode loopt van oktober tot en met maart.
- Het noodpeil wordt voor 1 week gehandhaafd.
- De aangenomen frequentie is gebaseerd op het winterpeil en staat weergegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Aangenomen frequentie van de noodpeilverlaging gedurende een oktober-maart winterperiode

Type	Jaar	Alternatief 2	Alternatief 3
Droog	'96	1×	0×
Gemiddeld	'95, '97, '99-'01	3×	1×
Nat	'98	6×	3×

Voor de debieten bij de overige peilalternatieven in het Veerse Meer is er lineair geïnterpoleerd tussen het huidige peilen en de daarbij behorende debieten. De resulterende debieten staan weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Gemiddelde dagdebieten door de Katse Heule per peilalternatief.

Alternatief	Zomer	Winter	Noodpeil winter
0	40 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.1 m)	25 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.6 m)	n.v.t.
1	40 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.1 m)	40 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.1 m)	n.v.t.
2	40 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.1 m)	40 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.1 m)	34 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.3 m)
3	40 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.1 m)	34 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.3 m)	28 m <sup>3</sup> /s (NAP -0.5 m)

## 2.4 Resultaten

De Figuren in Appendix C geven het berekende temperatuur- en saliniteitsverloop van de toplaag en de bodemlaag over de periode 1996 tot en met 2001 (1995: inspeeljaar) voor de verschillende peilalternatieven.

In de temperatuur zijn nauwelijks verschillen tussen de peilalternatieven waarneembaar. De saliniteit toont echter wel verschillen tussen de alternatieven, namelijk in de winter. In de zomer liggen de saliniteitsprofielen op elkaar. Het enige verschil tussen de alternatieven zijn de debieten door het doorlaatmiddel waarmee het waterpeil van het meer geregeld wordt. Het zomerpeil is voor alle alternatieven constant (NAP -0,1 m) en zo ook het debiet door het doorlaatmiddel. De winterpeilen (inclusief de noodpeilen) en de daaraan gekoppelde debieten door het doorlaatmiddel verschillen per winter per alternatief wat resulteert in de geobserveerde verschillen in saliniteit. Peilalternatief 1 en 2 resulteren in een relatief zouter Veerse Meer en alternatief 0 (huidige situatie) levert een relatief zoeter Veerse Meer.

Verder tonen de resultaten een afnemende zoutgradiënt van Oost naar West. Immers, de grootste zoutbron is het doorlaatmiddel. Hetzelfde geldt voor de saliniteitsstratificatie, deze neemt ook af van oost naar west. Overigens is de keuze van een droog, een nat en een gemiddeld jaar niet terug te zien in de saliniteit in deze jaren.



## 3 Waterkwaliteit en primaire productie (fytoplankton)

### 3.1 Inleiding

Het Generiek Ecologisch Model (GEM) van het Veerse Meer berekent de concentraties van de nutriënten (nitraat, ammonium, ortho-fosfaat, silicium), opgelost zuurstof, fytoplankton (diatomeeën, flagellaten, dinoflagellaten) en zeesla. Het GEM model maakt gebruik van de waterbeweging zoals beschreven in het vorige hoofdstuk. Daarnaast bestaat de voornaamste invoer uit de nutriëntenbelasting vanuit de polders en de Oosterschelde en meteorologische condities, met name zoninstraling.

### 3.2 Modelopzet

Voor de gedetailleerde beschrijving van de modelopzet verwijzen we naar Appendix A, waarin de oorspronkelijke modelopzet is beschreven (WL | Delft Hydraulics, 2002). In deze studie is alleen de simulatieperiode met twee jaar uitgebreid (1995-2001). Er zijn geen wijzigingen in de parameterinstelling gedaan.

#### 3.2.1 Nutriëntenbelasting

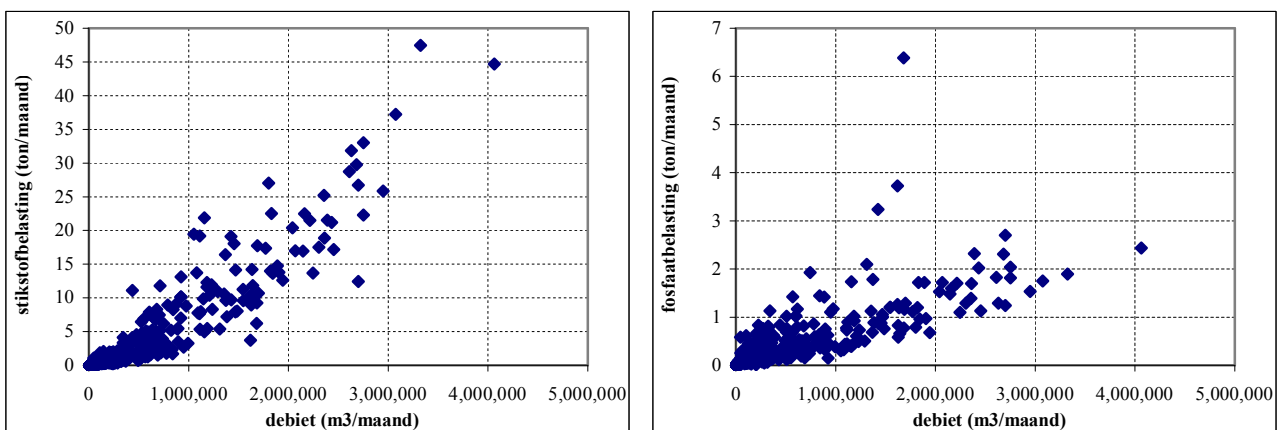
Voor de nutriëntenbelasting richten wij ons alleen op de polderlozingen, aangezien deze de meest variabele nutriëntenbron vormen. Van de acht poldergemalen zijn niet continu gegevens bekend. Tabel 3.1 en Tabel 3.2 geven een overzicht van de jaarlijkse belasting van respectievelijk stikstof en fosfaat. Uit deze tabellen blijkt dat er een aanzienlijke variatie in de jaarlijkse nutriëntenbelasting is. Voor de twee poldergemalen met een volledige reeks, Oostwateringe en De Piet, bedraagt de variatie een factor 5 voor stikstof en een factor 3 voor fosfaat.

Tabel 3.1 Overzicht van totaal-stikstof belasting (ton/jaar) per jaar per poldergemaal

Poldergemaal	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Kleverskerke	22,8						17,1			
Oostwateringe	51,8	24,1	41,5	129,8	78,1	69,4	75,2	66,2	26,4	51,0
Jacoba		5,8			9,6					
Willem		56,2			91,9			132,7	31,1	91,6
Adriaan		22,0			23,1			57,1	18,2	28,3
Wilhelmina		23,6			47,5			43,1	28,9	27,1
Oosterland		7,0								
De Piet	82,0	37,2	64,0	189,3	77,3	68,7	129,9	76,5	34,9	70,8

Tabel 3.2 Overzicht van totaal-fosfaat belasting (ton/jaar) per jaar per poldergemeal

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Kleverskerke	2,9						2,5			
Oostwateringe	4,6	3,1	5,4	8,8	6,4	8,0	7,8	6,3	3,3	4,4
Jacoba		0,5			1,1					
Willem		6,2			7,8			12,9	4,0	5,2
Adriaan		1,4			2,4			2,4	0,5	0,9
Wilhelmina		6,7			7,3			8,9	4,2	8,7
Oosterland		2,3								
De Piet	7,2	4,5	4,9	14,1	10,2	9,0	14,9	7,5	5,0	8,5



Figuur 3.1 Relatie tussen de polderafvoer (in m<sup>3</sup>/maand) en de stikstofbelasting (links, in ton/maand) en de fosfaatbelasting (rechts, in ton/maand)

Als we de maandelijkse polderafvoer uitzetten tegen de maandelijkse belasting (Figuur 3.1), zien we in grote lijnen dat de belasting toeneemt als de polderafvoer toeneemt. Het als 'nat' geïdentificeerde jaar 1998 levert inderdaad de hoogste belasting. Het 'droge' jaar 1996 heeft inderdaad de laagste belasting.

In het waterkwaliteitsmodel zullen ook de jaren waarvoor geen gegevens zijn, polderbelastingen opgegeven moeten worden. Op basis van bovenstaande relatie geven wij de volgende schatting voor de nutriëntenbelasting voor een droog, gemiddeld en nat jaar:

- droog:        stikstofbelasting        250 ton            fosfaatbelasting        20 ton
- gemiddeld                            460 ton    35 ton
- nat                                        700 ton    60 ton

Wij nemen aan dat er geen verandering in nutriëntenbelasting ten gevolge van ontwikkelingen in de landbouw of afleiding(en) van polderwater plaatsvindt. Kortom, we nemen voor de te beschouwen periode 2007-2015 aan dat dezelfde nutriëntenbelasting geldt als voor de periode 1995-2004.

### 3.2.2 Graas

Naast de beschikbaarheid van nutriënten en licht wordt de hoeveelheid fytoplankton mede bepaald door de graasdruk. Daarom wordt de graas door mosselen en zoöplankton meegenomen. De graas van fytoplankton door mosselen en zoöplankton wordt niet

dynamisch gesimuleerd in het GEM Veerse Meer model, maar is gebaseerd op metingen van de biomassa. Deze aanpak is al in 1990 uitgedacht en toegepast (WL | Delft Hydraulics, 1990; Revis en Bakker, 1988). In deze studie is geen rekening gehouden met een eventuele verandering van de graasdruk als gevolg van de peilalternatieven. Met andere woorden, voor alle peilalternatieven is dezelfde graasdruk aangenomen. In de discussie komen wij terug op de gevolgen van deze aanname.

De biomassa van mosselen wordt opgelegd als een sinusfunctie over het jaar met een minimum waarde op 1 april en een maximum waarde op 1 oktober. De gemiddelde waarde wordt weergegeven in Tabel 3.3, de amplitude van de sinus is 50% van het gemiddelde.

Tabel 3.3 Toegepaste biomassa mosselen in het Veerse Meer

	bovenlaag (0 - -4 m NAP)	middenlaag (-4 - -8 m NAP)	onderlaag (-8 - -23 m NAP)
<i>Mosselen (g C/m<sup>2</sup>)</i>			
westelijk deel Veerse Meer	13,5	13,5	0
middengedeelte Veerse Meer	6,7	2,7	0
oostelijk deel Veerse Meer	2,5	2,9	0

De biomassa zoöplankton heeft een symmetrisch verloop door het jaar met een maximum (circa 0,2 gC/m<sup>3</sup>) rond 1 juli. De biomassa van zoöplankton volgt de volgende formulering:

$$\text{Zoöplankton} = 0,002 + 0,2 \sqrt{1 - \tanh\left(\frac{\text{tijd} - 180}{40}\right)^2}$$

met de tijd in dagen vanaf 1 januari. In de onderlaag (< -8 m NAP) is de biomassa zoöplankton gelijk gesteld aan 5% van de biomassa in de boven- en middenlaag.

### 3.3 Scenariodefinitie

We hebben de periode 1995-2001 gemodelleerd voor de verschillende peilalternatieven alsof het doorlaatmiddel al aanwezig is. In werkelijkheid is de Katse Heule natuurlijk pas in 2004 in gebruik genomen, maar in het computermodel geldt deze ‘beperking’ niet.

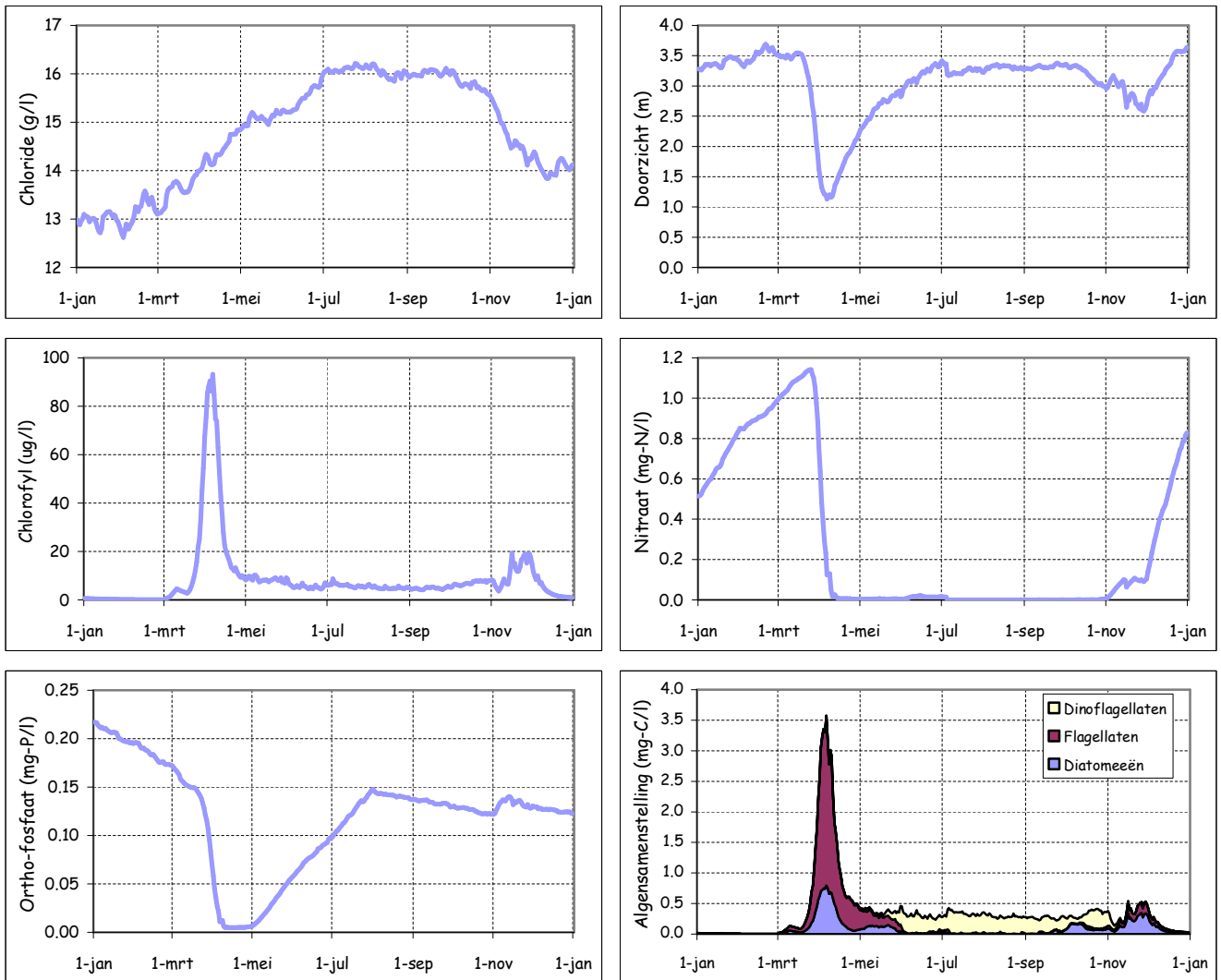
De beschouwde scenario’s verschillen alleen tussen de peilbeheeralternatieven en de daardoor resulterende debieten door het doorlaatmiddel. Qua nutriëntenbelasting vanuit de polders en qua meteorologische condities zijn de scenario’s identiek.

### 3.4 Resultaten

In Appendix D tonen wij het concentratieverloop van chloride, doorzicht, opgelost zuurstof, chlorofyl-a, nitraat, ortho-fosfaat, silicium op een drietal locaties in het Veerse Meer. Deze locaties komen overeen met meetlocaties in de DONAR database.

- In het oosten: Zandkreek
- Centraal: Soelekerkepolder Oost
- In het westen: Vrouwenpolder

Het concentratieverloop is weergegeven voor de periode 1996-2001. 1995 wordt niet getoond, omdat dit jaar gebruikt wordt om het model te laten inspelen.



Figuur 3.2 Typisch verloop van waterkwaliteitsparameters in de oppervlaktelaag van het Veerse Meer (hier getoond: 1996 gemiddeld in de oppervlaktelaag)

Voor alle peilalternatieven vertoont het verloop van de waterkwaliteitsparameters een karakteristiek patroon dat in het hele Veerse Meer gelijk is en dat jaarlijks terugkeert (Figuur 3.2):

- Chloride (zie ook het hydrodynamica hoofdstuk): de chlorideconcentratie is hoger in het winterhalfjaar dan in het zomerhalfjaar, omdat de zoetwaterafvoer vanuit de polders het grootst is in het winterhalfjaar. Chloride varieert tussen 12 en 17 g/l, wat goed overeenkomt met gemeten waarden na opening van het doorlaatmiddel (Figuur 2.6).
- Chlorofyl-a: vanuit een lage winterconcentratie treedt een voorjaarsbloeï op die in februari of maart begint en die in begin april een maximum bereikt. Door fosfaatlimitatie wordt de voorjaarsbloeï beëindigd. In de zomer, wanneer primaire productie stikstofgelimiteerd is, blijft chlorofyl op een lager niveau (5-15 ug/l)

gehandhaafd. In het najaar, als stikstof weer beschikbaar komt, kan een najaarsbloei optreden. De najaarpeik is lager dan de voorjaarpiek.

- Het doorzicht heeft een winterniveau van circa 3,5 m. Tijdens de voorjaarsbloei neemt het doorzicht af tot 1 à 1,5 m. Na de voorjaarsbloei herstelt het doorzicht zich geleidelijk tot het winterniveau. Het berekende doorzicht is overigens groter dan de metingen na opening van het doorlaatmiddel aangeven (1,5-2,5m). Vermoedelijk leidt het niet dynamisch modelleren van anorganisch zwevend stof (een constante concentratie van 4 mg/l wordt aangenomen) tot een te lage zwevend-stofconcentratie en daardoor een te hoog doorzicht. Op de berekende hoeveelheid chlorofyl zal dit relatief weinig effect hebben, omdat primaire productie voornamelijk nutriëntgelimiteerd en niet lichtgelimiteerd is.
- De nitraatconcentratie is hoog in de winter door de polderafwateringen en door het nitraat in het Oosterscheldewater. In het voorjaar wordt nitraat verbruikt voor primaire productie. Doordat het Veerse Meer gemiddeld relatief ondiep is, zal ook denitrificatie in het sediment een rol spelen bij de afname van de nitraatconcentratie. In de zomer is stikstof uitgeput en dus limiterend voor primaire productie. Ook vanaf de Oosterschelde is de aanvoer van nitraat minimaal, omdat het Oosterscheldewater ook zeer weinig anorganisch stikstof bevat.
- Ook de ortho-fosfaatconcentratie is relatief hoog in de winter. Uitputting van fosfaat ontstaat door de voorjaarsbloei. Nalevering vanuit de bodem zorgt echter voor een toename van de ortho-fosfaatconcentratie in de zomer, zodat fosfaat dan niet meer limiterend is.
- De algensamenstelling in de zomerperiode bestaat voornamelijk uit dinoflagellaten. Deze gedijen goed onder stikstoflimiterende omstandigheden. In het voorjaar komen zowel flagellaten als diatomeeën voor. Vanwege hun hogere groeisnelheid is de biomassa van flagellaten groter dan de biomassa diatomeeën.

De peilalternatieven laten in zeer grote mate hetzelfde beeld zien. De patronen zijn identiek, het (concentratie)niveau kan enigszins verschillen. In het winterhalfjaar wanneer de peilalternatieven verschillen in debiet door het doorlaatmiddel, is de nutriëntenconcentratie hoger naarmate het debiet door het doorlaatmiddel lager is. De door de poldergemalen uitgeslagen nutriënten worden minder snel uitgespoeld naar de Oosterschelde. In het zomerhalfjaar bij een peil van 0,1 m NAP verschillen de peilalternatieven niet van elkaar en dit leidt dan ook tot een nagenoeg gelijke waterkwaliteit voor alle peilalternatieven in de zomer.

Tabel 3.4 geeft een overzicht van de waterkwaliteit. Uit de tabel blijkt dat het peilbeheer met name ingrijpt in de Totaal-stikstofconcentratie. Ten opzichte van het huidige peilbeheer bereiken alle peilalternatieven een verlaging van de Totaal-stikstofconcentratie doordat de polderbelasting sneller naar de Oosterschelde wordt uitgespoeld. De Totaal-stikstofconcentratie is derhalve rechtstreeks gekoppeld aan het debiet door de Katse Heule. De lagere beschikbaarheid van stikstof resulteert vervolgens in een lagere chlorofylconcentratie.

De peilalternatieven hebben minder invloed op de fosfaatconcentratie, omdat in het zomerhalfjaar nalevering uit het sediment voor een aanzienlijk deel verantwoordelijk is voor de fosfaatbelasting. Deze nalevering is voor alle alternatieven ongeveer gelijk waardoor de peilalternatieven relatief weinig verschillen.

Uit de tijdseries in Appendix D blijkt dat de PO<sub>4</sub> concentratie in de zomer hoger is in de scenario's met een vast peil dan in de scenario's met een variabel peil. Dit modelresultaat is niet te verklaren door een realistisch, fysisch of chemisch proces, maar door modelartefacten. De nalevering van fosfaat uit het sediment is een complex (bio)chemisch proces, dat met onvoldoende detail in het GEM model is opgenomen. Sinds de opzet van dit model in 2002 heeft veel (model)onderzoek plaatsgevonden om dit complexe proces beter te kunnen beschrijven, maar dit is nog niet in het gebruikte model doorgevoerd. Als de parallel met nitraat getrokken wordt, is de verwachting dat fosfaat net als nitraat verlaagd zal worden door een hogere uitwisseling met de Oosterschelde. Echter, omdat nalevering vanuit het sediment wel een rol speelt, zou de verlaging minder kunnen zijn dan voor nitraat.

Ten opzichte van de peilalternatieven met een vast hoog peil resulteert het peilalternatief met een verlaagd winterpeil in een hogere stikstofconcentratie en een hogere chlorofylconcentratie. Het met enige regelmaat instellen van een noodpeil heeft geen significante invloed op de waterkwaliteit, aangezien de berekende concentratie in nagenoeg alle gevallen gelijk is (Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Gemiddelde, berekende waterkwaliteit in de oppervlaktelaag over de periode 1996-2001 en in de afzonderlijke jaren voor de verschillende peilalternatieven - in de geel gearceerde velden is de verandering ten opzichte van het huidige peilbeheer meer dan 5% – de fosfaatconcentraties zijn grijs gearceerd, vanwege onnauwkeurige modelresultaten (zie tekst voor uitleg)

		1996-2001	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Chloride (kg/m <sup>3</sup> )	0: huidig peil	14.8	15.3	15.7	15.2	14.7	14.2	13.7
	1: vast hoog peil	15.0	15.6	15.9	15.3	14.9	14.4	13.9
	2: vast hoog peil met noodpeil	15.0	15.5	15.9	15.3	14.9	14.4	13.9
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	14.9	15.5	15.8	15.2	14.8	14.3	13.8
Chlorofyl-a (mg/m <sup>3</sup> )	0: huidig peil	10.3	8.6	9.5	11.2	11.6	9.9	11.1
	1: vast hoog peil	9.5	8.1	8.6	10.6	10.6	8.8	10.3
	2: vast hoog peil met noodpeil	9.5	8.1	8.7	10.6	10.6	8.8	10.4
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	10.0	8.2	8.8	11.0	11.4	9.5	11.3
Particulair Organisch Koolstof (g-C/m <sup>3</sup> )	0: huidig peil	1.3	1.1	1.3	1.3	1.4	1.2	1.3
	1: vast hoog peil	1.2	1.0	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3
	2: vast hoog peil met noodpeil	1.2	1.0	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3
Nitraat (g-N/m <sup>3</sup> )	0: huidig peil	0.44	0.28	0.29	0.53	0.47	0.51	0.53
	1: vast hoog peil	0.34	0.24	0.23	0.42	0.37	0.41	0.40
	2: vast hoog peil met noodpeil	0.35	0.24	0.23	0.42	0.38	0.41	0.40
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	0.39	0.25	0.24	0.46	0.42	0.48	0.49
Totaal stikstof (g-N/m <sup>3</sup> )	0: huidig peil	0.75	0.52	0.57	0.82	0.78	0.93	0.90
	1: vast hoog peil	0.57	0.43	0.43	0.63	0.59	0.67	0.63
	2: vast hoog peil met noodpeil	0.57	0.44	0.43	0.64	0.59	0.67	0.63
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	0.66	0.46	0.46	0.70	0.68	0.83	0.81
Ortho-fosfaat (g-P/m <sup>3</sup> )	0: huidig peil	0.09	0.12	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07
	1: vast hoog peil	0.09	0.12	0.09	0.10	0.08	0.08	0.07
	2: vast hoog peil met noodpeil	0.09	0.12	0.09	0.10	0.08	0.08	0.07
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	0.09	0.12	0.08	0.10	0.07	0.08	0.07
Totaal fosfaat (g-P/m <sup>3</sup> )	0: huidig peil	0.11	0.14	0.11	0.12	0.11	0.11	0.09
	1: vast hoog peil	0.11	0.14	0.11	0.13	0.10	0.10	0.09
	2: vast hoog peil met noodpeil	0.11	0.14	0.11	0.13	0.11	0.10	0.09
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	0.11	0.14	0.11	0.12	0.10	0.10	0.09
Doorzicht (m)	0: huidig peil	2.7	3.1	3.0	2.7	2.6	2.6	2.5
	1: vast hoog peil	2.8	3.2	3.1	2.7	2.7	2.7	2.5
	2: vast hoog peil met noodpeil	2.8	3.2	3.1	2.7	2.7	2.7	2.5
	3: verlaagd winterpeil met noodpeil	2.8	3.1	3.0	2.7	2.6	2.7	2.5





## 4 Zeesla en zeegras

### 4.1 Inleiding

Om de kansen voor zeegras en de mogelijke bedreiging door zeesla in te schatten voor de verschillende peilalternatieven, is op 18 mei 2006 een workshop met deskundigen georganiseerd. Tijdens de workshop is op gerichte wijze het toekomstperspectief van zeesla en zeegras in het Veerse Meer bediscussieerd om antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Wat zijn de omgevingsfactoren die het voorkomen van zeesla en zeegras bepalen?
2. Wat zijn de kansen voor zeegras in het Veerse Meer bij de verschillende peilscenario's? En met welke aanvullende maatregelen kunnen we die kansen vergroten?

Aan deze workshop namen de volgende personen deel:

- Pauline Kamermans IMARES
- Pim van Avesath NIOO-CEME
- Johan Craeymeersch RIKZ Middelburg
- Dick de Jong RIKZ Middelburg
- Ies de Vries RIKZ Middelburg
- Bert Wetsteyn RIKZ Middelburg
- Pieter van der Linden RIKZ Middelburg
- Hans Los WL | Delft Hydraulics
- Paul Erftemeijer WL | Delft Hydraulics
- Rolf Hulsbergen WL | Delft Hydraulics / TU Delft
- Marjolijn Haasnoot WL | Delft Hydraulics

### 4.2 Ingebrachte informatie ten behoeve van het deskundigenoordeel

#### 4.2.1 Historische ontwikkeling van zeegras in de Delta

Onderstaande is een samenvatting van de presentatie die Dick de Jong heeft gegeven.

1983 was een topjaar voor het voorkomen van zeegras in het Grevelingenmeer. Het zeegrasareaal besloeg een oppervlak van duizenden hectaren: vrijwel alle delen tot 5 meter diepte, behalve ondiepe (<60 cm) en onbeschutte delen. Vanaf 2000 komt zeegras niet meer voor in het Grevelingenmeer. Voor afsluiting van het Veerse Meer kwam er Klein en Groot zeegras voor, maar dit was allemaal litoraal. Na afsluiting bleef alleen Groot zeegras over, vooral in het oosten met ordegrootte 30-50 ha (bedekking >5 %), en op een locatie in het westen. In 2003 was zeegras bijna verdwenen, met weliswaar nog een areaal van enkele tientallen hectaren maar met een bedekking <5 %. Zeegras dat permanent onder water staat zoals in het Veerse Meer, volgt een meerjarige overwinterstrategie. De planten overwinteren

vooral via rhizomen en wortelstokken. In het Veerse Meer komt zeegras tot circa 0,2 m onder het laagste peil – dus tot -0,9 m NAP – voor (Wijgergangs en De Jong, 1999).

Belangrijke (hier relevante) omgevingsfactoren voor het voorkomen van Groot zeegras zijn:

- helderheid water (licht); hoe helderder, hoe dieper zeegras voorkomt
- zoutgehalte; ondergrens en bovengrens (belangrijk voor kieming en groeivariant)
- nutriënten; aangroei, overschaduwing door algen, afdekken door macroalgen
- mechanische activiteiten; golven, boten, recreanten (→ Groot zeegras is niet aangetroffen in gebieden met recreatie)

Het zoutgehalte is belangrijk voor de kieming en opgroei van planten. Bij een hoger zoutgehalte (meer stress) gaan ze over naar een 1-jarige groeivorm, die meer zaad produceert om te overleven. Door deze jaarlijkse afhankelijkheid van zaadproductie wordt de populatie minder robuust. Bij een hoog zoutgehalte (>28 ppt) is een hoog ammoniumgehalte dodelijk. In het Veerse Meer zijn in het najaar hoge ammoniumgehaltenes.

In 2003 is het voorkomen van zeegras voor het laatst gemeten in het Veerse Meer: 53,9ha met bedekking 0-5%. Het was in dat jaar te troebel voor zeegrasgroei. Het afgelopen najaar is door NIOO-CEME gekeken naar aanspoeling van zeegras. Er was geen aangespoeld zeegras gevonden.

Aanplanten van zeegras op intergetijdgebied in de Waddenzee blijkt moeilijk. Door golfslag moeten rustige delen worden gekozen, maar juist op die locaties kunnen macroalgen problemen geven. Tevens zijn op de testlocatie (Balgzand) grotere zoutschommelingen dan tot nu toe bekend, die de kieming negatief kunnen beïnvloeden (te vroege kieming). In de VS zijn wel goede ervaringen met sublitorale aanplant van zeegras. Voor het Veerse Meer is dat dus meer relevant.

#### **4.2.2 Effecten peilalternatieven op standplaatsfactoren van zeegras en zeesla**

Onderstaande is een samenvatting van de presentatie van Hans Los die gebaseerd is op de GEM modelberekeningen die in Hoofdstuk 3 van dit rapport beschreven zijn.

De peilalternatieven resulteren alleen in de herfst/winter tot een andere waterkwaliteit (lager zoutgehalte, hogere nutriëntenconcentraties bij lagere uitwisseling met Oosterschelde). Er is een afnemende zoutgradiënt van Oost naar West. De saliniteit varieert gedurende winter als gevolg van het doorlaatmiddel.

In de lente/zomer is er geen noemenswaardig verschil tussen de peilalternatieven (de peilvariatie is van ondergeschikt belang voor de primaire productie). Er is weinig effect op ecologie. Dat komt doordat de peilalternatieven alleen in de winterperiode van elkaar verschillen. Wellicht dat de mosselpopulatie bij gelijk peil iets toeneemt. De lagere nutriëntenconcentratie in de zomer is waarschijnlijk niet het gevolg van opslag in zeesla. De hoeveelheid beschikbare nutriënten is namelijk heel groot.

## 4.3 Belangrijke standplaatsfactoren

Voor het bepalen van de belangrijke standplaatsfactoren is allereerst gebrainstormd welke factoren van belang zijn. Vervolgens zijn de vijf in het Veerse Meer belangrijkste factoren kwantitatief gemaakt.

### 4.3.1 Zeegras

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de vijf belangrijkste standplaatsfactoren voor zeegras, zoals bepaald tijdens de workshop.

Tabel 4.1 Vijf belangrijkste standplaatsfactoren voor zeegras

Zoutgehalte	10 - 16 g Cl/l (18 - 30 ppt saliniteit)  < 10g Cl/l in voorjaar stimuleert kieming maar is geen must; lagere zoutgehalten aan het eind van de winter (rond februari) kunnen leiden tot de vroege kieming van de zaden en verloren gaan van de kiemplanten.
Doorzicht	minimaal 15% van het licht moet de bodem bereiken om te kunnen groeien De diepte waarvoor dit geldt, is ongeveer gelijk aan 1 × de Secchidiepte.  Zaailingen kunnen 1 maand zonder licht.
Nutriënten	NH <sub>4</sub> < 25 μmol (0,35 mg-N/l; vooral bij zoutgehalte boven 15,5 g Cl/l) 10 μmol NH <sub>4</sub> is optimum (0,14 mg-N/l) Voor kieming is 0 – 10 μmol NH <sub>4</sub> gunstig  Overige invloed van nutriënten uit zich via het doorzicht (algen groei en of epifyten)  Silicium speelt geen directe rol
Zeesla	Kan verstikking van zeegras veroorzaken, bedekking gedurende een paar weken levert geen probleem op.  Zeesla concurreert met zeegras om de standplaats. Bij veel N/P meer kans op zeesla. Ter indicatie: de stikstofomstandigheden in het Veerse Meer van het natte voorjaar van 1996: 10 μmol (0,14 mg-N/l) en weinig zeesla, bij andere jaren is dit 40 μmol (0,56 mg-N/l) en kwam veel zeesla voor. In de Lagune van Venetië concentreert zeesla zich ook rond de nutriëntenbronnen.
Verstoring	Golven in ondiepe delen (<0,5m diep) zorgen via droogval en het loswoelen van planten dat zeegras daar minder/niet voorkomt.  In gebieden met recreatie wordt geen zeegras aangetroffen.

Buiten NL komen zeegrassoorten voor die groeien onder hogere zoutgehalten. Het aanplanten van deze soorten zou de kansen voor zeegras kunnen vergroten. Het lagere zoutgehalte (< 10 g Cl/l; 18 ppt) stimuleert de kieming (het is geen voorwaarde). Als het zoutgehalte vroeg in het jaar (januari/februari) lager is en ook de temperatuur gunstig is, zou

dit er wel eens toe kunnen leiden dat door voortijdige kieming het zaad al op is voor het echte groeiseizoen begint.

Naast bovengenoemde omgevingsfactoren is ook de aanwezigheid van zeegraszaad van belang voor het uiteindelijk voorkomen van zeegras. Zeegraszaad is maar 1 jaar 'houdbaar'. Er is geen sprake van zaadbanken.

### 4.3.2 Zeesla

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de vijf belangrijkste standplaatsfactoren voor zeesla, zoals bepaald tijdens de workshop.

Tabel 4.2 Vijf belangrijkste standplaatsfactoren voor zeesla

Temperatuur	Er is geen direct verlies aan zeesla bij een hogere temperatuur, soms zelfs hogere groei. Indirect treden in de praktijk bij hoge temperaturen (>25 °C) wel vaak omstandigheden op waardoor zeesla kan sterven.
Zoutgehalte	Optimum ligt bij 30 ppt Tussen 5 – 40 ppt is de groeisnelheid 50% tot 100% van het optimum
Doorzicht	0 – 1,5 a 2 m. De maximale diepte is kleiner dan voor zeegras. Fotoinhibitie speelt geen rol
Nutriënten	Optimum ligt bij 6 mg-N/l
Fytoplankton	Heeft invloed via doorzicht. Doorspoeling heeft (vooral achter oeververdediging) meer invloed op fytoplankton en dus meer kans op zeesla.

## 4.4 Kans op voorkomen zeegras en zeesla in het Veerse Meer

Tabel 4.3 geeft een beoordeling van de kansen van zeegras en zeesla bij een vast hoog peil (Peilalternatief 1) en bij een variabel peil (Peilalternatief 0) voor verschillende diepteklassen. Dit is gedaan door de belangrijkste standplaatsfactoren te kwalitatief te scoren. Temperatuur en saliniteit zijn hierin niet meegenomen, omdat deze niet beperkend zijn. Verstoring door recreatie of scheepvaart is niet meegenomen, omdat deze locatiegebonden zijn.

Tabel 4.3 Kwalitatieve beoordeling van de geschiktheid voor zeesla en zeegras per diepteklasse voor Peilalternatief 0 (variabel peil) en Peilalternatief 1 (vast peil)

	Peilalternatief	Zeesla					Zeegras				
		Licht	Golven	Overwinteren	Stikstof	Totaal	Licht	Golven	Overwinteren	Stikstof	Totaal
Diepteklasse ≥ -0,6 (m NAP)	1 (vast)	++	0	+	-	++/+	++	-	+?	0	-
	0 (variabel)	++	0	-	+	++	++	-	-	0	-
-0,6 - -1,2	1 (vast)	+	0	++	-	+/0	++	+	++	0	++
	0 (variabel)	+	0	++	+	+	++	-	+	0	+
-1,2 - -2,0	1 (vast)	0	0	++	-	0	+	++	++	0	++
	0 (variabel)	0	0	++	+	0	+	+	++	0	++/+
< -2,0	1 (vast)	-	0	++	-	-	-	++	++	0	-
	0 (variabel)	-	0	++	+	-	-	++	++	0	-

Licht: Lichtbeschikbaarheid op de bodem  
Golven: Invloed van golven op de bodem  
Overwinteren: Overwinteren van stukjes zeesla of zeegras  
Stikstof: Stikstofconcentratie

Het ondiepe gedeelte (<-0,6 m NAP) dat in Peilalternatief 0 's winters droogvalt en in Peilalternatief 1 wel geïnundeerd blijft, is zeer geschikt voor zeesla, omdat er voldoende licht is. Hoewel door droogval geen overwintering van begraven stukjes zeesla plaatsvindt, zal na peilopzet voldoende snel kolonisatie plaats kunnen vinden. Omdat zeesla enkele weken eerder opkomt dan zeegras, maakt zeegras weinig kans in het ondiepe gedeelte. Ook de golfslag maakt dit gedeelte minder geschikt voor zeegras. Peilalternatief 1 met een vast peil heeft mogelijk nog wel een negatieve invloed op het voorkomen van zeesla, doordat de stikstofwintervoorraad lager is dan bij Peilalternatief 0.

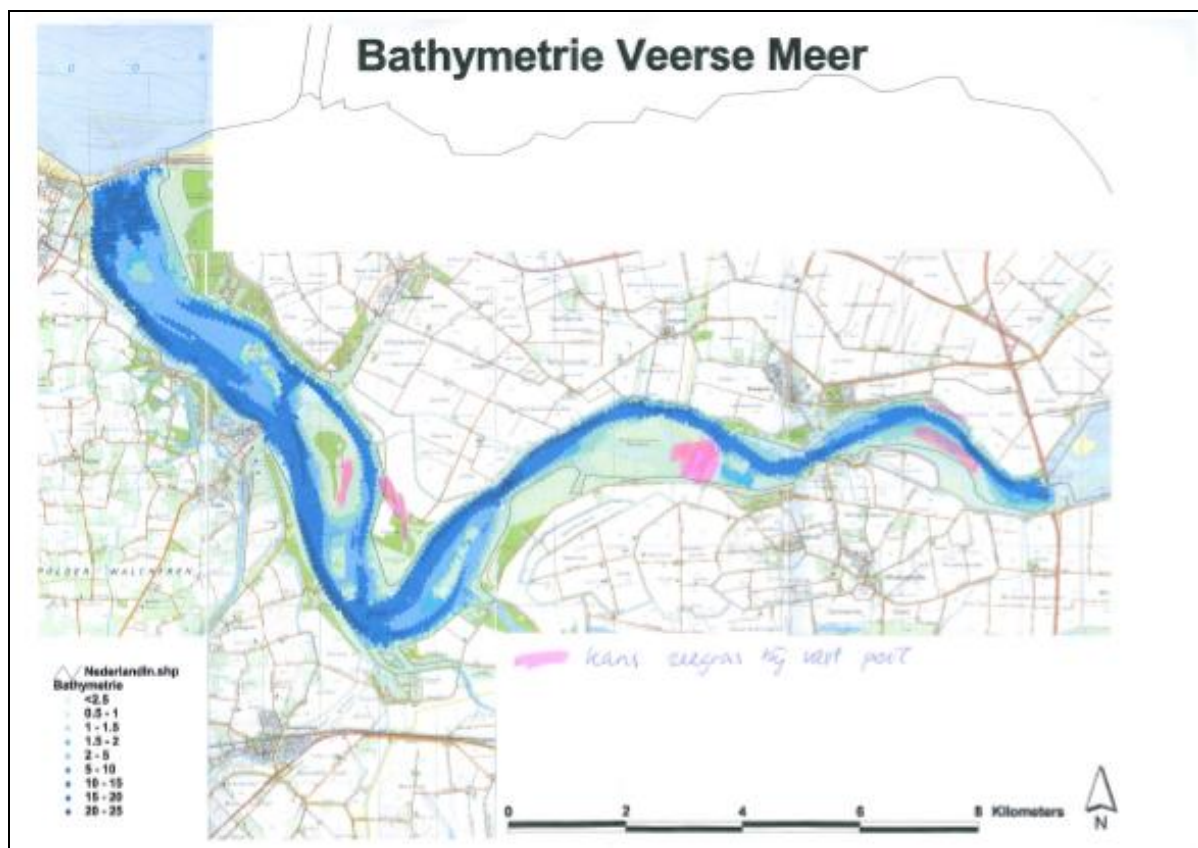
In de zone van -0,6 tot -1,2 m NAP is een vast peil gunstiger voor zeegras dan een variabel peil, doordat bij het lagere winterpeil het (via wortelstokken) overwinterende zeegras aangetast kan worden door golven. Bij een vast peil zijn de overwinteringskansen beter dan bij een variabel peil. Op deze diepte begint de lichtbeschikbaarheid van zeesla al kritischer te worden, terwijl voor zeegras (met een zelfde doorzicht) nog voldoende licht de bodem bereikt. In Peilalternatief 1 zal deze zone dan ook geschikter worden voor zeegras.

In de zone van -1,2 tot -2,0 m NAP zijn de kansen voor het voorkomen van zeesla voor beide Peilalternatieven vrijwel gelijk. Ook hier geldt dat minder stikstof in Peilalternatief 1 waarschijnlijk voor minder zeesla zal zorgen dan in Peilalternatief 0. Hoewel deze zone al wat minder licht heeft, zal de condities voor zeegras nog steeds geschikt zijn. Omdat meestal geen golfwerking de bodem bereikt, zal deze zone voor beide Peilalternatieven geschikt zijn voor zeegras.

Tot slot de zone <-2,0 m NAP. Vanwege lichtbeperking zal geen zeesla en zeegras meer voorkomen. Als het doorzicht in Peilalternatief 1 eventueel verbetert, doordat er meer grazers in ondiepe delen kunnen voorkomen, kan de grens waarop nog zeegras voorkomt wel naar een grotere diepte verschuiven.

Sleutelfactor voor het voorkomen van zeegras is het stikstofgehalte. Dit moet in de winter richting 1 mg N/l (0,07  $\mu\text{mol/l}$ ) gaan, terwijl de stikstofconcentratie in de winter in de Peilalternatieven tussen 1,5 en 2,0 mg-N/l schommelt (de concentratie is lager in het oosten bij de Zandkreekdam dan in het westen bij de Veersegatdam, Bijlage B). De stikstofconcentratie kan bijvoorbeeld verlaagd worden door afwatering van polders via de Westerschelde of Oosterschelde.

Figuur 4.1 geeft samenvattend weer waar volgens de deskundigen zeegras in het Veerse Meer zou kunnen voorkomen.



Figuur 4.1 Kans op voorkomen zeegras bij een constant peil in het Veerse Meer

## 5 Concluderende opmerkingen

### Inleiding

Met het Veerse Meer model zijn zowel de hydrodynamica als de waterkwaliteit voor zes actuele jaren doorgerekend. Deze zes jaar omvatten een verscheidenheid aan omstandigheden die ervoor zorgen dat de waterkwaliteit in het Veerse Meer van jaar tot jaar varieert. De belangrijkste variabele is de hoeveelheid neerslag en daarvan afgeleid de hoeveelheid zoet water dat door de polders uitgemalen wordt naar het Veerse Meer. De nutriëntenbelasting is evenredig met de zoetwaterbelasting (Figuur 2.3).

Op basis van de modelresultaten en beschikbare kennis en informatie is vervolgens in een workshop door deskundigen vastgesteld hoe de Peilalternatieven de kansen voor zeegras en de bedreiging door zeesla beïnvloeden.

### Effect van meteorologische condities: droog en nat jaar

In eerste instantie zijn op basis van de jaarlijkse neerslag en het jaarlijkse polderdebiet een nat (1998) en een droog (1996) jaar gedefinieerd om het effect van peilalternatieven over de verscheidenheid van meteorologische omstandigheden te beschouwen. Uit de resultaten valt op dat het droge en het natte jaar nauwelijks te onderscheiden zijn van elkaar en evenmin van de overige gemiddelde jaren. Voor chloride zou je bijvoorbeeld verwachten dat 1998 een lagere concentratie laat zien dan alle andere jaren. Echter de gemiddelde chlorideconcentratie is in 1998 slechts een fractie lager dan in 1996, maar hoger dan in de jaren 1999-2001 (Tabel 3.4). De jaarlijkse neerslag en het jaarlijkse polderdebiet zijn dus niet bepalend voor de chlorideconcentratie. Hoe de neerslag over het jaar verdeeld is, is waarschijnlijk van groter belang dan de totale jaarlijkse neerslag. 1998 wordt bijvoorbeeld pas 'nat' in het najaar. Een nadere verklaring is in het kader van deze studie niet gezocht.

Hoewel de droge, natte en gemiddelde jaren niet direct te onderscheiden zijn in de resultaten, is in de modellering wel degelijk de actuele variatie in debieten, zoninstraling, wind, etc. over een periode van zes jaar meegenomen. Het model bepaalt derhalve het effect van peilalternatieven voor een verscheidenheid aan omstandigheden en de modelresultaten zijn daarom bruikbaar voor analyse.

### Effect van peilalternatieven

Uit alle resultaten blijkt dat het effect van peilalternatieven op de hydrodynamica en waterkwaliteit beperkt is. In het zomerhalfjaar resulteren de peilalternatieven in een nagenoeg gelijke waterkwaliteit, omdat dan het debiet door de Katse Heule voor alle alternatieven gelijk is. In het winterhalfjaar verschillen de alternatieven in peil en daardoor in debiet door de Katse Heule. Bij een hoger winterpeil kan het doorlaatmiddel efficiënter werken, wat leidt tot een hogere chlorideconcentratie en een lagere nutriëntenconcentratie. Dit laatste is vooral voor stikstof duidelijk. De gemiddelde nitraatconcentratie is 15% tot

20% lager in alternatieven 1 en 2 met een vast hoog peil dan in alternatief 0 met het huidige peilbeheer. Deze lagere nutriëntenconcentratie leidt tot een 5% tot 10% lagere gemiddelde chlorofylconcentratie. De effecten komen in alle beschouwde jaren voor en zijn daarom expliciet toe te wijzen aan de peilalternatieven en niet impliciet het gevolg van (meteorologische) omstandigheden.

### **Effect van noodpeil**

Een vergelijking tussen peilalternatief 1 en 2 geeft de invloed van het instellen van een noodpeil weer. Zowel de berekende hydrodynamica als de berekende waterkwaliteit is voor beide alternatieven vrijwel gelijk, op basis waarvan wij concluderen dat het instellen van een noodpeil geen significant effect heeft op de hydrodynamica en waterkwaliteit.

### **Overgangperiode tussen winter- en zomerpeil**

In peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) en 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) wordt eind maart het winterpeil verhoogd tot het zomerpeil. Deze peilalternatieven hebben 's winters een andere waterkwaliteit dan de peilalternatieven met een permanent hoog peil. Er is een overgangperiode na het verhogen van het winterpeil, waarin de verschillen tussen de peilalternatieven steeds kleiner worden. Uit de modelresultaten blijkt dat het vier tot zes weken duurt voordat de chlorideconcentratie zich aangepast heeft aan het hogere zomerpeil en de peilalternatieven een vergelijkbare chlorideconcentratie hebben.

Voor chlorofyl is een dergelijke overgangperiode niet aanwezig, omdat de voorjaarsbloei al voor de peilopzet begint en ten tijde van de peilopzet of kort daarna een fosfaatlimitatie heeft bereikt. Chlorofyl heeft daarmee een dynamisch evenwicht bereikt dat niet door het peil of het debiet door de Katse Heule wordt beïnvloed.

### **Effect van graas**

In de modelberekeningen is voor alle peilalternatieven de zelfde graasdruk aangenomen. Het is onzeker of deze aanname terecht is. De graasdruk door zoöplankton zal waarschijnlijk niet beïnvloed worden door peilalternatieven, omdat de biomassa zoöplankton in het winterhalfjaar relatief laag is en omdat zoöplankton niet aan in de winter droogvallende delen gebonden is.

Mosselen en andere plaatsgebonden grazers zullen wel beïnvloed worden door de peilalternatieven, omdat zij zullen afsterven op de delen die droogvallen bij een lager winterpeil. Kort na peilopzet zal er in deze delen relatief weinig graas plaatsvinden, maar in de loop van het jaar vindt rekolonisatie plaats. Het is niet bekend of de graasdruk in een gerekoloniseerd gebied afwijkt van de graasdruk in een permanent ondergelopen gebied. Aangezien de graasdruk van mosselen een minimum bereikt ten tijde van de peilopzet, verwachten wij niet dat de peilalternatieven dermate veel in graasdruk verschillen dat dit een significante invloed heeft op de conclusies.

De graasdruk is gebaseerd op gegevens uit eind jaren tachtig die mogelijk verouderd zijn. Het is goed mogelijk dat de graasdruk nu verschilt van de graasdruk eind jaren tachtig. Omdat alle peilalternatieven dezelfde graasdruk gebruiken en omdat wij verwachten dat de



peilalternatieven zelf geen invloed hebben op de graasdruk, zal een relatieve vergelijking tussen de modelscenario's tot de zelfde conclusie met betrekking tot het effect van peilalternatieven leiden ongeacht de opgegeven graasdruk.

## **Onzekerheid**

De conclusies kunnen met een grote mate van zekerheid getrokken worden, omdat:

1. in de modelsimulaties een brede verscheidenheid aan omstandigheden is meegenomen.
2. de modelsimulaties onder alle beschouwde omstandigheden een vergelijkbaar en consistent effect laten zien.

Enige onzekerheid komt voort uit invloed van peilalternatieven op de graasdruk, hoewel wij verwachten dat deze invloed niet significant zal zijn. Deze verwachting moet geverifieerd worden met andere onderzoeken ten behoeve van de MER peilbeheer Veerse Meer.

Er is derhalve geen indicatie dat er omstandigheden zijn waaronder de peilalternatieven in andere effecten zullen resulteren dan zoals beschreven in dit rapport.

## **MER beoordeling ten behoeve van waterkwaliteit**

Als maat voor de gewenste situatie hanteren wij nutriëntenconcentratie, chlorofylconcentratie en doorzicht, waarbij een zo laag mogelijke nutriëntenconcentratie, een zo laag mogelijke chlorofylconcentratie en een zo hoog mogelijk doorzicht als meest gewenst wordt gezien.

Hoewel de modelberekeningen hebben aangetoond dat de peilalternatieven een beperkt effect hebben op de waterkwaliteit, zijn zij wel van elkaar te onderscheiden op grond van bovenstaand criterium. Ondanks de relatief beperkte verschillen tussen de alternatieven, kan Peilalternatief 1 (vast hoog peil) gekenmerkt worden als het meest gunstige alternatief voor de waterkwaliteit. Peilalternatief 2 (vast hoog peil met noodpeil) wijkt hier niet noemenswaardig vanaf, omdat het instellen van noodpeil geen significant effect heeft op de waterkwaliteit.

Peilalternatief 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) is ietwat minder gunstig en Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) is nog wat minder gunstig.

Het moet benadrukt worden dat vanuit het oogpunt van waterkwaliteit geen van de peilalternatieven als ongunstig kan worden bestempeld.

## **Kansen op zeegras en mogelijke bedreiging van zeesla**

Deskundigen oordelen dat een vast peil de kansen voor zeegras vergroot omdat een groter ondiep areaal beschikbaar komt met voldoende licht en zonder versturende golfwerking en omdat de stikstofconcentratie lager is dan bij een variabel peil. In het ondiepe gedeelte dat afhankelijk van de Peilalternatieven wel of niet droogvalt, is de bedreiging van zeesla zodanig dat zeegras in alle gevallen verdrongen zou kunnen worden, omdat zeesla eerder begint te groeien en er voldoende nutriënten aanwezig zijn.

De nutriëntenconcentratie en dan met name de stikstofconcentratie in de winter is in alle Peilalternatieven nog steeds hoger dan het optimum voor zeegras, maar lager dan het optimum voor zeesla. De verwachting is dan ook dat zeesla en zeegras naast elkaar kunnen voorkomen. Zeesla zal meer in het zeer ondiepe gedeelte (<0,6 m) voorkomen en zeegras in het wat minder ondiepe gedeelte (0,6 - 2,0 m diep).

## 6 Conclusies

1. De peilalternatieven leiden niet tot een ander systeemgedrag: het karakteristieke seizoensverloop van chloride, nutriënten, chlorofyl en doorzicht is voor alle peilalternatieven gelijk.
2. In het zomerhalfjaar als alle peilalternatieven hetzelfde streefpeil van -0,1 m NAP hanteren, hebben de peilalternatieven een vergelijkbare waterkwaliteit.
3. In het winterhalfjaar leidt een hoger streefpeil met daardoor een grotere uitwisseling met de Oosterschelde tot een hogere chlorideconcentratie en een lagere nutriëntenconcentratie. Dit resulteert in een (jaar)gemiddeld lagere chlorofylconcentratie.
  - a) Ten opzichte van Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) is de gemiddelde totaalstikstofconcentratie in Peilalternatief 1 (vast hoog peil) en Peilalternatief 2 (vast hoog peil met noodpeil) 15% tot 20% lager, doordat de Katse Heule in het winterhalfjaar efficiënter kan worden gebruikt bij een hoger streefpeil. De verlaging van de gemiddelde totaalstikstofconcentratie in Peilalternatief 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) is met circa 10% minder dan in Peilalternatief 1 en 2.
  - b) De berekende totaal-fosfaatconcentratie is onnauwkeurig vanwege modelartefacten. Op basis van expert judgement is de verwachting dat de totaal-fosfaatconcentratie lager wordt bij een hogere uitwisseling met de Oosterschelde. Door nalevering vanuit het sediment kan de verlaging minder zijn dan voor stikstof.
  - c) Ten opzichte van Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) is de gemiddelde chlorofylconcentratie in Peilalternatief 1 (vast hoog peil) en Peilalternatief 2 (vast hoog peil met noodpeil) 5% tot 10% lager. De gemiddelde chlorofylconcentratie in Peilalternatief 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) is minder dan 5% lager dan in Peilalternatief 0.
4. Het instellen van een tijdelijk noodpeil heeft geen significant effect op de waterkwaliteit.
5. Geen van de peilalternatieven leidt tot een ongewenste situatie met betrekking tot de hydrodynamica en waterkwaliteit van het Veerse Meer.
6. Indien een zo laag mogelijke nutriëntenconcentratie en een laag mogelijke chlorofylconcentratie als streefbeeld voor de waterkwaliteit worden gehanteerd, zijn Peilalternatief 1 (vast hoog peil) en Peilalternatief 2 (vast hoog peil met noodpeil) het meest gunstig. Peilalternatief 3 (verlaagd winterpeil met noodpeil) is minder gunstig en Peilalternatief 0 (huidig peilbeheer) nog wat minder gunstig voor de waterkwaliteit.
7. Omdat meerdere jaren met een verscheidenheid aan (meteorologische) condities zijn beschouwd en de modelresultaten voor deze verscheidenheid een consistent beeld laten zien, kunnen bovenstaande conclusies met een grote mate van zekerheid getrokken worden. Een mogelijke verandering in de graasdruk is als onzekerheid geïdentificeerd, maar de verwachting is dat de graasdruk geen significante invloed heeft op de verschillen tussen de Peilalternatieven. Er is geen indicatie dat er omstandigheden zijn waaronder de peilalternatieven in andere effecten zullen resulteren dan zoals beschreven in dit rapport.

8. Deskundigen geven aan dat een vast peil de kansen voor zeegras verhoogt ten opzichte van een variabel peil.

9. De stikstofconcentratie blijft in alle Peilalternatieven hoog genoeg, zodat in alle gevallen zeesla verwacht mag worden. Een lager stikstofgehalte zoals in Peilalternatieven 1 en 2 is vergroot desalniettemin de kansen voor zeegras.

## Literatuur

Kamermans, P., M.A. Hemminga, D.J. de Jong (1998):

De betekenis van het zout- en silicaatgehalte in Nederlandse kustwateren voor het zeegrasareaal. BEON Eindrapport 98-5, 36 pp.

Kamermans, P., J.M. Verschuure & J.W. Rijstenbil (1996):

De kwaliteit van het Veerse Meer en de zeesla-bloei. NIOO-CEMO Rapporten en verslagen 1996-02, 28 pp.

Kamermans, P., J.M. Verschuure & H. Hummel (1999):

Verspreiding en biomassa van de macro-algen in het Veerse Meer in 1999. NIOO-CEMO Rapporten en verslagen 1999, 29 pp

Jong de D.J. & Jonge de V.N. (1989):

Zeegras. *Zostera marina* L., *Zostera noltii* Horn.. Een ecologisch profiel en het voorkomen in Nederland; lit ond. In: Ecologisch profiel hogere planten

Revis, N., en C. Bakker (1988):

Zoöplankton van het Veerse Meer in 1987, DIHO rapporten en verslagen 1988.

RIKZ (2004):

Veerse Meer aan de Oosterschelde, Toestand ecosysteem Veerse Meer vóór ingebruikname doorlaatmiddel, RIKZ/2004.007, 1 juni 2004

Rijkswaterstaat Directie Zeeland (2005):

Presentatie Meetresultaten Debietmeting Katse Heule, 3012m0501, Notitie: ZLMD-05.N.006, Afdeling Uitvoering, 2 september 2005

WL | Delft Hydraulics (1990):

Ontwikkeling en toepassing VEERWAQ t.b.v. beleidsanalyse Veerse Meer, I. de Vries, M. de Vries en H. Goossens, Rapport T430, maart 1990.

WL | Delft Hydraulics (2002):

Onderzoek naar de toekomstige waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer: Studie naar het effect van het doorlaatmiddel en aanvullende maatregelen –

Deel 1: Opzet en kalibratie hydrodynamisch model en waterkwaliteitsmodel

Deel 2: Opzet en verificatie van Habitat Evaluatie Procedure

Deel 3: toekomstige ontwikkeling en mogelijkheden',

WL rapporten Z3304, november 2002

WL | Delft Hydraulics (2004):

Het Veerse Meer tijdens en na opening van het doorlaatmiddel in 2004: Validatie van het Veerse Meer model & vooruitblik naar het Volkerak-Zoommeer, A.J. Nolte, D.K. Vatvani en D. Verploegh, WL rapport Z3885, december 2004.

Wijgergangs L.J.M. en D.J. de Jong (1999):

Een ecologisch profiel van zeegras en de verspreiding in Nederland. KU-Nijmegen in opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg



## **A Beschrijving van de gebruikte modellen**

De beschrijving van de gebruikte modellen is een reproductie uit:

WL | Delft Hydraulics (2002): *Onderzoek naar de toekomstige waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer: Studie naar het effect van het doorlaatmiddel en aanvullende maatregelen – Deel 1: Opzet en kalibratie hydrodynamisch model en waterkwaliteitsmodel*, Herman Kernkamp, Gerben Boot en Arno Nolte, Rapport Z3304, november 2002

Hoofdstuk 2: Opzet hydrodynamisch model

Hoofdstuk 4: Opzet GEM Veerse Meer model





## 2 Opzet hydrodynamisch model

### 2.1 Inleiding

De waterbeweging in het Veerse Meer wordt gekenmerkt door de bijzondere configuratie van een geul met diepe putten naast grote ondiepe oppervlakten en door de combinatie van het inlaten van zoet polderwater en zout Oosterscheldewater. Als geen menging tussen zoet en zout water zou plaatsvinden, zou het zwaardere Oosterscheldewater, dat via de Zandkreeksluis wordt ingelaten, de diepe delen van het meer vullen, terwijl het lichtere polderwater bovenop zou drijven. Uiteraard treedt in werkelijkheid wel menging op. Toch is de menging relatief beperkt, zeker bij het opzetten van het zomerpeil, wanneer een grote hoeveelheid zout water ingelaten wordt. Het zoute water vult via de geul de putten. Het grote verschil in saliniteit zorgt voor een sterke stratificatie waardoor de putten afgesloten worden van contact met de oppervlaktelaag en indirect met de atmosfeer. Zuurstofloosheid in de putten is het gevolg. Menging of opmenging treden op als gevolg van windgedreven stroming in de oppervlaktelaag (de wind is daar de drijvende kracht achter de waterstroming). Met name stormen (voornamelijk in het najaar) mengen de hele waterkolom op.

Karakteristiek aan het meer is de peilverlaging tot circa -0,70 m NAP in het najaar om het uitslaan van polderwater in de winter mogelijk te maken. In het voorjaar wordt het peil in ongeveer 10 dagen teruggebracht op een niveau van circa -0,10 m NAP voornamelijk ten behoeve van recreatiedoeleinden. Daarmee wordt een volume binnengelaten van circa 13,5 % van het volume van het Veerse Meer. Het inlaten van het zoute Oosterscheldewater in het voorjaar geeft aanleiding tot een grote verandering van het zoutgehalte in de diepere delen van het meer. Door het binnentreden van de zouttong stijgt het zoutgehalte in enkele dagen met soms meer dan 10 %. In de bovenste lagen stijgt het zoutgehalte eveneens, maar gelijkmatiger, over een periode van circa 7 maanden.

Uit het bovenstaande zijn de drie belangrijkste sturende factoren samen te vatten als:

1. de instroom van zout water uit de Oosterschelde,
2. de instroom van zoet (of brak) water uit de polders en het Kanaal door Walcheren,
3. de windsnelheid.

### 2.2 Eerdere modelberekeningen

In een eerdere studie naar de waterkwaliteit van het Veerse Meer (WL | Delft Hydraulics, 2000a) was de effectiviteit van de mogelijk te nemen maatregelen onderzocht met behulp van een driedimensionaal numeriek model. Als onderdeel van dit onderzoek was de hydrodynamica van het Veerse Meer gekalibreerd voor het jaar 1995. De resultaten van deze simulaties – uitgevoerd met een onderzoeksversie van Delft3D-FLOW; het zogenaamde z-model of vaste-lagen-model – werden vergeleken met beschikbare metingen van saliniteit en temperatuur. Hoewel de resultaten van het hydrodynamisch model

kwalitatief redelijk goed met de metingen overeenkwamen, traden op sommige plaatsen in het meer significante afwijkingen op tussen gemeten en berekende saliniteit- en temperatuurprofielen. De verticale positie van de dichtheidssprong, welke voornamelijk bepaald wordt door de turbulente opmenging ten gevolge van de windschuifspanning, werd door het numerieke model nog niet juist voorspeld.

Er is eveneens een kalibratie van het hydrodynamisch model uitgevoerd voor het jaar 1999 (WL | Delft Hydraulics, 2000b). De achtergronddiffusiviteit was gezet op  $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . Het model gaf nu in het westelijk gedeelte bevredigende resultaten, maar liet een aantal malen een onderschatting zien van de saliniteit in de putten in het centrale en oostelijke deel van het meer. De totale zoutbalans vroeg nog om verbetering. Er werd aanbevolen de modelresolutie zowel in de horizontaal als in de verticaal te verhogen om de zoutgradiënten beter voort te kunnen planten.

## 2.3 Water- en zoutbalans

Het Veerse Meer is een gesloten watersysteem. Dat wil zeggen dat het waterpeil volledig bepaald wordt door de (on)balans van de in- en uitgaande debieten. Er is geen getijwerking. Daarnaast is het Veerse Meer extra bijzonder, omdat naast het waterpeil ook het zoutgehalte bepaald wordt de verhouding van in- en uitgelaten zoet en zout water.

De locaties waar water in het Veerse Meer wordt geloosd, zijn de bemalingskanalen van de polders, de Veerse sluis en de Zandkreeksluis. Bij de Zandkreeksluis vindt het spuien (spui uit) en de peilopzet (spui in) plaats door de spuiopeningen in de sluis. Daarnaast zijn er de schutstroom in en de schutstroom uit, zijnde het water dat als gevolg van het peilverschil tussen het Veerse Meer en de Oosterschelde vereffend wordt. Als de sluisdeuren open staan, vindt er bovendien een uitwisselingsstroom plaats, waarbij een zoute tong over de bodem naar het meer toe stroomt terwijl er aan het oppervlak evenveel zoeter water naar zee stroomt. Dit levert geen netto watertransport maar wel een netto zouttransport en een netto verversing.

Zowel de in- en uitgaande debieten als het zoutgehalte van het binnenkomende water moeten als randvoorwaarden aan het hydrodynamisch model worden opgelegd. Hieruit volgt meteen dat de kwaliteit en nauwkeurigheid van deze invoergegevens allesbepalend is voor de kwaliteit en nauwkeurigheid van het hydrodynamisch model. De volgende gegevens waren beschikbaar:

1. maanddebieten in- en uitgaande debieten ( $\text{m}^3/\text{maand}$ )
2. zoutgehalte polderdebieten en Kanaal door Walcheren, meetfrequentie maandelijks – geen volledige reeks van 1990 tot heden
3. continue meetreeks zoutgehalte Oosterschelde, meetpaal OS4
4. continue meetreeks zoutgehalte Veerse Meer, meetpaal VM4 (De Piet)
5. maandelijkse opname van verticale profielen van onder andere zoutgehalte op 17 locaties in het Veerse Meer
6. continue meetreeks waterstand Veerse Meer, meetpaal VM3
7. Gedetailleerde bathymetrie en inhoud (volume) Veerse Meer als functie van de waterstand

Omdat aan de ene kant de waterstand en daarmee de hoeveelheid water in het meer op ieder tijdstip bekend is en aan de andere kant alle in- en uitgaande debieten bekend zijn, is het mogelijk de waterstand in het Veerse Meer te berekenen (Formule 2.1). De vergelijking met de gemeten waterstand geeft aan of de waterbalans correct is. Daarnaast is uit de verticale saliniteitsprofielen en de gedetailleerde informatie over de bathymetrie, vrij nauwkeurig de totale hoeveelheid zout in het meer te berekenen (Formule 2.2). Aangezien van alle in- en uitgaande debiet het zoutgehalte ook bekend is, kan ook de zoutbalans gecontroleerd worden op correctheid.

$$Volume^{t+\Delta t} = Volume^t + \sum(Q_{in} \times \Delta t) - \sum(Q_{uit} \times \Delta t) \quad (2.1)$$

$$waterstand = f(Volume)$$

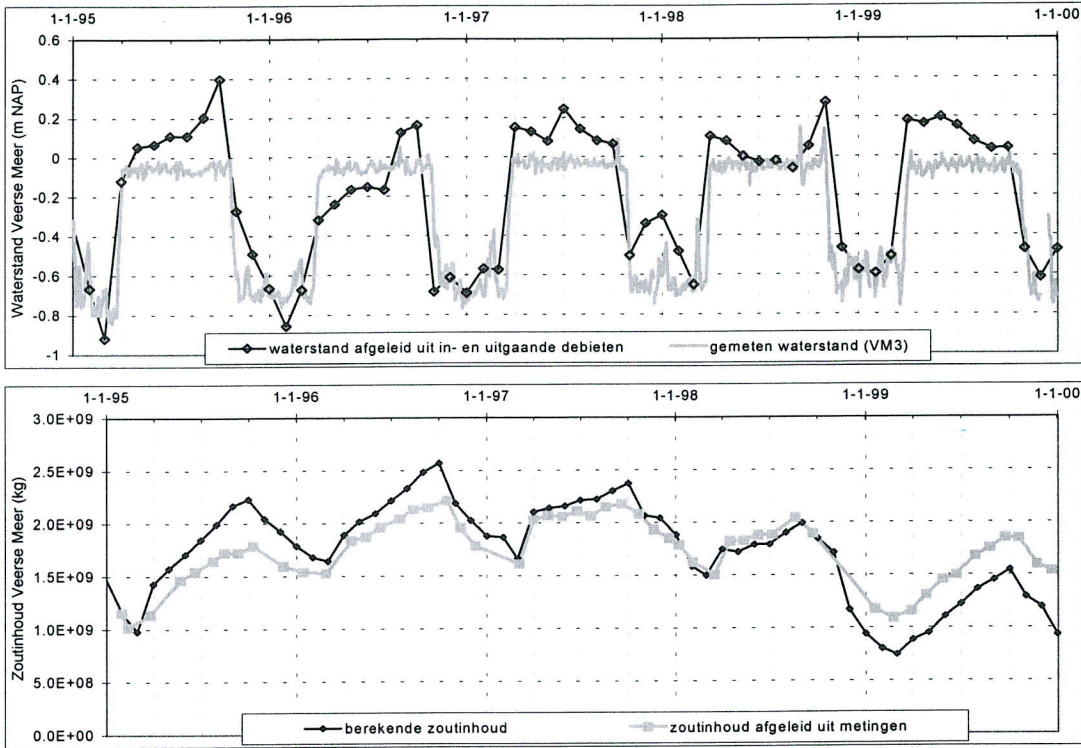
waarin:	$Volume$	=	Totaal volume van het Veerse Meer ( $m^3$ )
	$Q_{in}$	=	Ingaand debiet ( $m^3/s$ )
	$Q_{uit}$	=	Uitgaand debiet ( $m^3/s$ )
	$\Delta t$	=	Tijdstap (s)

$$Zout^{t+\Delta t} = Zout^t + \sum(Q_{in} \times Saliniteit_{in} \times \Delta t) - \sum(Q_{uit} \times Saliniteit_{uit} \times \Delta t) \quad (2.2)$$

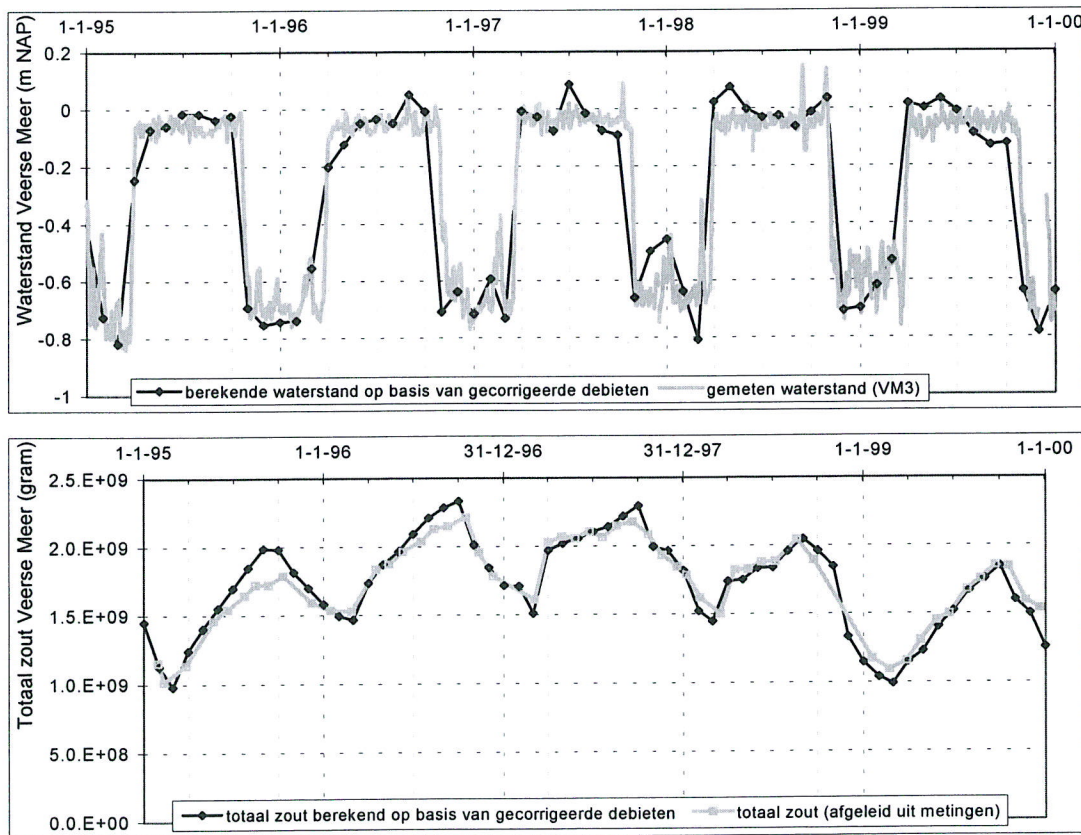
waarin:	$Zout$	=	Totale hoeveelheid zout in het Veerse Meer (kg)
	$Q_{in}$	=	Ingaand debiet ( $m^3/s$ )
	$Saliniteit_{in}$	=	Saliniteit van het ingaand debiet ( $kg/m^3$ )
	$Q_{uit}$	=	Uitgaand debiet ( $m^3/s$ )
	$Saliniteit_{uit}$	=	Saliniteit van het uitgaand debiet ( $kg/m^3$ )
	$\Delta t$	=	Tijdstap (s)

Bovenstaande gegevens en formules zijn verwerkt in een spreadsheetmodel met als doel de gegevens op consistentie te controleren voor zowel waterstand en zoutgehalte. Deze laatste controle – het zoutgehalte – is nog niet eerder toegepast. De grote meerwaarde is dat de gemeten waterbalans, waarvan in voorgaande studies steeds voor de onnauwkeurigheid werd gewaarschuwd, nu met een tweede vergelijking getoetst kan worden.

De geleverde debieten en zoutgehaltes resulteerden in de vergelijking van gemeten en berekend waterpeil en zoutinhoud zoals weergegeven in Figuur 2.1. Hoewel voor zowel de waterstand als de totaal zoutinhoud de berekende waarde de gemeten waarde redelijk volgt, zijn er aanzienlijke afwijkingen te constateren. Zo bereikt de waterstand in het Veerse Meer nooit een stand van +0,40 m NAP. De gegevens voor de water- en zoutbalans bleken dus niet (geheel) sluitend te zijn. Voor de modellering zijn de gegevens aangepast, zodanig dat het gemeten verloop van de waterstand en de zoutinhoud goed gereproduceerd werd (Figuur 2.2). De correcties hadden met name betrekking op de ingaande zoetwaterdebieten (polders + neerslag), die negen keer zijn gecorrigeerd, en de uitgaande debieten (Zandkreeksluis), die negen keer zijn gecorrigeerd (Appendix A). Eenmalig is het inkomende debiet bij de Zandkreeksluis gecorrigeerd (maart '95, - 40%). Er is geen terugkerend patroon in de correctiefactoren te herkennen.



Figuur 2.1 Vergelijking gemeten en berekende waterstand (in m NAP) en totale zoutinhoud (in kg) van het Veerse Meer. De berekening is gebaseerd op in- en uitgaande debieten en bijbehorende saliniteit en is in een spreadsheet uitgevoerd .



Figuur 2.2 Vergelijking gemeten en berekende waterstand (in m NAP) en gemiddeld zoutgehalte (in kg/m<sup>3</sup>) van het Veerse Meer met gecorrigeerde in- en uitgaande debieten.

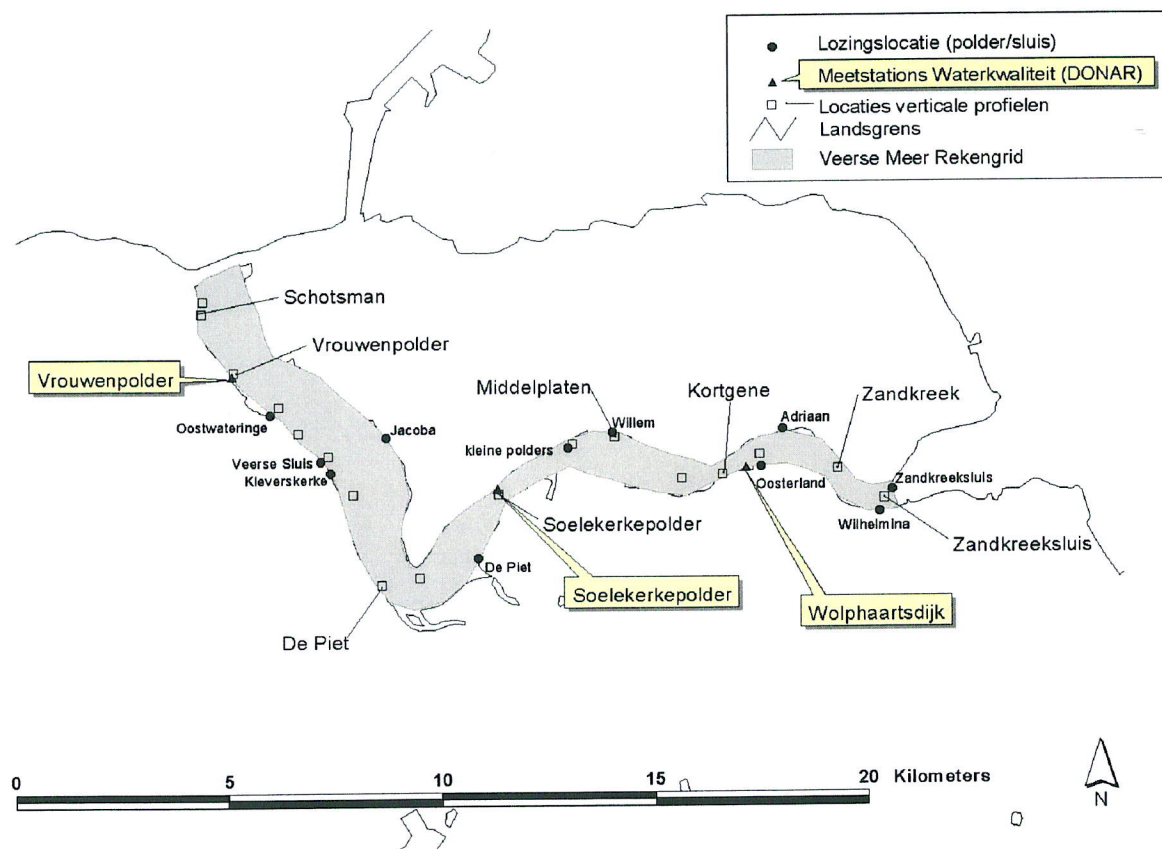
De grootste hoeveelheid zout komt het meer binnen via de uitwisselingsstroom bij de Zandkreeksluis (50 %). Daarna volgen de Veerse sluis (22%), de peilopzet/spui in (13%), de schutstroom in (9%) en tenslotte de polders (6%), die het minst van belang zijn voor de zoutbalans, maar het meest van belang voor de nutriëntenbalans. Het polderwater kan een saliniteit van boven de 6 ppt halen, maar de gemiddelde saliniteit is met 2,7 ppt veel lager, omdat de saliniteit in de natte periode veel lager is. In tabel hieronder zijn de in- en uitgaande gemiddelde hoeveelheden water volgens de gecorrigeerde waterbalans in m<sup>3</sup> per jaar samengevat, met bijbehorende gemiddelde zoutgehalten en gemiddelde temperaturen.

Tabel 2.1 Jaargemiddelde hoeveelheden water volgens de gecorrigeerde waterbalans in miljoen m<sup>3</sup> per jaar, met bijbehorende gemiddelde zoutgehalte en gemiddelde temperatuur.

	Debiet (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)	Saliniteit (ppt)	Temperatuur (°C)
Ingaande debieten			
Polders	61,7	2,7	8,3
Veerse Sluis	28,0	21,4	13,0
Schutdebiet Zandkreeksluis	8,1	31,7	13,4
Peilopzet	10,6	31,7	3,8
Uitwisseling in	43,1	31,7	14,1
Neerslag	16,9	0	12,5
Uitgaande debieten			
Schutdebiet Zandkreeksluis	6,0	<i>toestandsvariabele model</i>	
Spuidebiet Zandkreeksluis	106,7	<i>toestandsvariabele model</i>	
Uitwisseling uit	44,4	<i>toestandsvariabele model</i>	
Verdamping	12,4	<i>toestandsvariabele model</i>	

## 2.4 Lozingen

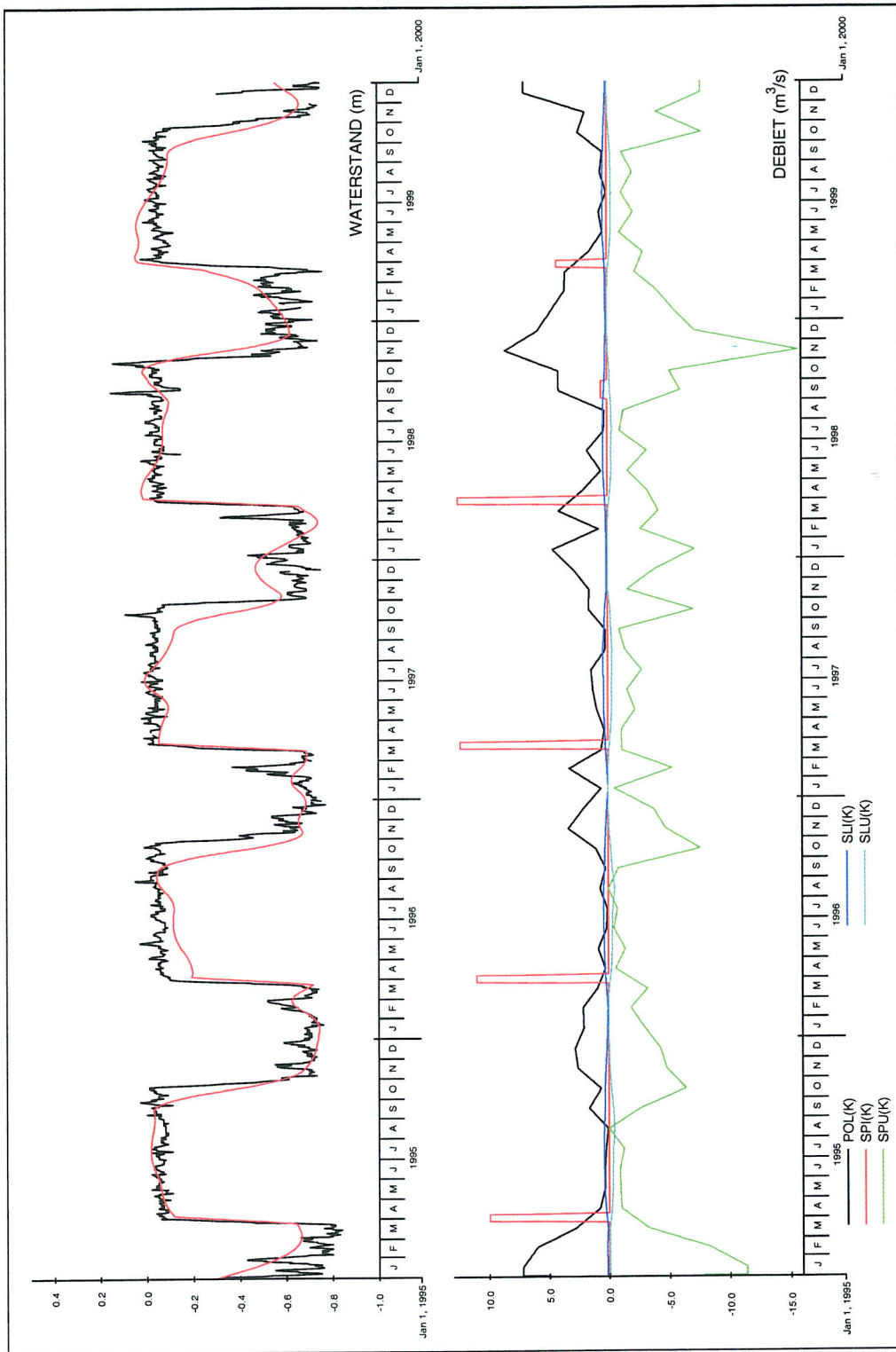
In Figuur 2.3 zijn de lozingslocaties weergegeven. Al het zoete water wordt in de rekenlaag onder de bovenste laag ingebracht. De onttrekkingen vinden ook in die laag plaats. Het zoute water wordt steeds op de rekenlaag direct boven de onderste laag ingevoerd. De onttrekkingslocaties bij de Zandkreeksluis, te weten ‘Spui uit’, ‘Schutwater uit’ en ‘Uitwisseling uit’ liggen twee roostercellen onder de inname locaties ‘Spui in’, ‘Peilopzet’ en ‘Uitwisseling in’, in de meest oostelijke cellen van het model. Anders dan in de vorige studie wordt niet rechtsstreeks zout water ingebracht in de Zandkreekput.



Figuur 2.3 Locaties van de lozings- en onttrekkingspunten in het Veerse Meer en locaties van meetpunten

Er stroomt gemiddeld jaarlijks circa 170 miljoen m<sup>3</sup> het meer in, op een totaal volume van het Veerse Meer van circa 100 miljoen m<sup>3</sup>. Het water wordt dus gemiddeld meer dan eens per jaar vervangen, maar dat geldt niet voor het water in de diepe putten. Dat water wordt jaarlijks maar een keer vervangen, namelijk tijdens de peilopzet eind maart/begin april.

In Figuur 2.4 is het tijdsverloop geplot van de gemiddelde debieten van de voornaamste lozingen en onttrekkingen, zoals gebruikt in de berekeningen.



Figuur 2.4 Gemiddelde debieten (in m<sup>3</sup>/s) van de voornaamste lozingen en onttrekkingen (Uitleg van afkortingen: POL=Polders (cumulatief); SPI=Spui in (peilopzet); SPU=Spui uit; SLI=Zandkreeksluis in (schutdebiet); SLU=Zandkreeksluis uit (schutdebiet))

Het getij wordt voor deze berekeningen vereenvoudigd weergegeven als een dubbeldaags getij, zes uur instroom, zes uur uitstroom. Voor de spuien, de schutstromen en de uitwisselingsstromen is een getijritme toegepast, met de zes uur instroom gemodelleerd als in drie uur stijgen van 0 naar de eindwaarde en in drie uur dalen van die waarde naar nul. Voor uitstroom zijn identieke verlopen aangehouden.

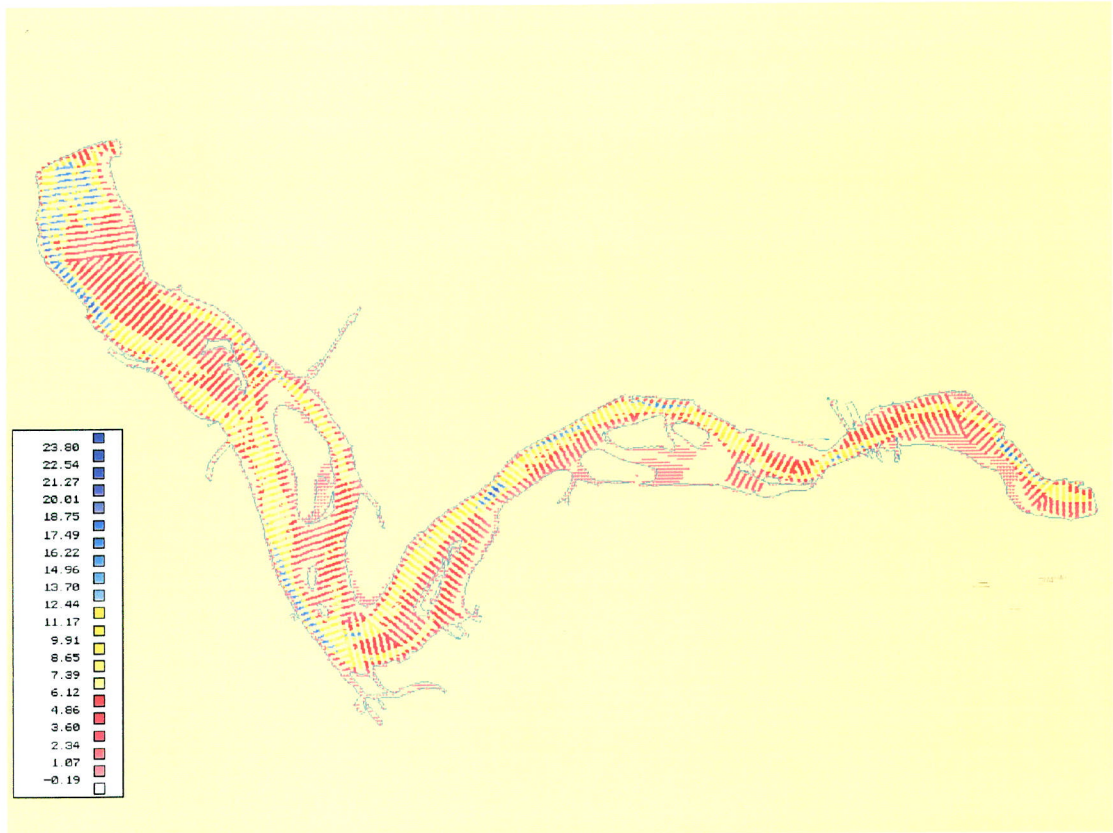
In de huidige schematisering van de debieten wordt tijdens de inlaatperiode ook gespuid. In werkelijkheid gebeurt dit niet. Dit is ten dele een gevolg van de gekozen maandperiode waarover de debieten waren opgegeven. Met een hogere tijdsresolutie zou dit probleem niet zijn opgetreden. We verwachten hiervan echter niet veel gevolgen voor de modellering.

In het z-model zijn de maandgemiddelde opgegeven waarden in de tijd op het midden van de maand gepositioneerd. Daartussen wordt geïnterpoleerd. Voor de peilopzet is een korter interval aangehouden, die groeit in twee dagen naar het maximum, blijft 11 dagen constant en neemt vervolgens in een dag af naar nul.

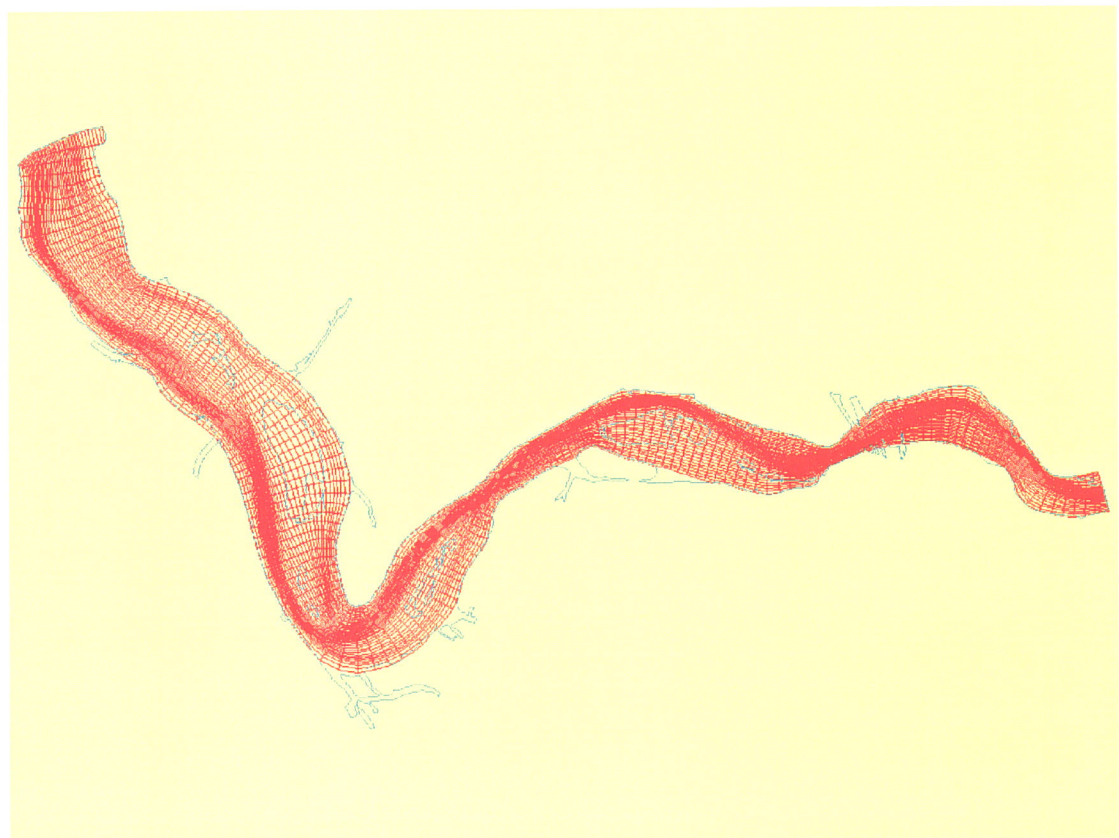
## 2.5 Bathymetrie en rekenrooster

Er is een nieuw rekenrooster gemaakt waarin de geul die de putten onderling met elkaar verbindt, met zo hoog mogelijke resolutie is weergegeven. Het patroon van geulen en putten, dat karakteristiek is voor het Veerse Meer, blijkt uit Figuur 2.5. Lodingsgegevens zijn beschikbaar vanaf -1 m NAP en zijn voor de ondiepe delen tussen -1 en 0 m NAP aangevuld met gegevens verkregen door laseraltimetrie. Zowel de lodingsgegevens als de laseraltimetriegegevens zijn beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat Directie Zeeland. Het volume van het meer bedraagt 100 miljoen m<sup>3</sup>, waarvan 1% dieper dan 15 m en 10% dieper dan 10 m. De putten vormen derhalve een relatief klein deel van het totale volume. De putten worden onderling verbonden door geulen. Tussen de putten zitten drempels van geringe diepte.

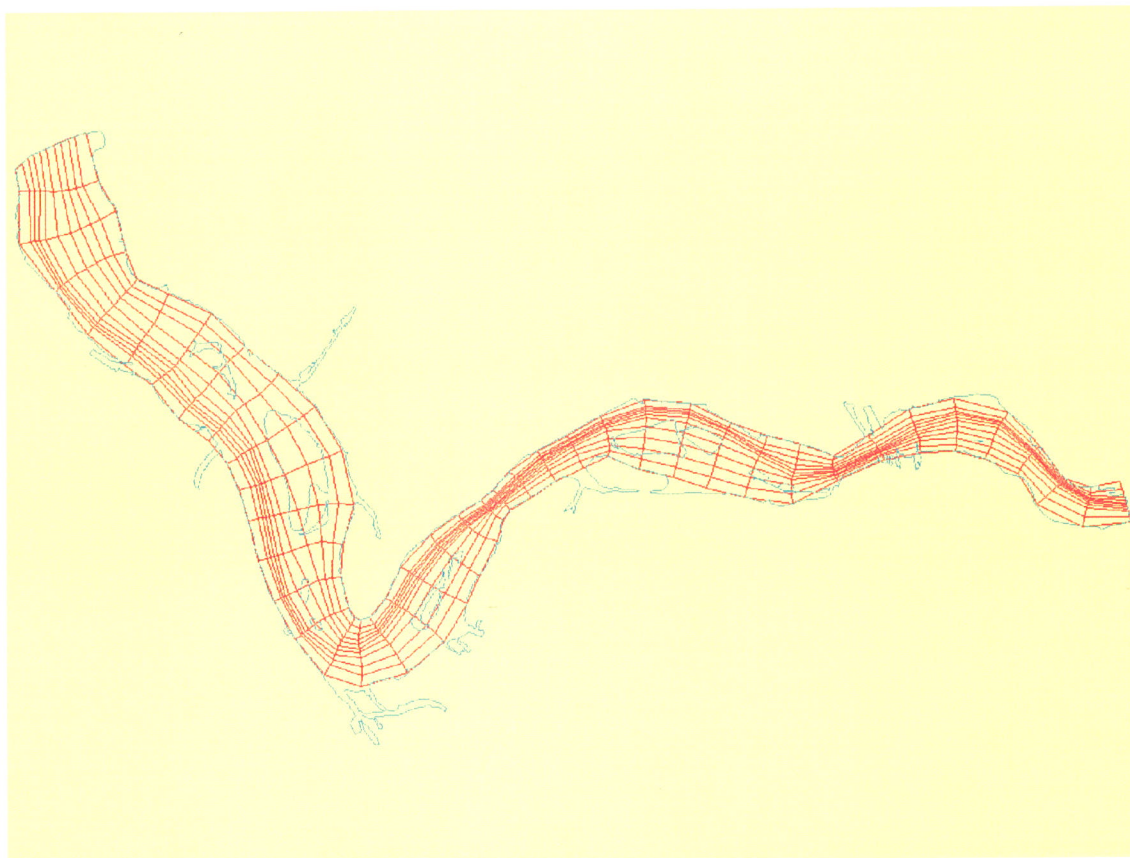




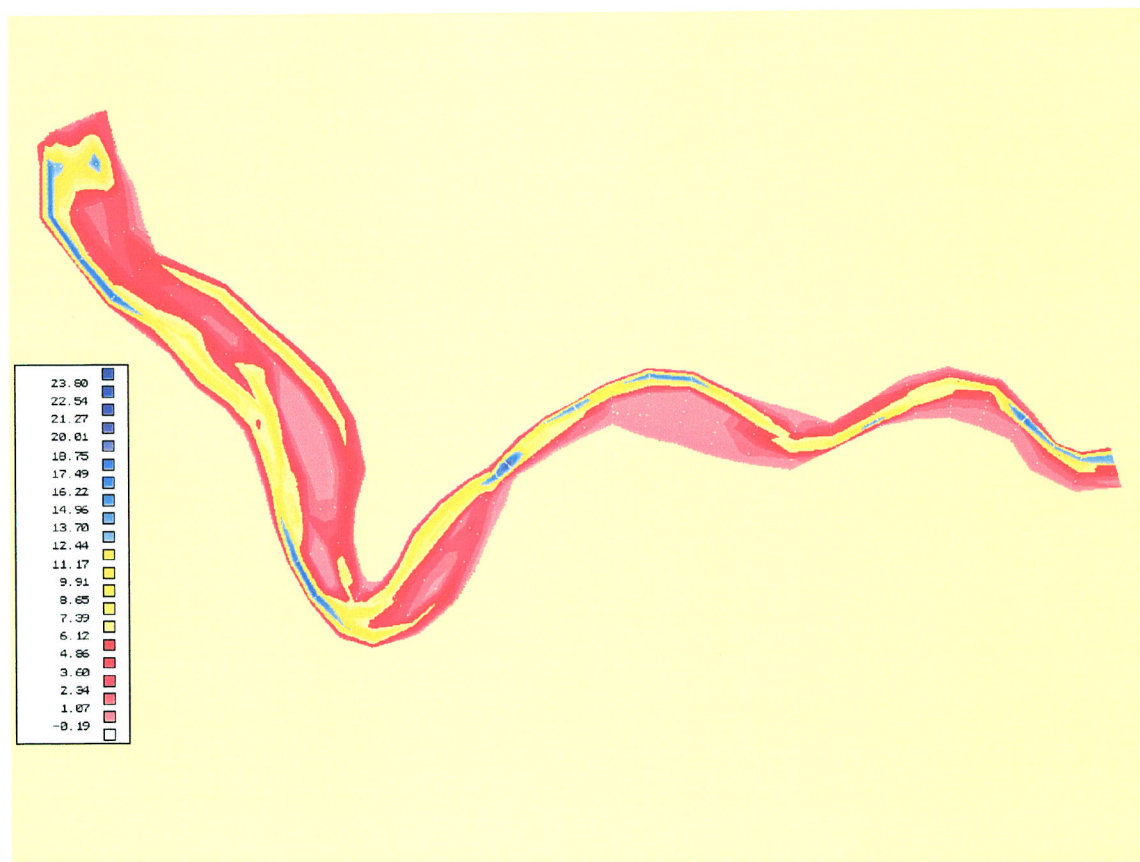
Figuur 2.5 Bathymetry van het Veerse Meer (diepte ten opzichte van NAP, NB: ) op basis van lodings- en laseraltimetriegegevens



Figuur 2.6 Ontwerp rekenrooster



Figuur 2.7 Rekenrooster Veerse Meer

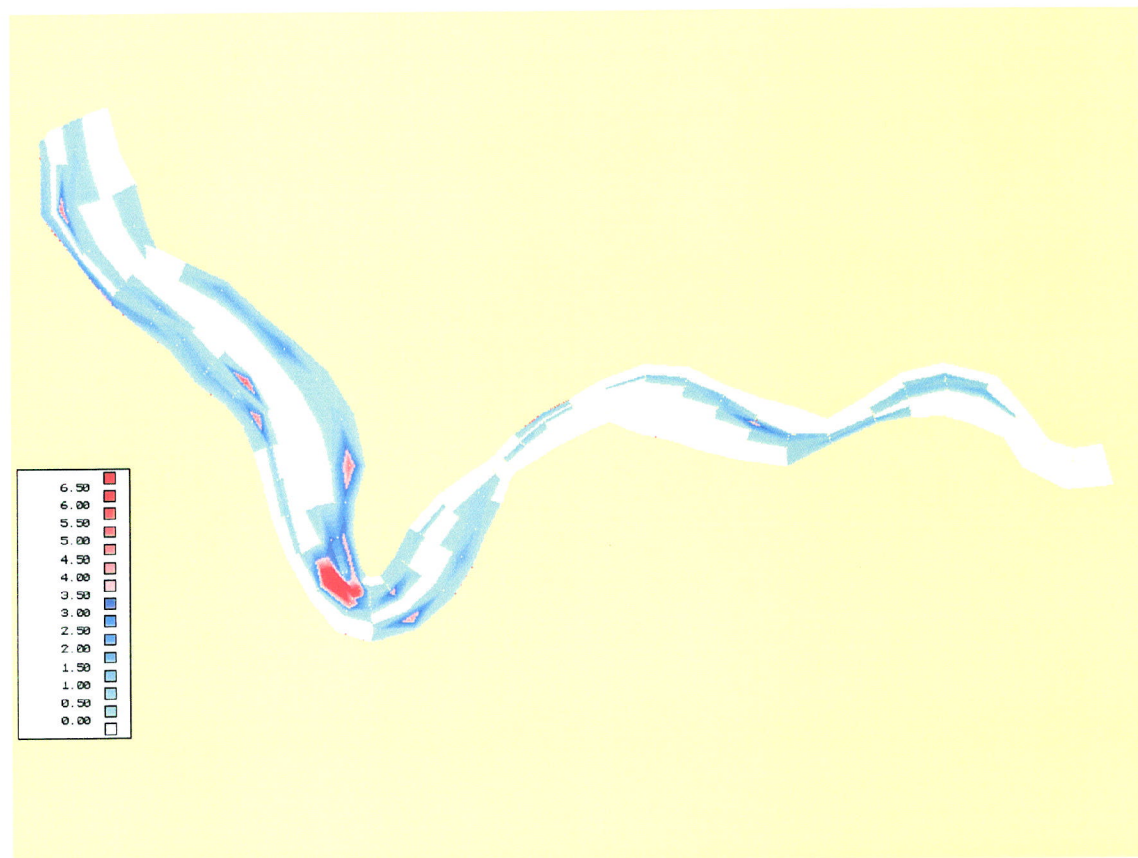


Figuur 2.8 Oorspronkelijke bathymetrie op rekenrooster

Er is een rekenrooster gemaakt met als doel het geulenstelsel met hoge resolutie weer te geven (Figuur 2.6). Gezien de relatief lange rekenperiode van 5 jaar is dit rooster vergrofd om tot acceptabele rekestijden te komen. Er is uiteindelijk gerekend op het rooster zoals weergegeven in Figuur 2.7. Dit rooster heeft 40 bij 10 cellen in de horizontaal, een gemiddelde cellengte van 500 m en een celbreedte van 30 tot 60 m in de geulen. De rekestijdstap moest worden echter gehalveerd tot 30 seconden ten opzichte van eerdere berekeningen. De rekestijd voor de 5 jaar periode bedroeg 5,3 dagen op een 2 GHz PC.

De bathymetrie is op dit rooster geïnterpoleerd (Figuur 2.8). Het totale modelvolume op dit grove rooster bedraagt circa 105 miljoen m<sup>3</sup> bij 0 m N.A.P, en geeft daarmee een relatief goede benadering van het nauwkeurig bepaalde volume van 100 miljoen m<sup>3</sup>.

Bij de eerste kalibratieberekeningen bleek dat de zouttong bij peilopzet onvoldoende ver het model instroomde. Om dit op te vangen is de bathymetrie hier en daar lokaal verdiept, vooral op plaatsen waar de geul onder een hoek door het rooster loopt. Daarnaast zijn een aantal drempels verlaagd. De verhoging van de diepte ten opzichte van de oorspronkelijk geïnterpoleerde bodem is hieronder weergegeven. Het voor de kalibratie gebruikte model heeft een volume van 115 miljoen m<sup>3</sup> bij 0 m NAP.



Figuur 2.9 Bodem verdieping ten opzichte van oorspronkelijke bathymetrie

In het z-model waarmee in dit project gerekend is, liggen alle horizontale rekenlagen op een vaste diepte. Bij diepere putten zijn er meer rekenpunten actief in de verticaal. De laagdikteverdeling is overeenkomstig die uit de vorige projecten, waarbij de dikte van de bovenste rekenlagen circa 0,5 m bedraagt, en die van de onderste lagen  $\pm 1$  m.

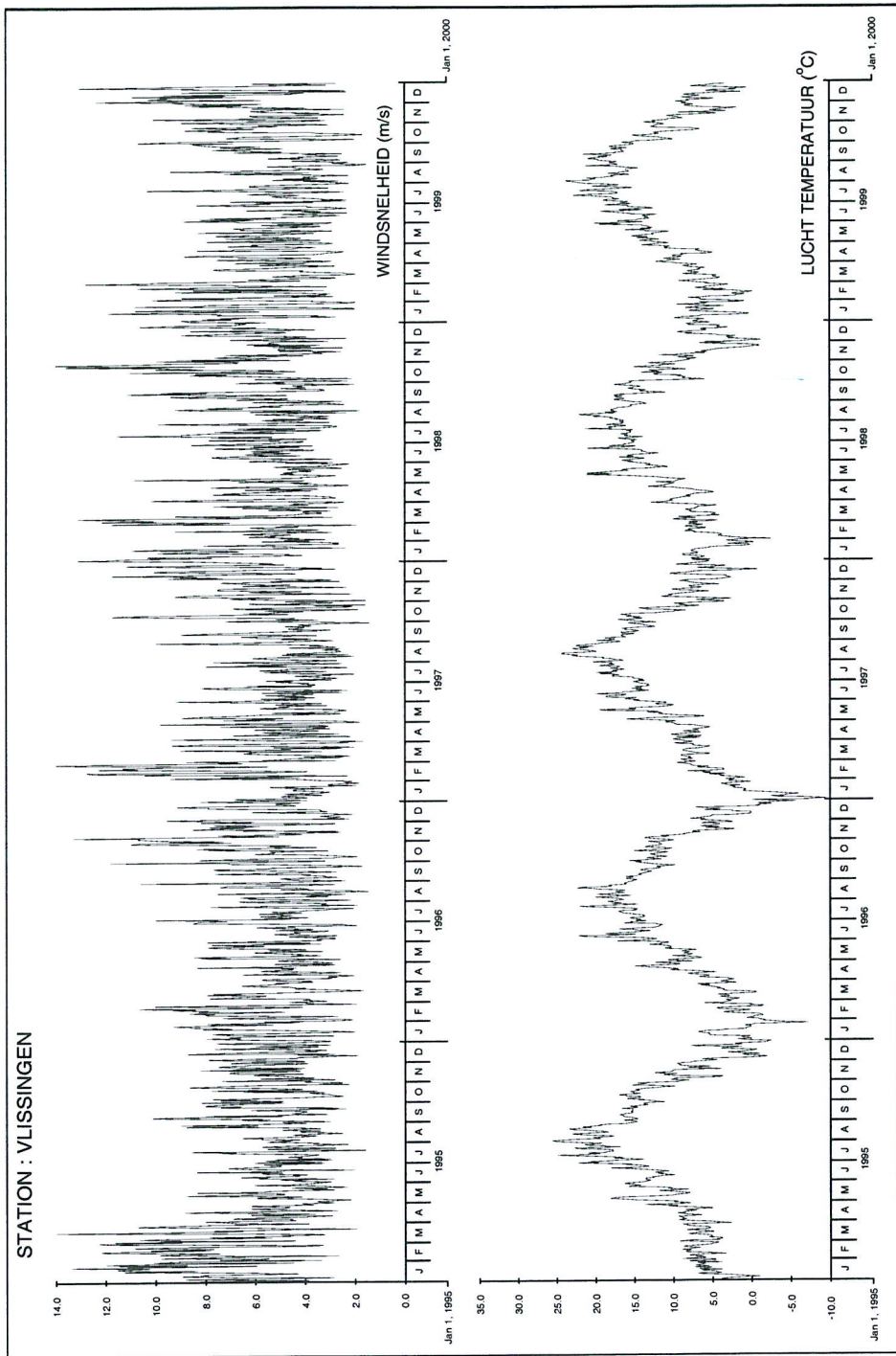
## 2.6 Meteorologische forcering

De wind is van belang voor de beweging van de bovenste waterlagen, die meestal de windrichting volgen. Wind is ook van belang voor de verticale uitwisseling van de bovenste waterlagen met de onderste waterlagen. Modelmatig wordt dit gesimuleerd als een bronterm in het turbulentiemodel. Turbulentie wordt gedempt als gevolg van dichtheidsverschillen. Dit zorgt ervoor dat een gestratificeerd systeem, zoals het Veerse Meer in het voorjaar en de zomer, niet gelijk over de verticaal opmengt.

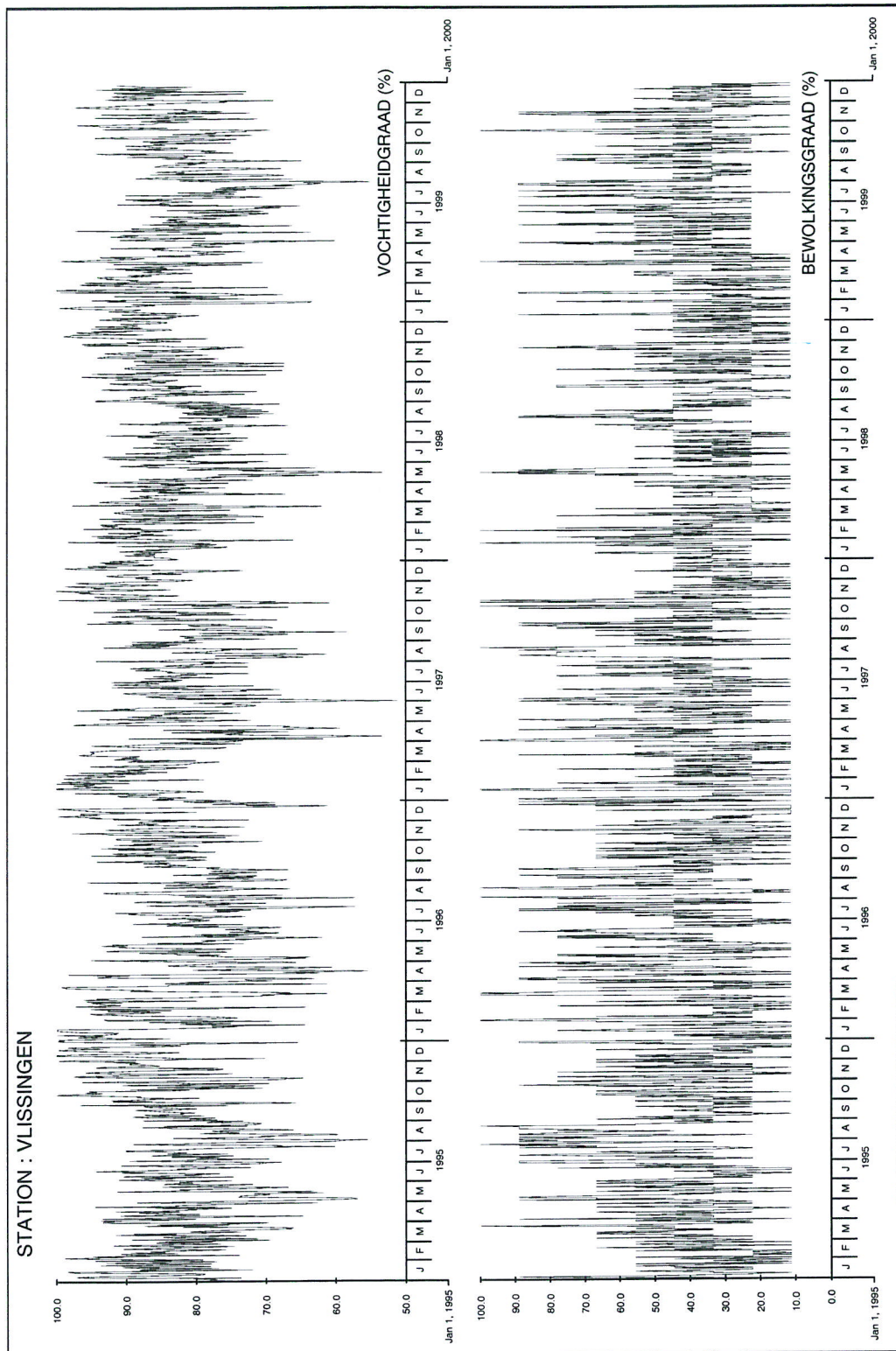
De temperatuurontwikkeling van het epilimnion (de waterlaag boven de spronglaag) is hierdoor een groot deel van het jaar vrijwel losgekoppeld van de temperatuurontwikkeling van het hypolimnion (de waterlaag onder de spronglaag). Bij peilopzet na de winter is het water in het meer koud en wordt koud zout water ingenomen. Dat blijft onderin liggen door het hoge zoutgehalte. In de lente en zomer wordt de bovenlaag steeds warmer door instraling van de zon en af en toe door convectie van warmte van de lucht naar het water. Vaak is de wind niet sterk genoeg om de warmte helemaal tot aan de spronglaag door te mengen en ontstaat er een tweede dichtheidsprong in het epilimnion, deels door temperatuurstratificatie, deels door saliniteitsstratificatie veroorzaakt door alle polderlozingen. De hogere temperaturen in de toplaag tijdens de zomer versterken de stabiele stratificatie die er al was door de verticale zoutverdeling en de uitwisseling tussen beide lagen is minimaal. In het najaar wordt de wind sterker en koelt de toplaag steeds verder af. De temperatuurstratificatie neemt hierdoor af en zou bij een homogene verticale zoutverdeling leiden tot een verticaal homogene temperatuurverdeling. Echter, in dit systeem is de dichtheid onder de spronglaag door het aanwezige zout nog zo hoog dat de bovenlaag zelfs veel kouder kan worden dan de onderlaag. Er treedt dan instabiele temperatuurstratificatie op. Pas laat in de winter verdwijnt die grotendeels. Afwijkingen tussen de berekende temperatuurprofielen en de gemeten temperatuurprofielen zijn hierdoor voor een belangrijk deel terug te voeren op afwijkingen in de zoutprofielen. Als de verticale zoutverdeling in het model niet is zoals de waargenomen zoutverdeling, dan kan het verticale temperatuurprofiel niet goed gereproduceerd worden. In dit opzicht is de kalibratieberekening een veel gevoeliger berekening dan de scenarioberekeningen, omdat het typische 'zouttong' karakter van het meer verdwijnt als het doorlaatmiddel in werking wordt gesteld. De hoogte van de spronglaag zit dan veel hoger in de waterkolom.

De temperatuur moet dus worden meegemodelleerd vanwege de invloed op het verticale dichtheidsprofiel en daarmee op de verticale menging.

We hebben dezelfde temperatuurmodellering toegepast als bij de vorige studies, met als enige verschil dat toen de netto zoninstraling werd voorgeschreven, terwijl we nu de bruto zoninstraling uitrekenen op basis van positie op aarde en tijdstip, en hiervan een netto instraling maken door te corrigeren voor de bewolgingsgraad. Het voordeel hiervan is dat de warmteverliesterm voor lange golf uitstraling rechtstreeks gecorrigeerd kan worden voor de invloed van de bewolgingsgraad op die term. Dit temperatuurmodel staat bekend als het 'warmte-flux-model' en is succesvol toegepast voor de Noordzee en Lake Victoria. Om variaties en dag/nachtritmes voldoende weer te geven is uitgegaan van geobserveerde windsnelheid, windrichting, luchtdruk, luchttemperatuur, luchtvochtigheid en bewolgingsgraad per uur van het meetstation Vlissingen (Figuur 2.10 en Figuur 2.11).



Figuur 2.10 Wind en luchttemperatuur op het meetstation Vliissingen (gegevens van het KNMI)



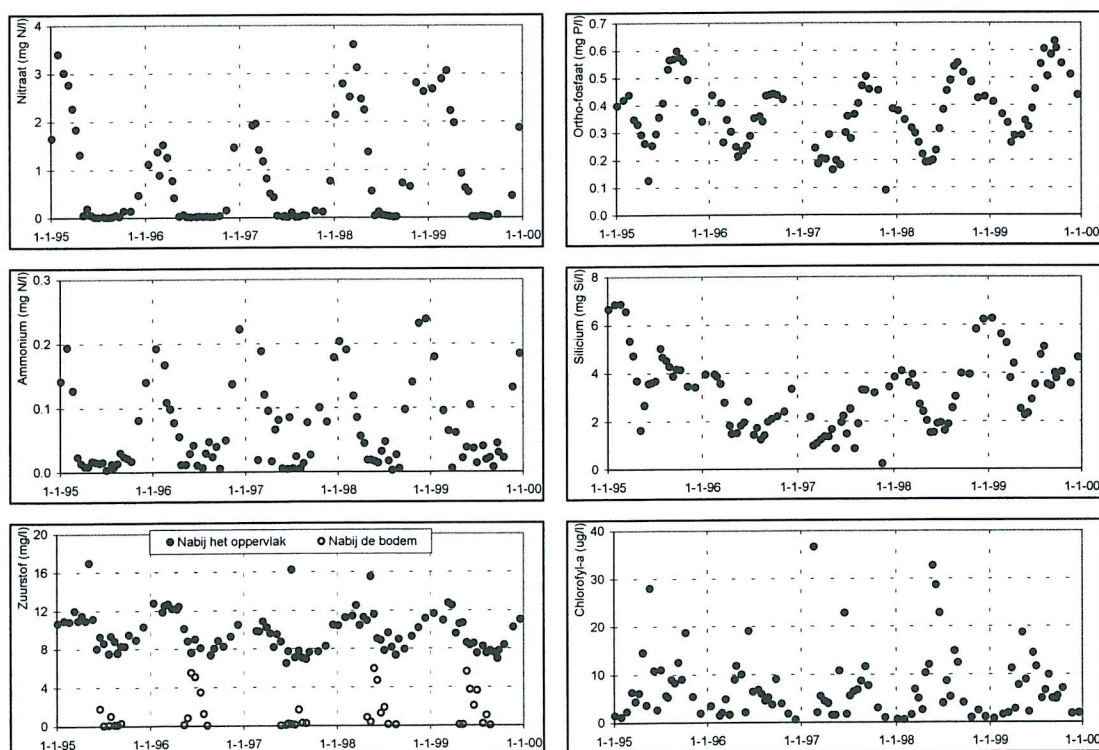
Figuur 2.11 Relatieve luchtvochtigheid en bewolgingsgraad op het meetstation Vlissingen (gegevens KNMI)

## 4 Opzet GEM Veerse Meer model

### 4.1 Inleiding

Met de nutriënten (nitraat, ammonium, ortho-fosfaat en silicium), opgelost zuurstof en chlorofyl-a is het begrip ‘waterkwaliteit’ goed samen te vatten<sup>1</sup>. Figuur 4.1 laat het gemeten verloop van deze parameters in het Veerse Meer zien en geeft een uitstekend algemeen beeld van de waterkwaliteit. Kenmerkend is de grote toename van nitraat en in mindere mate van ammonium in de winter, die wordt veroorzaakt door polderwaterlozingen. In het voorjaar en de zomer wordt uit het water nitraat verwijderd door denitrificatie en primaire productie.

Ook fosfaat laat duidelijk een jaarlijks terugkerend patroon zien: een stijgende concentratie ruwweg in de lente en de zomer en een dalende concentratie ruwweg in de herfst en de winter. De dalende concentratie is voor het grootste deel het resultaat van twee processen. Het eerste is de vastlegging van fosfaat in de bodem, wanneer anorganisch materiaal sedimenteert en het daaraan geadsorbeerde fosfaat meeneemt. Het tweede is primaire productie, waardoor fosfaat in organisch materiaal wordt vastgelegd.



Figuur 4.1 Gemeten concentraties nitraat, ammonium, fosfaat, silicium, zuurstof en chlorofyl-a in meetpunt Soelekerke circa 1 meter onder het wateroppervlak en zuurstof circa 1 meter boven de bodem in de periode 1995 - 1999

<sup>1</sup> Verontreinigingen zoals zware metalen worden buiten beschouwing gelaten.

Een stijgende fosfaatconcentratie is het gevolg van het vrijkomen van fosfaat uit de bodem. De voornaamste bron is waarschijnlijk aan ijzeroxiden geadsorbeerd fosfaat dat vrijkomt wanneer de ijzeroxiden in de bodem gereduceerd worden. Dit is weer het gevolg van een toegenomen sedimentatieflux van organisch materiaal tijdens en na de voorjaarsbloei van algen.

Silicium vertoont een maximum in de winter en blijkt daarmee afhankelijk te zijn van de lozing van polderwater met een hoge siliciumconcentratie. De afname in het voorjaar is het gevolg van primaire productie door diatomeeën. Hun skeletjes lossen vervolgens langzaam op waardoor silicium over een langere periode weer vrijkomt in de waterkolom. Evenals voor fosfaat is bekend dat silicium aan ijzeroxiden adsorbeert en dus bij reductie van deze oxiden vrijkomt. Het is niet bekend in hoeverre dit proces in het Veerse Meer bijdraagt aan de stijgende siliciumconcentratie in de zomer en herfst.

Zuurstof in het epilimnion (boven de spronglaag) wordt volledig gestuurd door de temperatuur. De verzadigingsconcentratie neemt af als de temperatuur hoger wordt. Bij 5 °C en saliniteit 15 ppt is de verzadigingsconcentratie 12,0 mg/l; bij 25 °C en saliniteit 15 ppt nog maar 7,5 mg/l. Hoge zuurstofconcentraties zijn het gevolg van primaire productie (fotosynthese), dat kan resulteren in een oververzadiging aan zuurstof in de waterkolom.

Tot slot chlorofyl-*a*. Chlorofyl-*a* is laag met concentraties die over het algemeen lager zijn dan 10 µg/l. Hogere concentraties komen voor in het voorjaar en de zomer. Opvallend is dat van een echte voorjaarsbloei niet echt sprake lijkt te zijn.

De kalibratie van het GEM model heeft tot doel de hierboven beschreven fenomenen te reproduceren. We moeten hier nog een ding aan toevoegen, namelijk de groei van zeesla. Helaas zijn weinig daadwerkelijke metingen bekend, maar zeesla wordt algemeen als het grootste waterkwaliteitsprobleem in het Veerse Meer gezien. Het voorkomen van zeesla zal ook door het model gereproduceerd moeten worden.

## 4.2 Toestandsvariabelen en processen

Het GEM Veerse Meer model bouwt voort op het model dat is opgezet in de voorgaande studie (WL, 2000). Het maakt gebruik van de zogenaamde GEM (Generiek Ecologisch Model) routines. GEM is een modellijn voor waterkwaliteit en primaire productie dat in opdracht van Rijkswaterstaat door WL | Delft Hydraulics wordt beheerd. Aan GEM werken de meeste Nederlandse onderzoeksinstituten mee (onder andere NIOZ en RIVO).

Tabel 4.1 vermeldt de toestandsvariabelen in het GEM Veerse Meer model. Het model bevat de volledige (anorganische en organische) cycli van koolstof, zuurstof, stikstof, fosfor en silicium in de waterkolom. Het sediment wordt gemodelleerd volgens de zogenaamde S1/S2 methodiek, waarbij bodemstoffen als inactieve (niet-transporteerbare) stoffen worden gemodelleerd. Het poriewater maakt geen onderdeel uit van deze methodiek.

Temperatuur en saliniteit worden overgenomen uit het hydrodynamisch model en zijn dus geen toestandsvariabele in het waterkwaliteitsmodel. Voor een gedetailleerde beschrijving van de GEM procesroutines wordt verwezen naar (WL | Delft Hydraulics, 1997).



Tabel 4.1 Gemodelleerde toestandsvariabelen in het GEM Veerse Meer model

Groep	Toestandsvariabele	Opmerking
Nutriënten (anorganisch opgelost)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitraat</li> <li>• Ammonium</li> <li>• Ortho-fosfaat</li> <li>• Silicium</li> </ul>	
Nutriënten (anorganisch particulier)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geadsorbeerd fosfaat</li> <li>• Opaal (SiO<sub>2</sub>)</li> </ul>	
Organisch materiaal (opgelost)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisch koolstof</li> <li>• Organisch stikstof</li> <li>• Organisch fosfor</li> </ul>	
Organisch materiaal (particulair)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisch koolstof</li> <li>• Organisch stikstof</li> <li>• Organisch fosfor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ 3 fracties (POC1, POC2, POC3)</li> <li>⇒ 3 fracties (PON1, PON2, PON3)</li> <li>⇒ 3 fracties (POP1, POP2, POP3)</li> </ul>
Fytoplankton	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diatomeeën</li> <li>• Flagellaten</li> <li>• Dinoflagellaten</li> <li>• Zeesla (drijvend)</li> <li>• Zeesla (vastzittend)</li> </ul>	
Zuurstof	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opgelost zuurstof</li> </ul>	
Sediment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisch koolstof</li> <li>• Organisch stikstof</li> <li>• Organisch fosfor</li> <li>• Geadsorbeerd fosfor</li> <li>• Organisch silicium</li> <li>• Microfytobenthos</li> </ul>	

### 4.3 Waterbeweging, aggregatie en numerieke aspecten

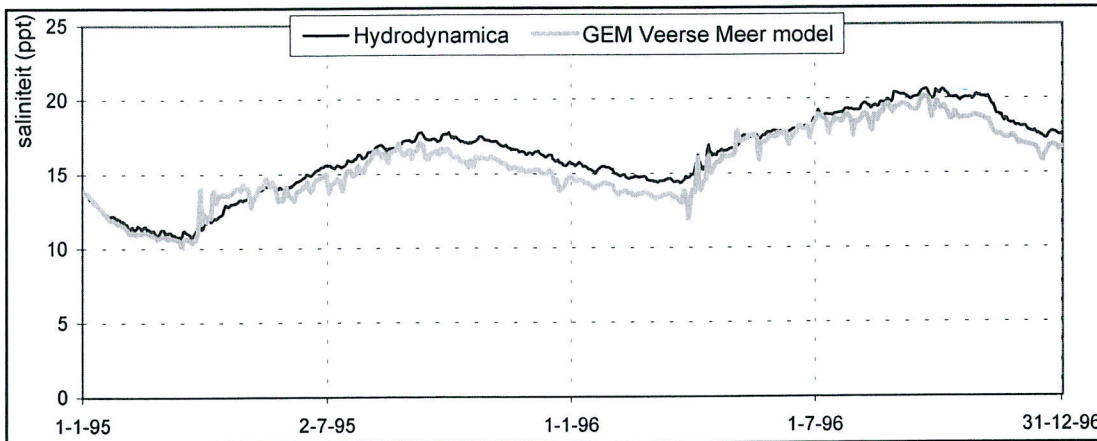
De waterbeweging in het Veerse Meer is berekend door het hydrodynamisch model. De resultaten worden met een tijdstap van zes uur overgenomen in het waterkwaliteitsmodel. Het hydrodynamisch grid (Figuur 2.7) is onveranderd overgenomen wat betreft het horizontale vlak (ongeaggregeerd). Het aantal lagen in de verticaal is teruggebracht van 31 tot 8 lagen. Tabel 4.2 vat enkele technische modelgegevens samen.

Tabel 4.2 Technische modelparameters

Aantal lagen in hydrodynamisch model	31
Aantal lagen in waterkwaliteitsmodel	8
Aggregatie (van oppervlak naar bodem)	8 - 4 - 4 - 3 - 2 - 2 - 4 - 4
Resulterende laagdikte in meters (zomerpeil)	4,8 - 2,2 - 2,3 - 2,0 - 1,5 - 1,6 - 3,6 - 1,6
Totaal aantal segmenten in waterkwaliteitsmodel	4128
Aantal actieve segmenten	1098
Aantal inactieve segmenten	3030
Tijdstap hydrodynamica (communicatie file)	6 uur
Rekentijdstap waterkwaliteitsmodel	1 uur
Begintijd waterkwaliteitsmodel	1 januari 1995
Eindtijd waterkwaliteitsmodel	31 december 1999

Numeriek schema	16
Simulatietijd op 2 GHz PC (5 jaar periode)	30 uur

De aggregatie en het toegepaste numerieke schema zijn getest door de saliniteit apart met het waterkwaliteitsmodel uit te rekenen en vervolgens te vergelijken met het resultaat van het hydrodynamisch model. De aggregatie is toegestaan als beide resultaten goed overeenkomen. In Figuur 4.2 is te zien dat dit het geval is en derhalve is de gekozen aggregatie toegestaan.



Figuur 4.2 Vergelijking saliniteit berekend door het hydrodynamisch model en het GEM Veerse Meer model (oppervlaktelaag meetpunt Wolphaartsdijk)

## 4.4 Lozingen

Zoals in paragraaf 4.1 bleek, zijn de lozingen belangrijk voor de concentratie van nutriënten in het Veerse Meer. In het GEM model worden dezelfde lozingslocaties en lozingsdebieten toegepast als in het hydrodynamische model. Helaas zijn slechts beperkt (maandelijkse) meetgegevens beschikbaar van de waterkwaliteit van de diverse polderwateren en het Kanaal door Walcheren (Tabel 4.3). Voor de Oosterschelde is wel een complete set beschikbaar, hoewel niet voor het meetstation Zandkreek. De gegevens zijn aangeleverd door RIKZ Middelburg en afkomstig uit DONAR (Data Opslag Natte Rijkswaterstaat) of van het waterschap *de Zeeuwse Eilanden*.

In het waterkwaliteitsmodel wordt per maand een constante concentratie aan een lozing toegekend. Indien in een maand geen meting beschikbaar was, is het gemiddelde voor die betreffende maand uit andere jaren gehanteerd. Zo wordt in ieder geval het jaarlijks terugkerend patroon overgenomen. Hiermee varieert de totale vracht wel, omdat de debieten voor de verschillende jaren variabel zijn.

Tabel 4.3 Beschikbaarheid meetgegevens waterkwaliteit lozingen

Locatie	Periode waarvan gegevens beschikbaar zijn
Polderwaterlozingen	
Kleverskerke	1995 (jan.-nov.), 1999
Oostwateringe	1995, 1996, 1997 (feb.-nov.), 1999
Jacoba	1996 (mrt.-dec.), 1999
Willem	1996 (mrt.-dec.), 1999
Adriaan	1996 (mrt.-dec.), 1999
Wilhelmina	1996 (jan., mrt.-dec.), 1999
Oosterland	1996 (mrt.-dec.), 1999
De Piet	1995 (mrt.-dec.), 1996 (jan.-feb., apr.-dec.), 1997 (feb., apr.-nov.), 1999
Oosterschelde (Zandkreek)	1995
Kanaal door Walcheren	1999

Aan de debieten voor afstroming en neerslag zijn geen concentraties toegekend.

De meetgegevens zijn – waar nodig – vertaald naar modelinvoer door enkele eenvoudige rekenregels toe te passen:

Particulair organisch koolstof (POC1) =  $BOD5 / 2.67$  (= O<sub>2</sub>:C ratio)

Particulair organisch stikstof (PON1) = Totaal stikstof – Nitraat – Nitriet – Ammonium

Geadsorbeerd fosfaat (AAP) =  $(\text{Totaal fosfaat} - \text{ortho-fosfaat}) / 2$

Particulair organisch fosfaat (POP1) =  $(\text{Totaal fosfaat} - \text{ortho-fosfaat}) / 2$

## 4.5 Meteorologische aansturing

De meteorologische aansturing bestaat uit windsnelheid en instraling. De windsnelheid is overeenkomstig het hydrodynamische model (paragraaf 2.6) en wordt per uur opgegeven.

Instraling (aan het wateroppervlak) wordt gebruikt in de algenmodellering. Er waren twee datasets beschikbaar: instralingsgegevens voor 1995 afkomstig van eerdere modellering (WL | Delft Hydraulics, 2000) en een dataset van het KNMI voor station Vlissingen, die onder meer zonneshijnduur bevatte. Deze dataset omvatte de jaren 1995-1999. Voor het jaar 1995 is per maand een correlatie afgeleid tussen zonneshijnduur uit de KNMI dataset en instraling aan het wateroppervlak uit de eerdere modellering. Deze maandfunctie is vervolgens voor de overige jaren toegepast op de KNMI dataset.



## **B Water- en zoutbalans van het Veerse Meer**







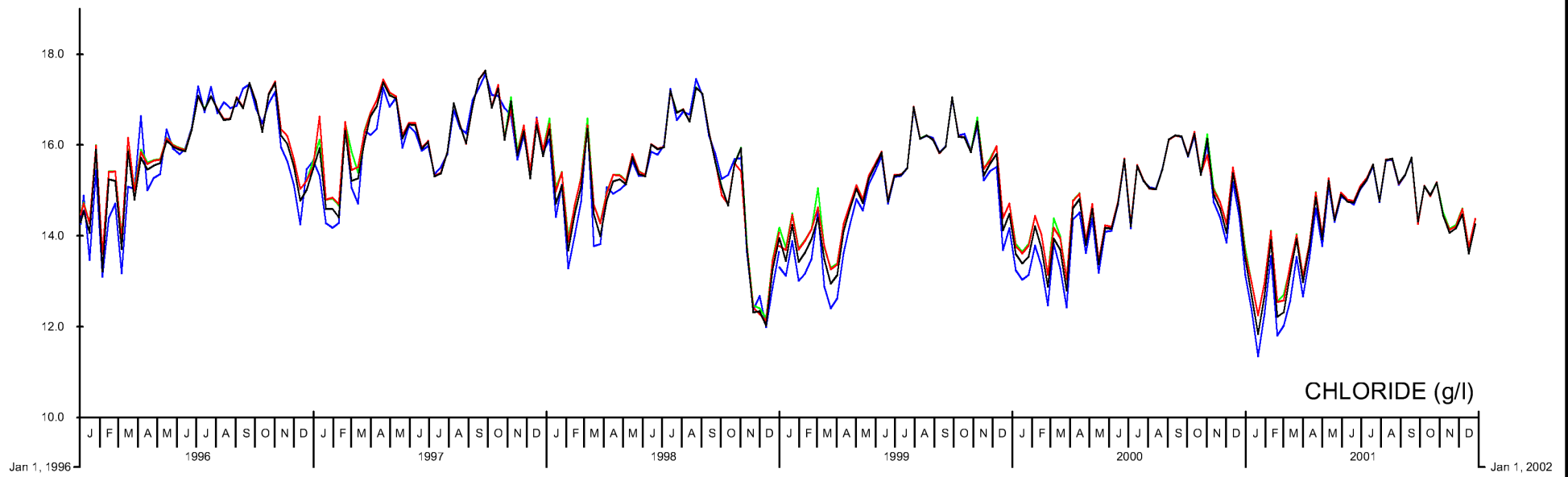
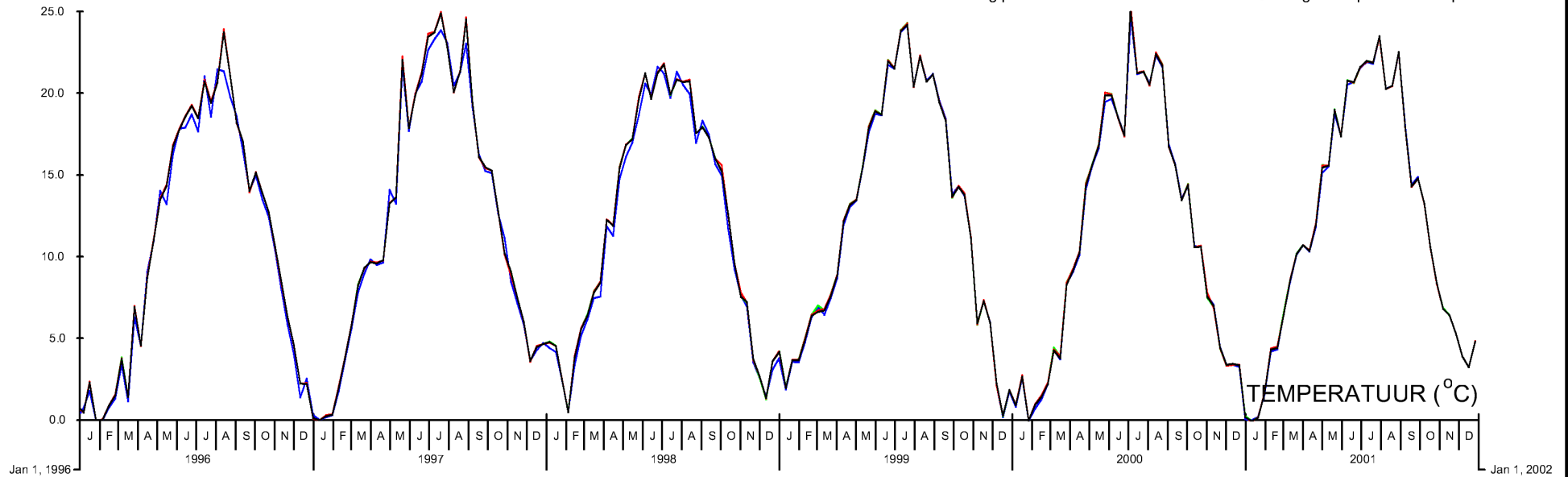


## **C**    **Figuren hydrodynamica**



STATION : ZANDKREEK (bij het wateroppervlak)

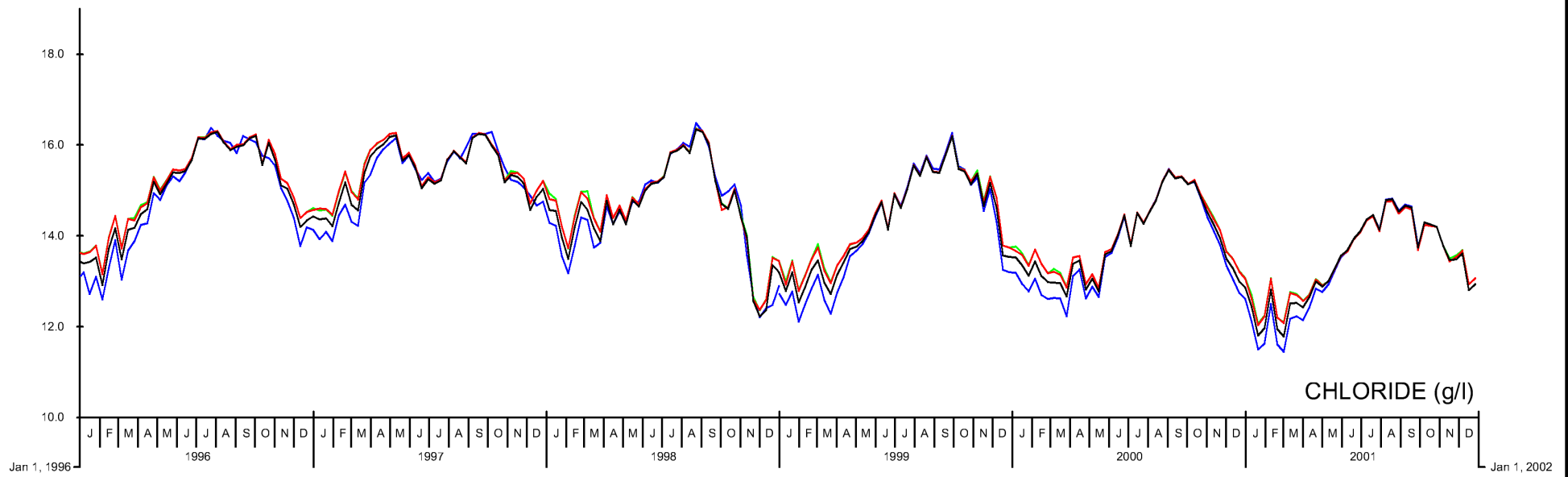
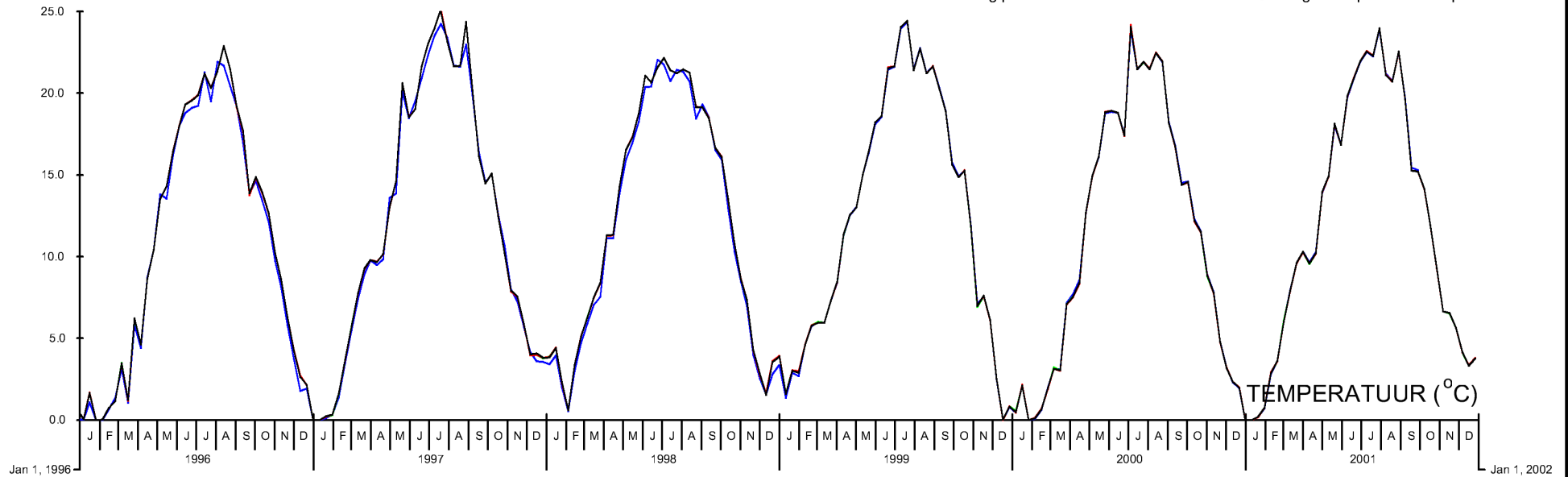
- 0: Huidig peil
- 1: Vast hoog peil
- 2: Vast hoog peil met noodpeil
- 3: Laag winterpeil met noodpeil





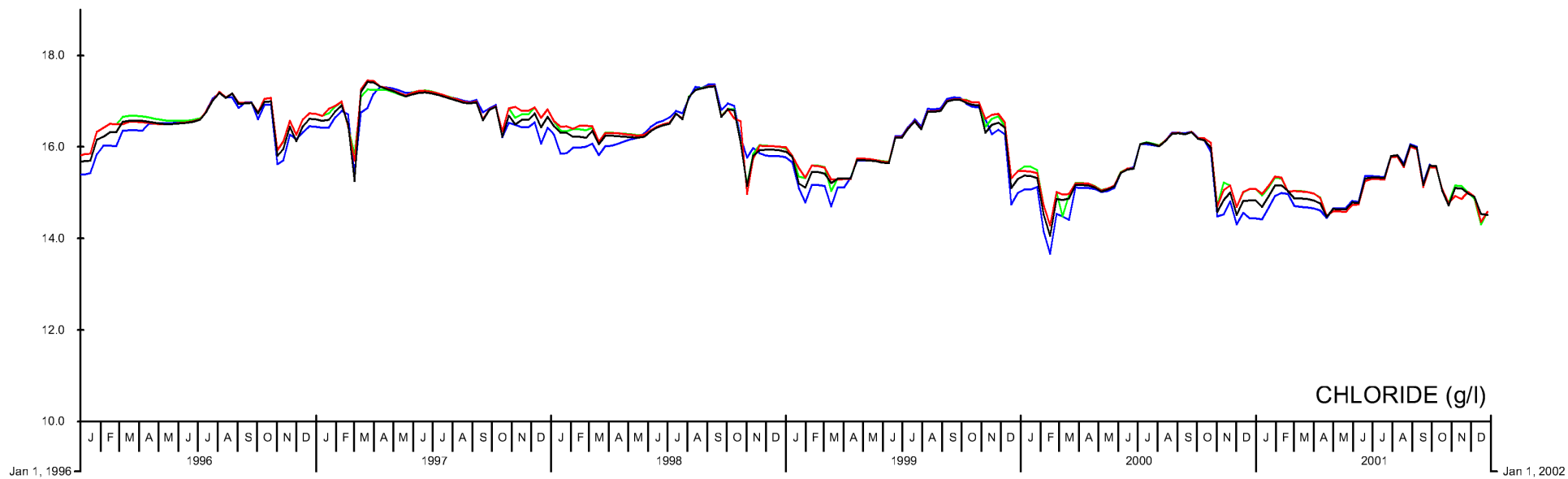
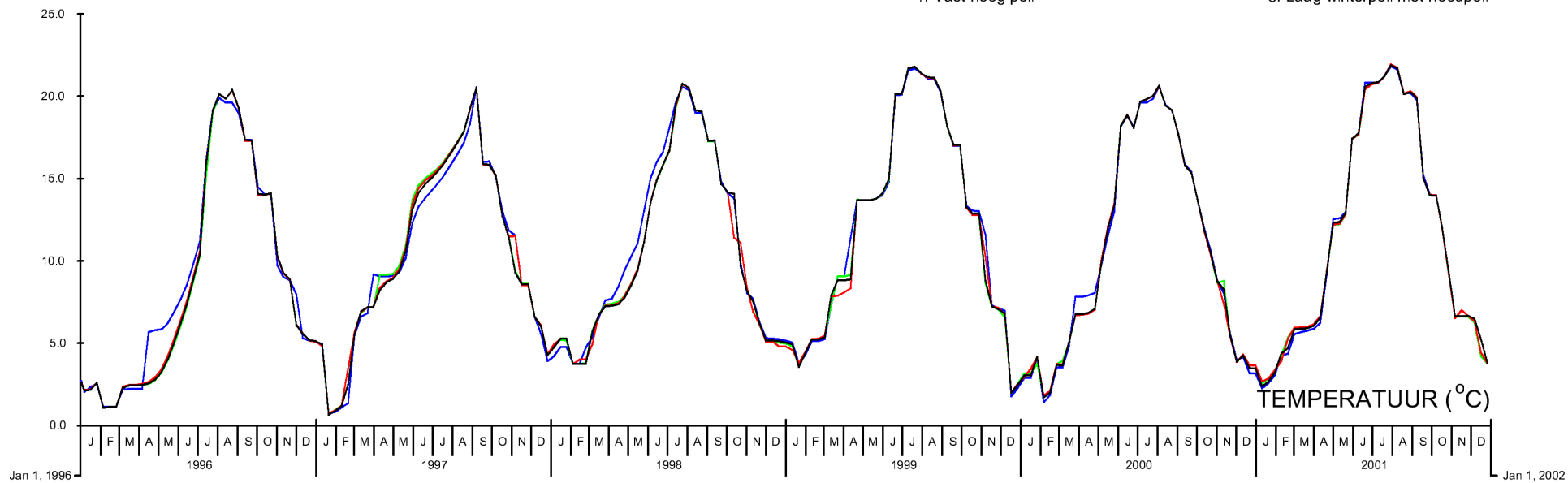
STATION : SOELEKERKE (bij het wateroppervlak)

- 0: Huidig peil
- 1: Vast hoog peil
- 2: Vast hoog peil met noodpeil
- 3: Laag winterpeil met noodpeil



STATION : SOELEKERKE (bij de bodem)

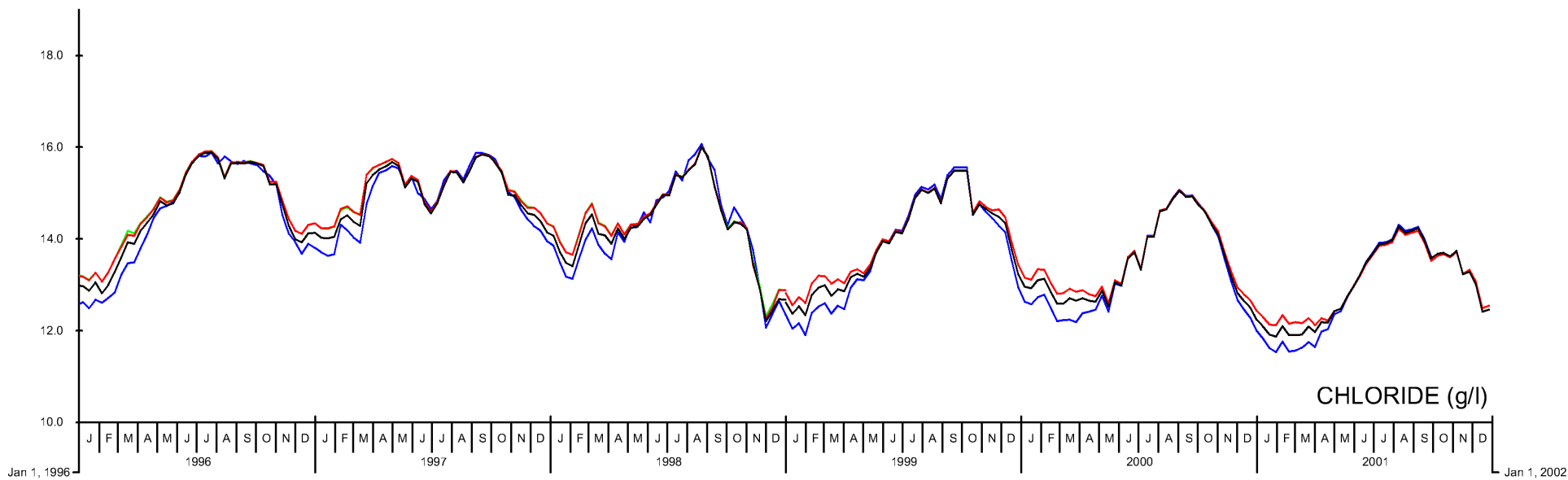
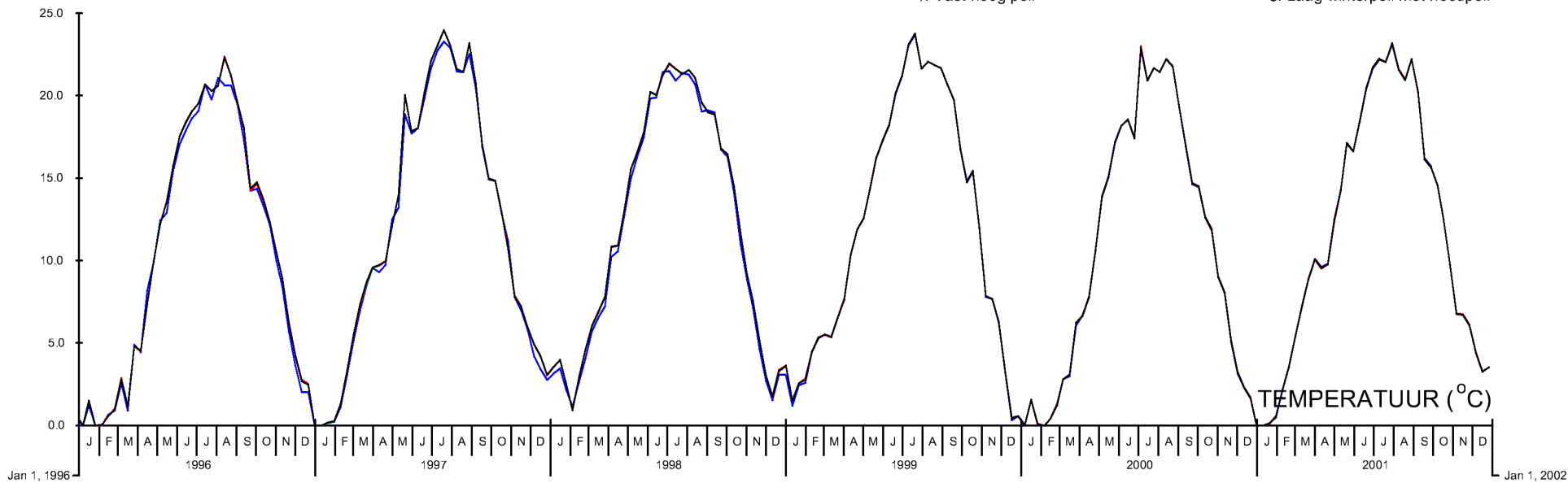
- 0: Huidig peil
- 1: Vast hoog peil
- 2: Vast hoog peil met noodpeil
- 3: Laag winterpeil met noodpeil



STATION : VROUWENPOLDER (bij het wateroppervlak)

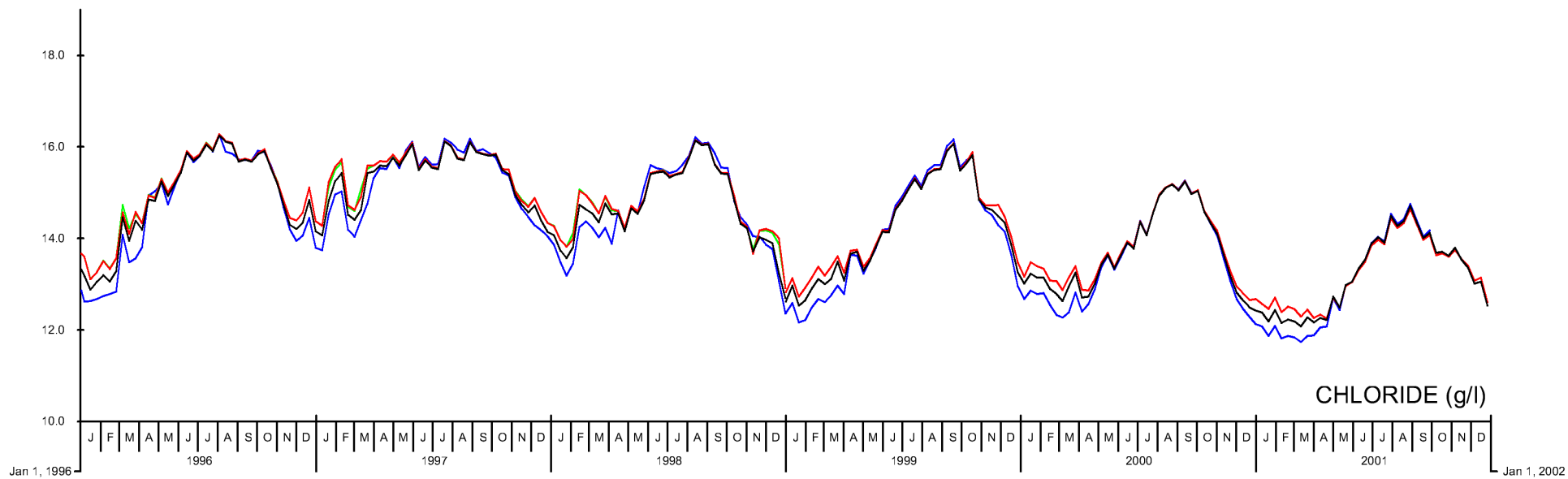
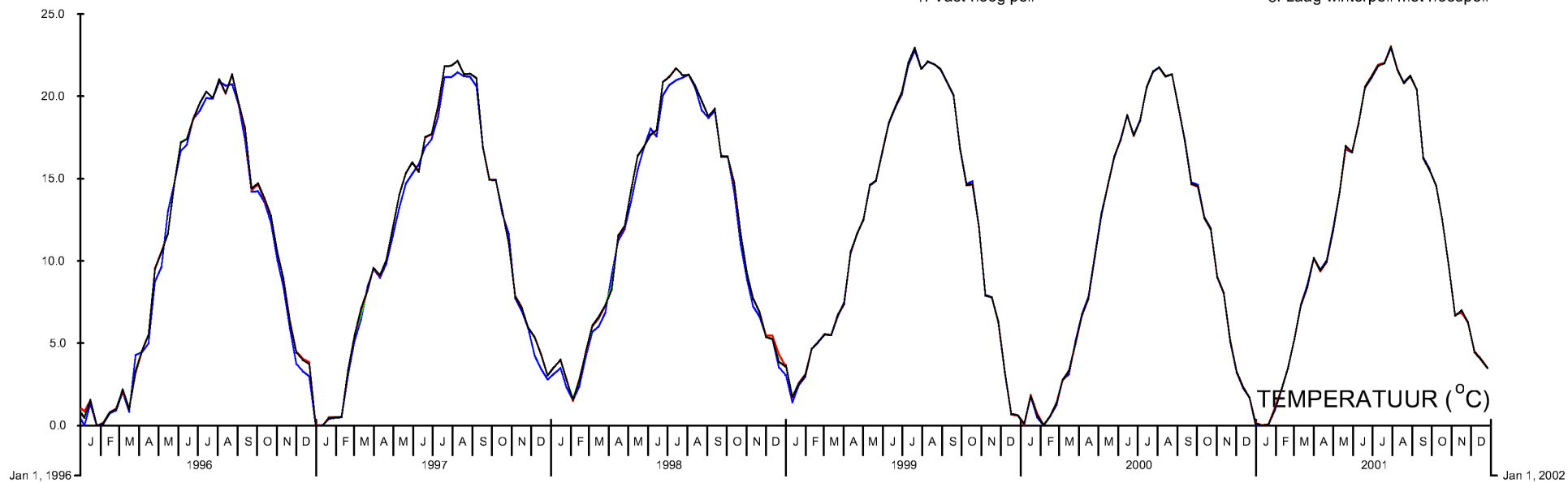
0: Huidig peil  
1: Vast hoog peil

2: Vast hoog peil met noodpeil  
3: Laag winterpeil met noodpeil



STATION : VROUWENPOLDER (bij de bodem)

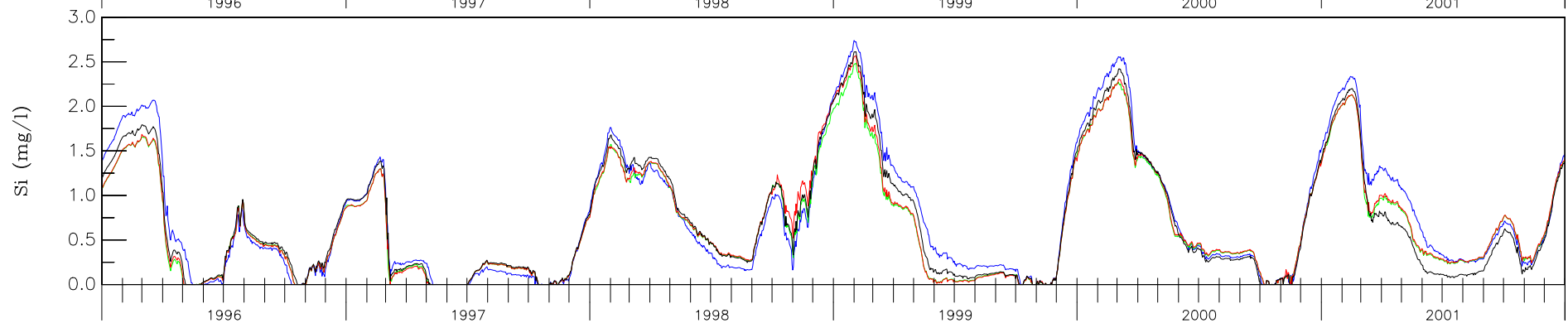
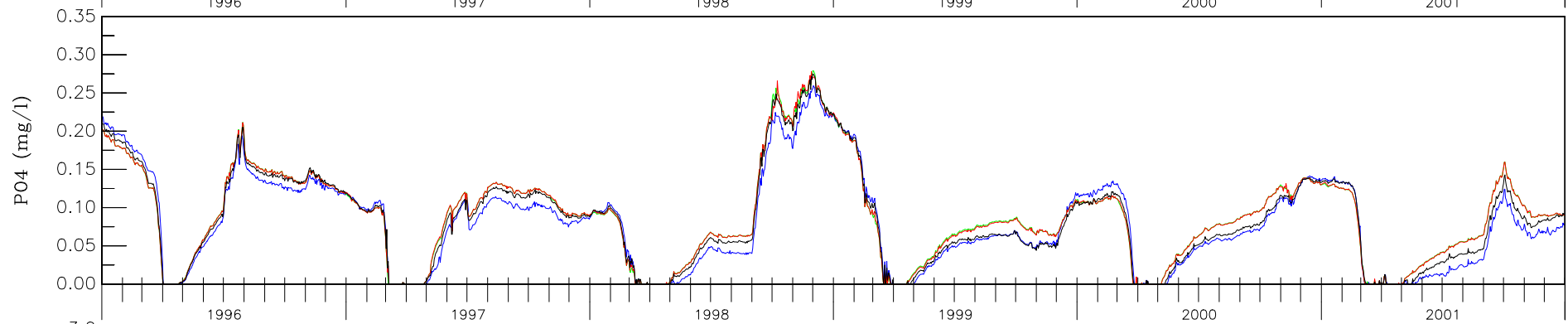
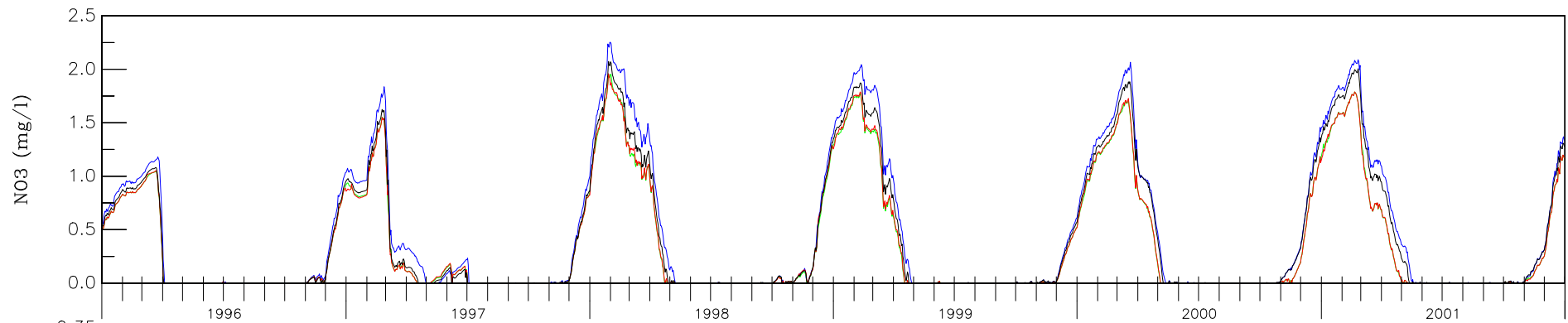
- 0: Huidig peil
- 1: Vast hoog peil
- 2: Vast hoog peil met noodpeil
- 3: Laag winterpeil met noodpeil





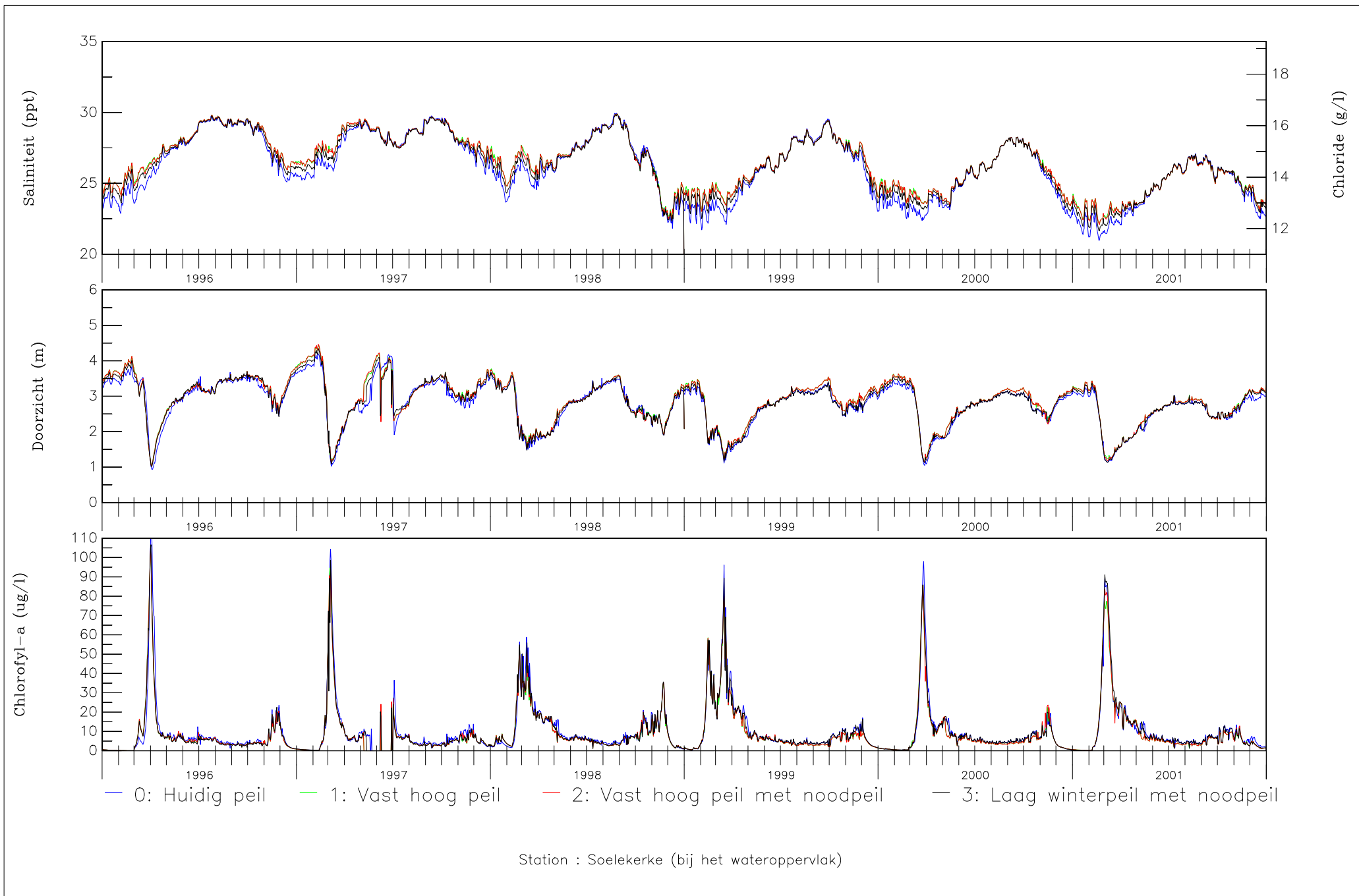
## **D**    **Figuren waterkwaliteit**

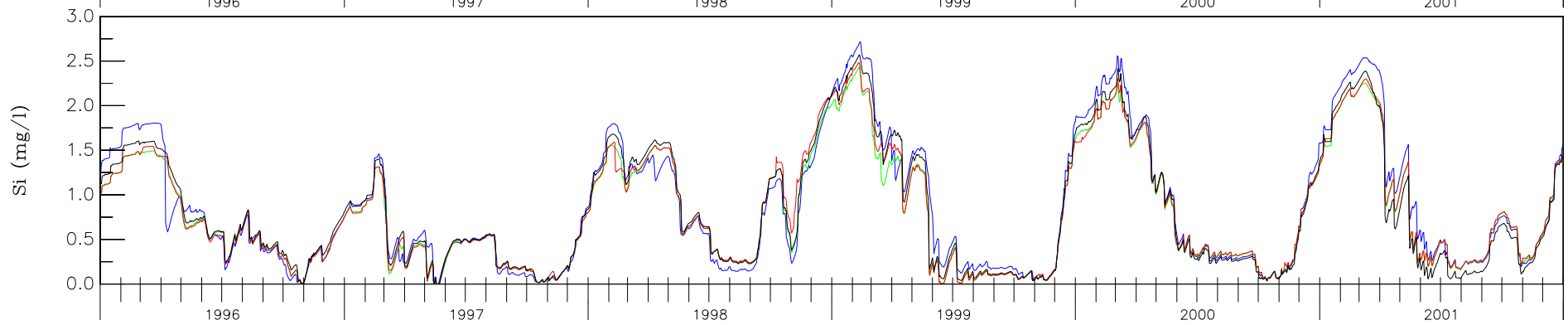
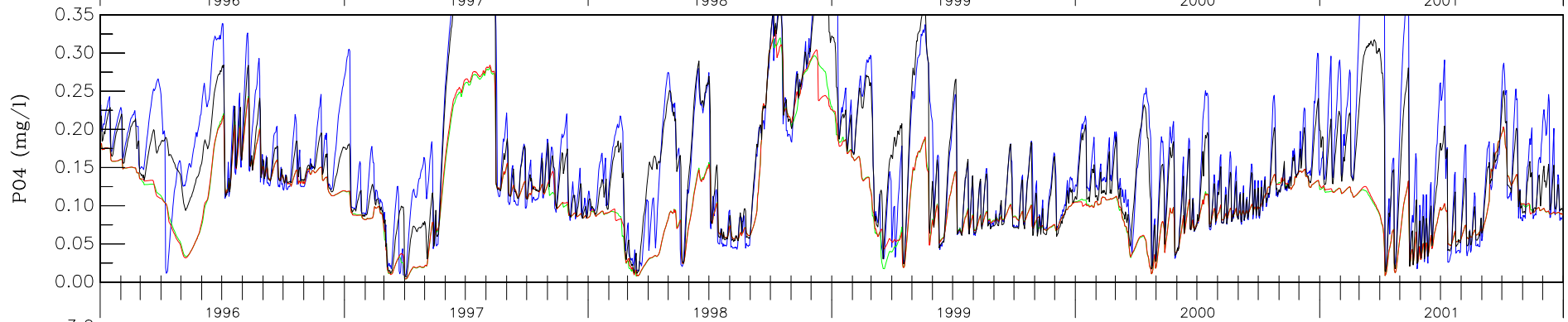
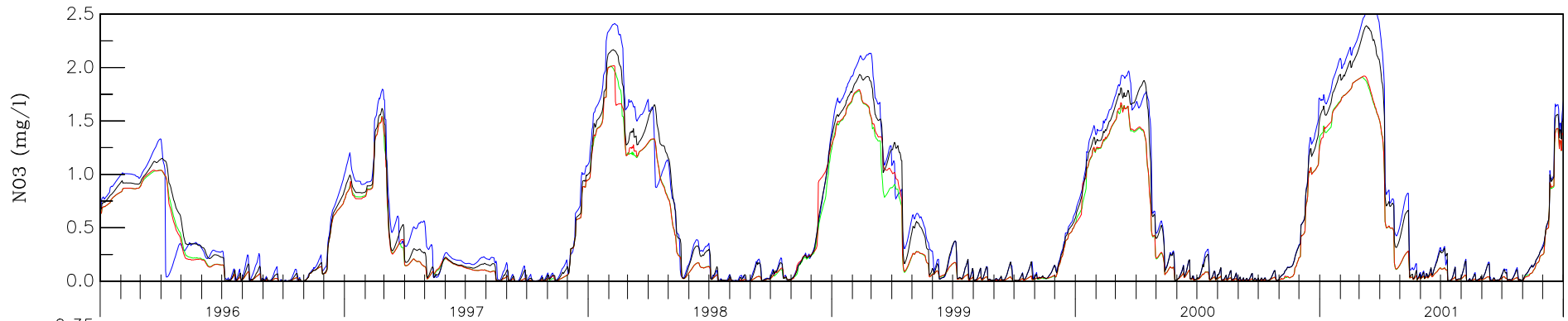




— 0: Huidig peil    — 1: Vast hoog peil    — 2: Vast hoog peil met noodpeil    — 3: Laag winterpeil met noodpeil

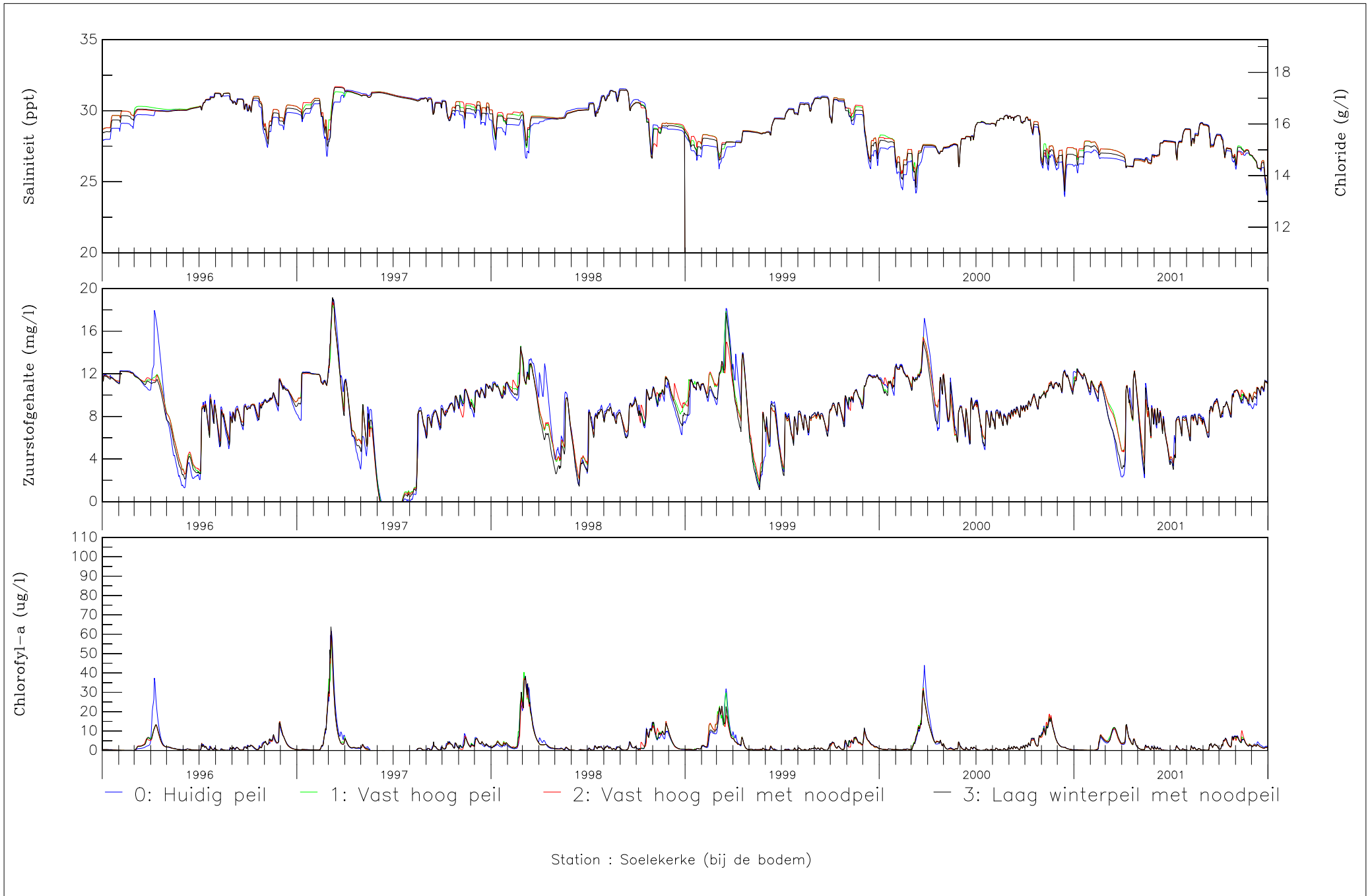
Station : Soelekerke (bij het wateroppervlak)

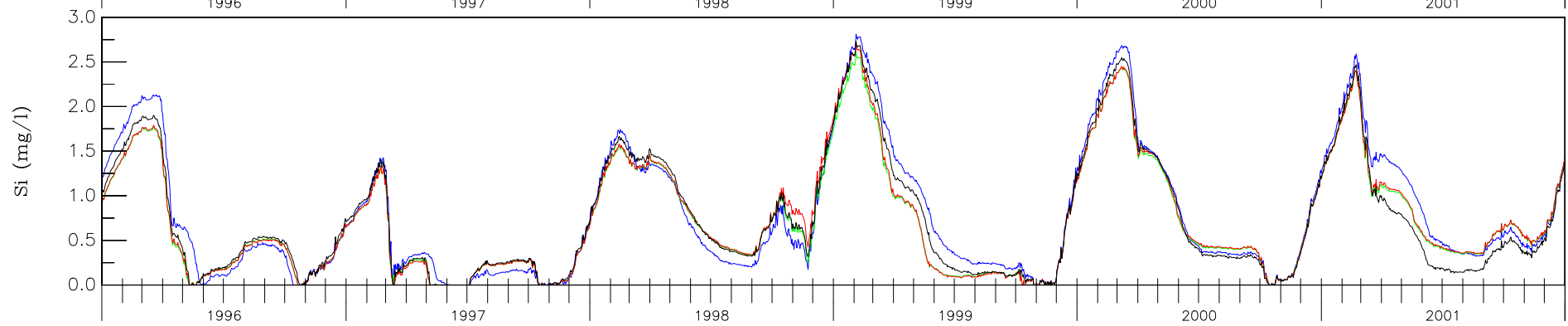
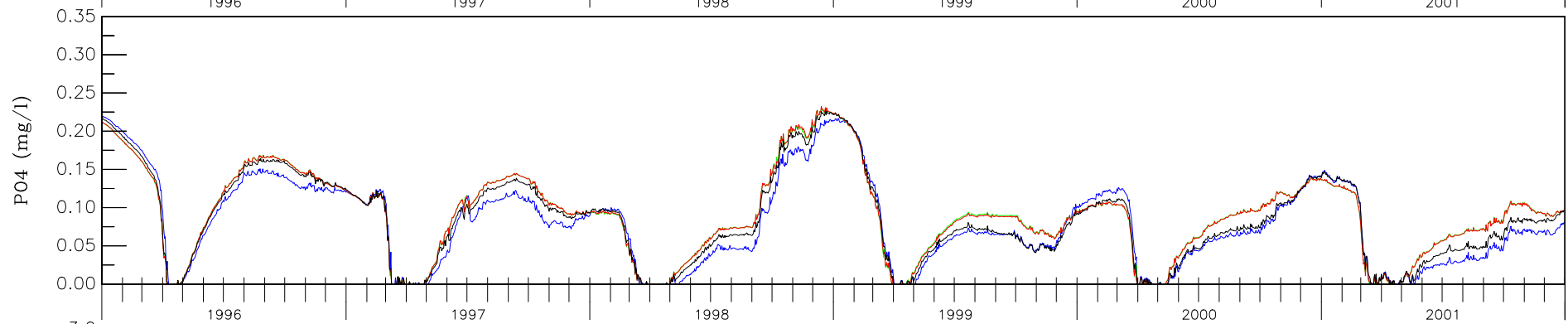
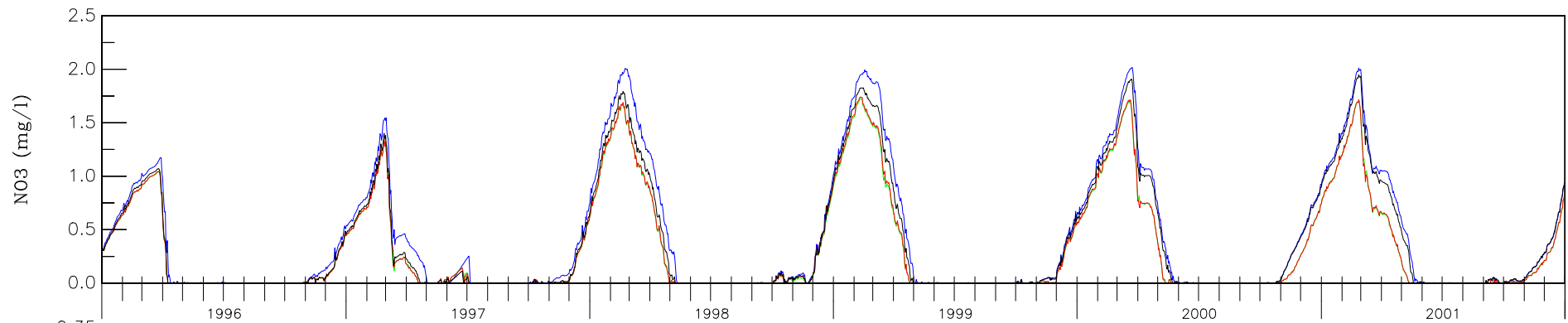




— 0: Huidig peil    — 1: Vast hoog peil    — 2: Vast hoog peil met noodpeil    — 3: Laag winterpeil met noodpeil

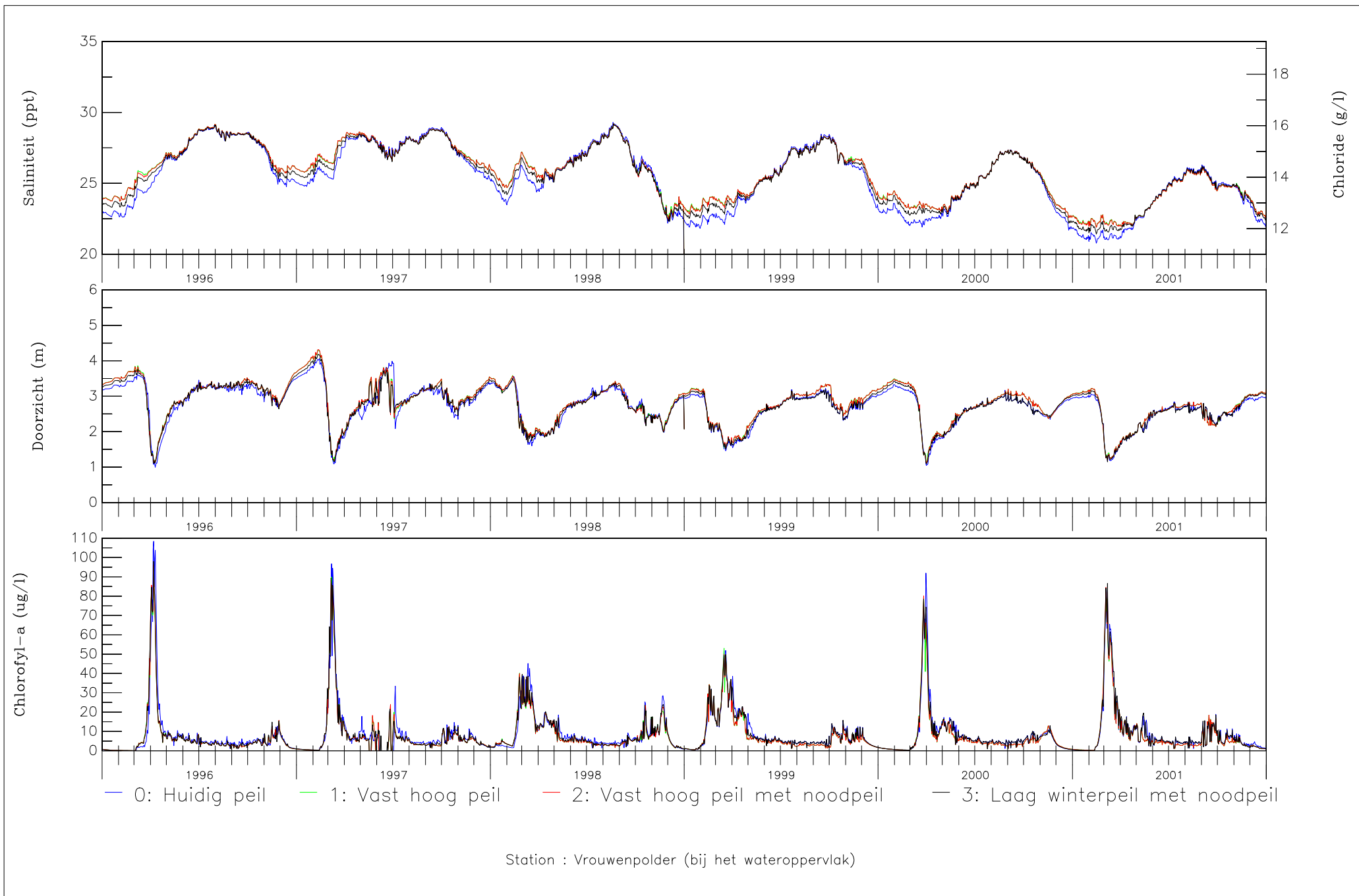
Station : Soelekerke (bij de bodem)



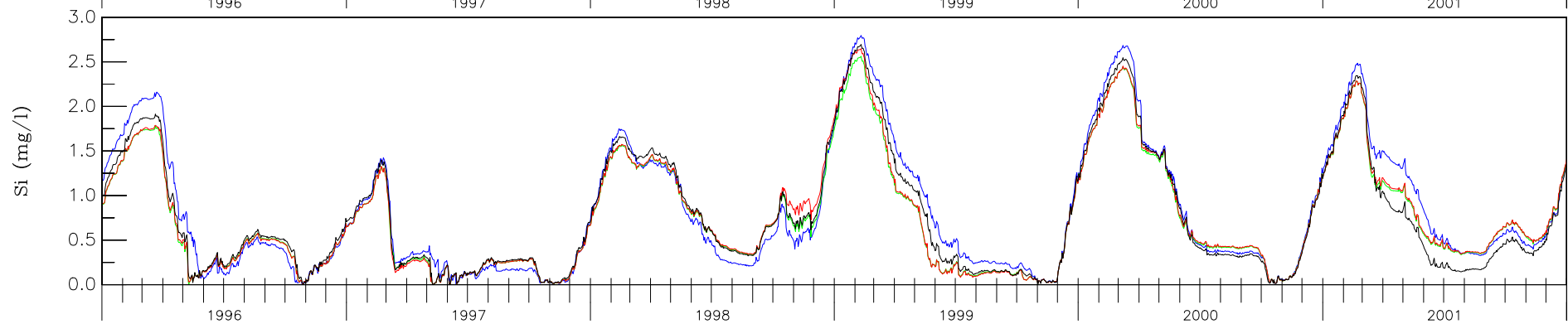
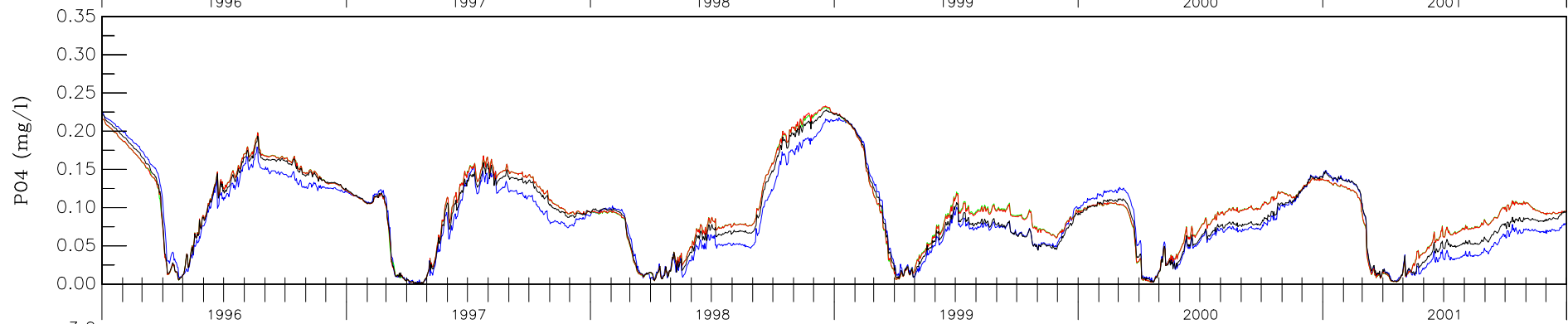
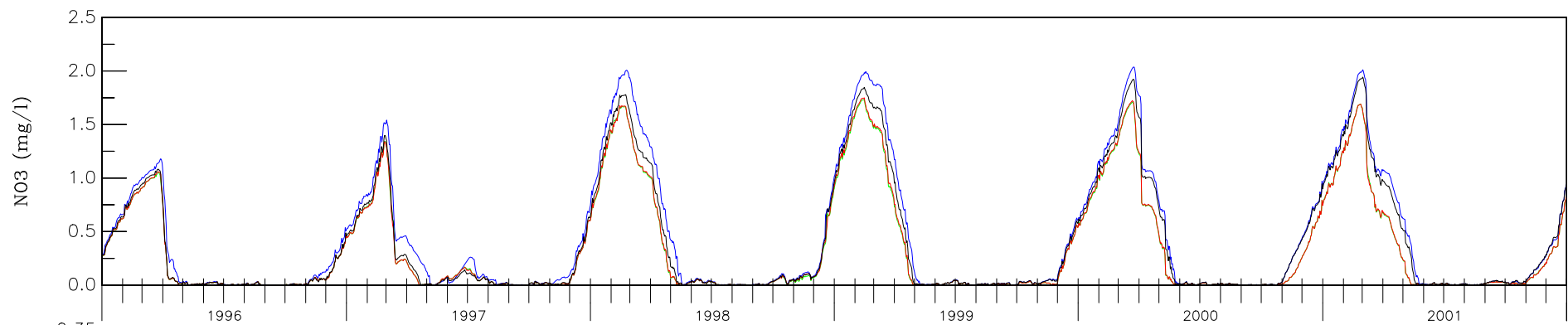


— 0: Huidig peil    — 1: Vast hoog peil    — 2: Vast hoog peil met noodpeil    — 3: Laag winterpeil met noodpeil

Station : Vrouwenpolder (bij het wateroppervlak)

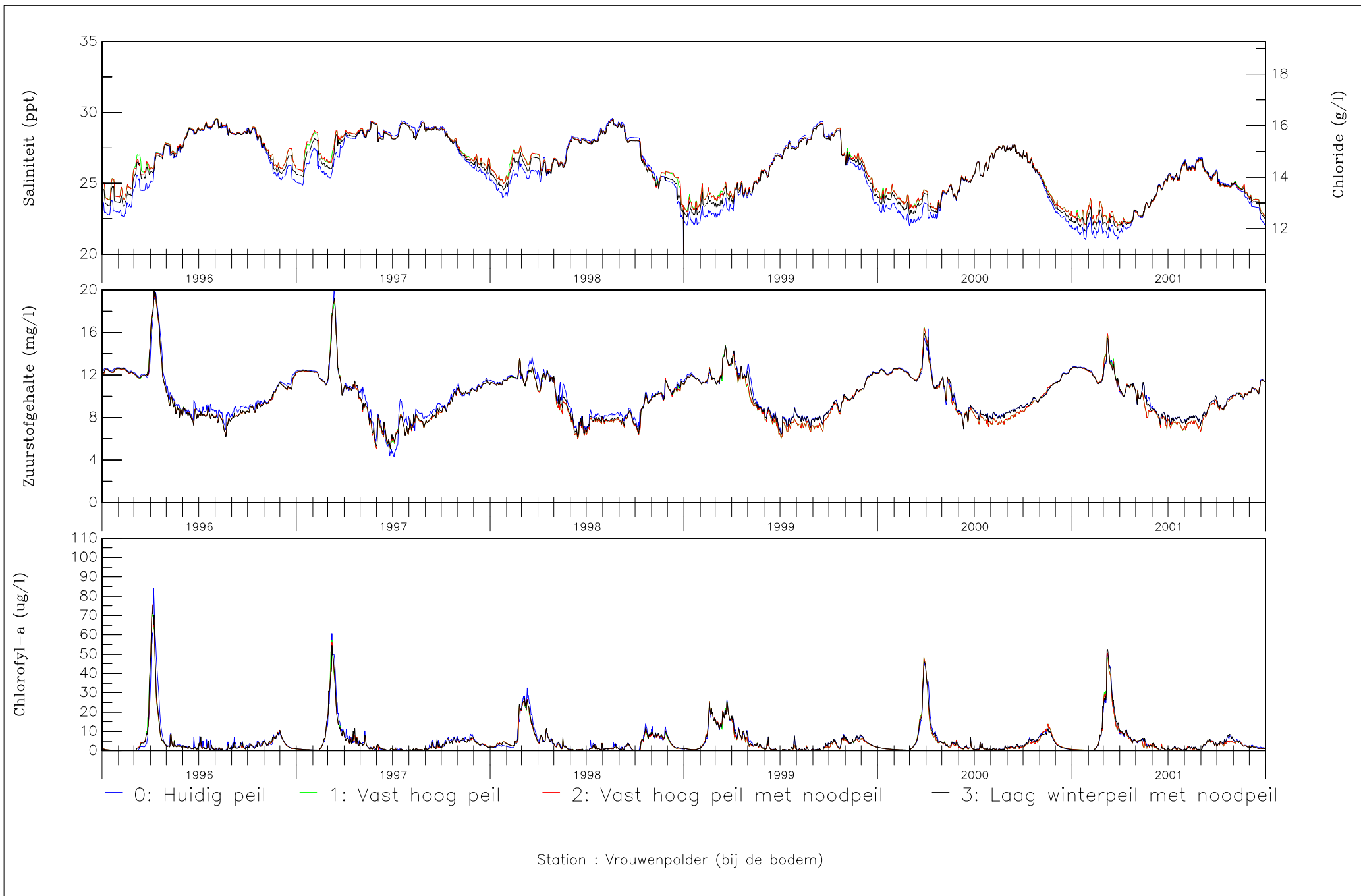


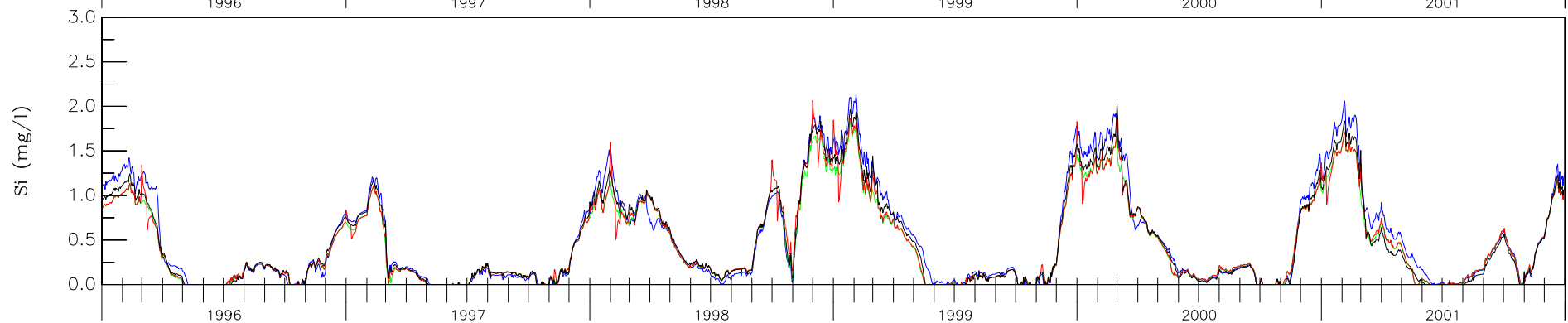
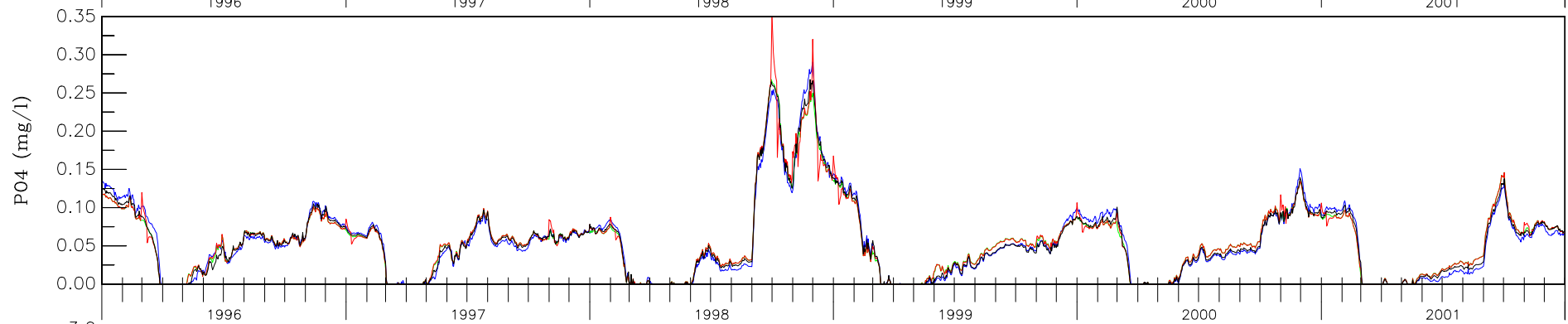
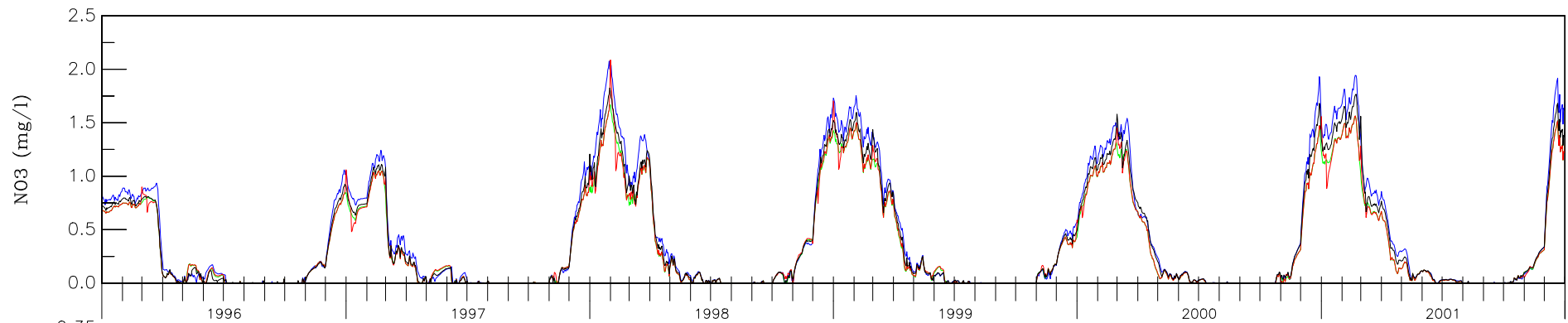




— 0: Huidig peil    — 1: Vast hoog peil    — 2: Vast hoog peil met noodpeil    — 3: Laag winterpeil met noodpeil

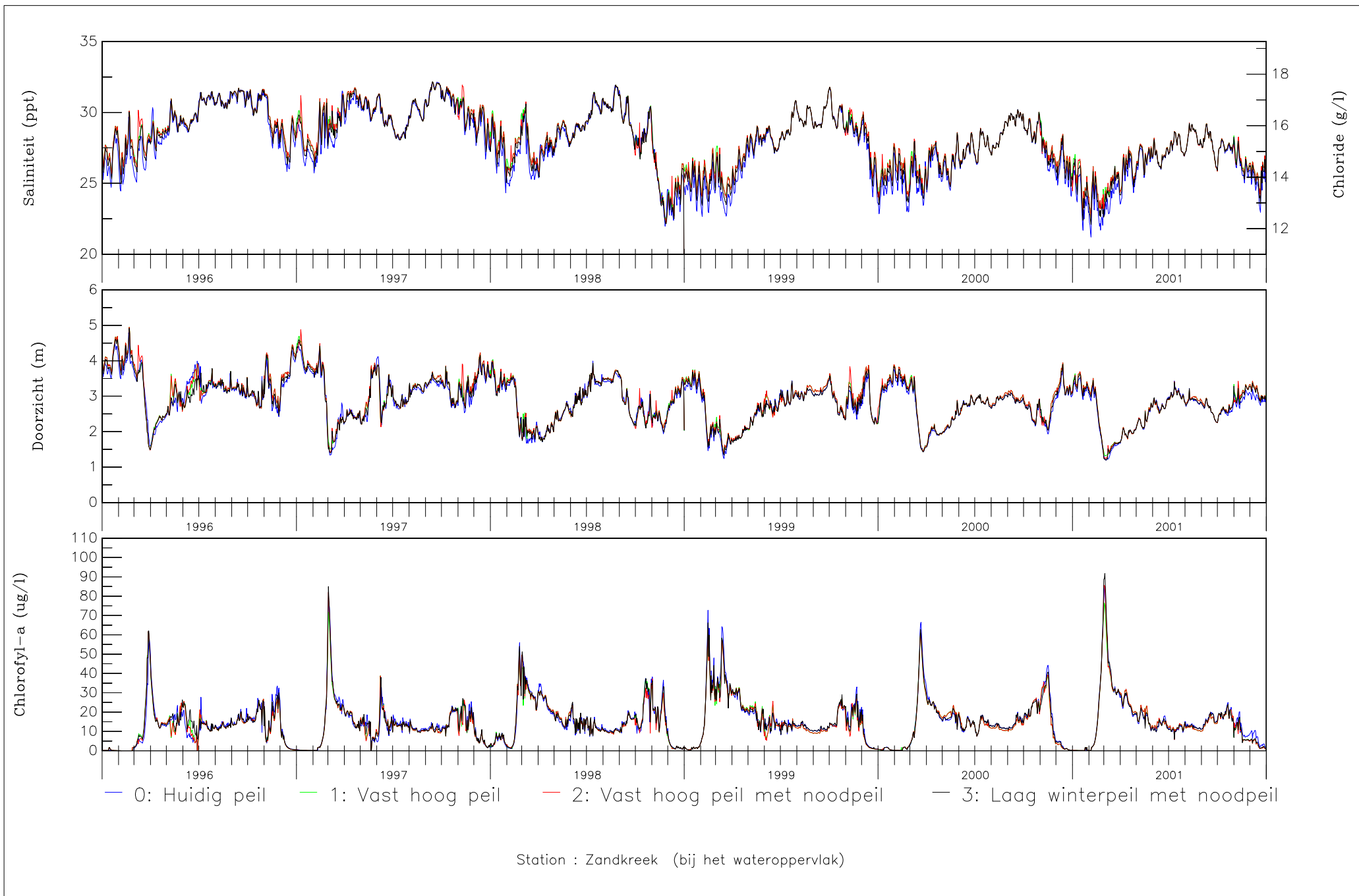
Station : Vrouwenpolder (bij de bodem)

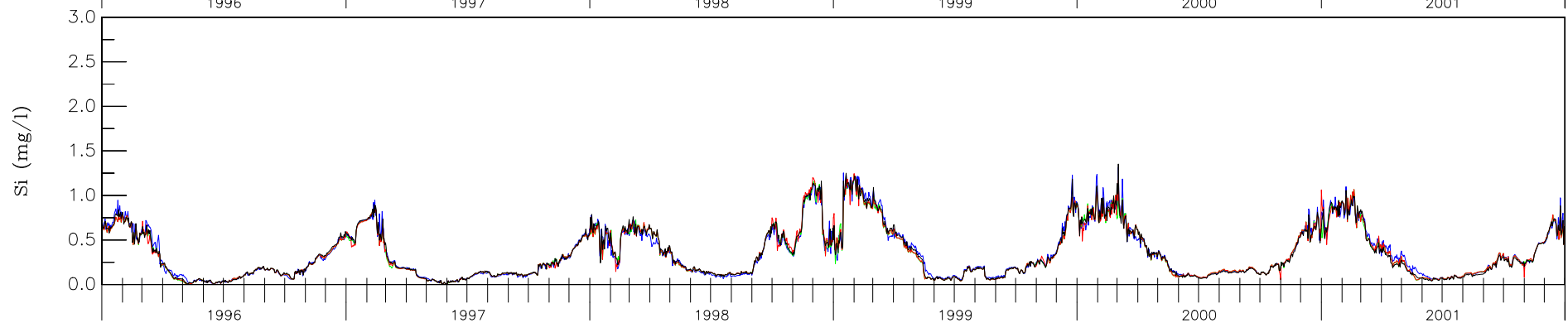
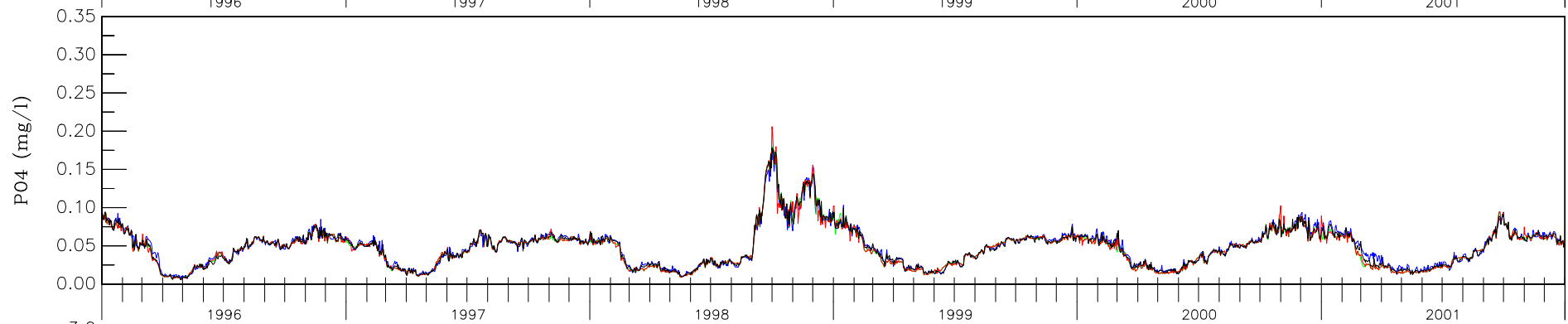
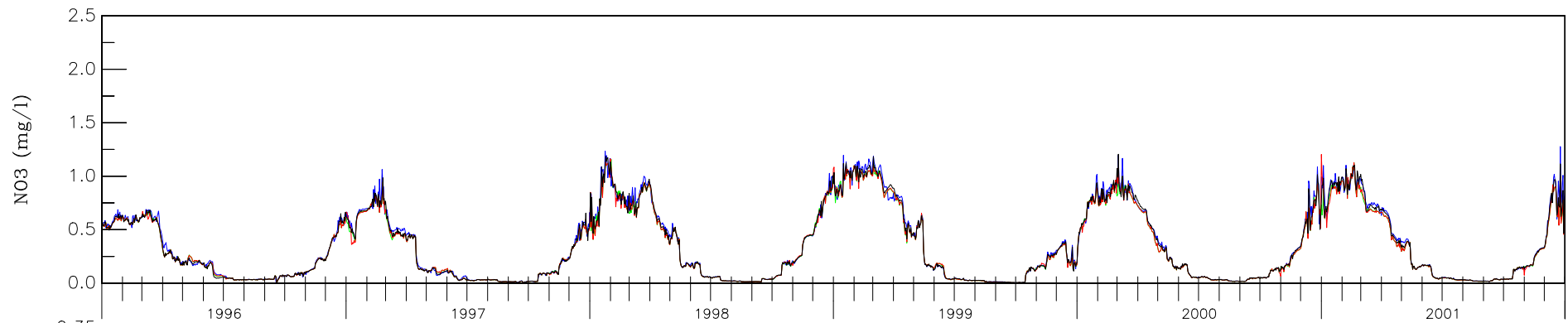




— 0: Huidig peil    — 1: Vast hoog peil    — 2: Vast hoog peil met noodpeil    — 3: Laag winterpeil met noodpeil

Station : Zandkreek (bij het wateroppervlak)





— 0: Huidig peil    — 1: Vast hoog peil    — 2: Vast hoog peil met noodpeil    — 3: Laag winterpeil met noodpeil

Station : Zandkreek (bij de bodem)

