



Grevelingenmeer: meer kwetsbaar?

Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008-2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998

Datum 7 januari 2011
Status Definitief



Grevelingenmeer: meer kwetsbaar?

Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008-2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998

Datum	7 januari 2011
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	RWS Waterdienst
Informatie	L.P.M.J. Wetsteijn
Telefoon	06-11539817
Fax	
Uitgevoerd door	L.P.M.J. Wetsteijn
Opmaak	L.P.M.J. Wetsteijn
Datum	7 januari 2011
Status	Definitief
Versienummer	

Piet Lievense	Uitwerking GTSO-metingen en debietmetingen Brouwerssluis.
Geert den Hartog	Opwerken DONAR-gegevens naar figuren, trendanalyses en kaartfiguren.
Bert Bellert	Beschikbaar stellen gegevens Landelijke Emissie Registratie.
Kees Schefferlie	Beschikbaar stellen schutgegevens van de Grevelingensluis.
Foto omslag	Trudy Leerschoon, Natuur- en Recreatieschap De Grevelingen.

Wetsteijn, L.P.M.J., 2011. Grevelingenmeer: meer kwetsbaar?
Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008-2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998.
RWS Waterdienst, Lelystad.

Inhoud

1	Samenvatting 7
2	Inleiding 15
3	Gebiedsbeschrijving en beheer 17
4	Meteo 21
5	Waterhuishouding 23
5.1	Waterpeil 23
5.2	Belastingen en onttrekkingen 24
6	Waterkwaliteit 33
6.1	Watertemperatuur 34
6.2	Saliniteit 35
6.3	Zuurstofgehalte 36
6.4	pH 37
6.5	Doorzicht 38
6.6	Nutriënten (opgelost en particulier) 39
6.7	DOC 47
6.8	POC 48
6.9	Zwevend stof 49
6.10	Jaargemiddelden 50
6.11	Vergelijking Dreischor met Scharendijke en Herkingen 50
7	Stratificatie en zuurstofdeficiëntie 59
7.1	Resultaten GTSO-metingen 60
7.1.1	Transectmetingen 61
7.1.2	Putoverzichten 63
7.1.3	% zuurstofloos bodemoppervlak 66
7.1.4	Aantal zuurstofloze dagen 70
7.1.5	Diepte waar vanaf zuurstofloos 76
7.1.6	Consequenties van het gewijzigde spuibeheer 78
8	Biologie 85
8.1	Fytoplankton 85
8.1.1	Bemonstering 85
8.1.2	Chlorofyl-a 86
8.1.3	Fytoplankton dynamiek 87
8.1.4	Nutriëntenbeperking 89
8.1.5	Fytoplankton en KRW 93
8.2	Macroalgen 93
8.3	Zeegras 94
8.3.1	Opkomst en ondergang 95
8.3.2	Oorzaken voor afname 96
8.3.3	Zeegras, MWTL en KRW 97
8.3.4	Toekomstverwachting 98

8.4	Organismen van het zachte substraat	98
8.4.1	Monitoring	98
8.4.2	Exoten	111
8.4.3	Effecten van zuurstofloosheid op bodemleven + witte matten	114
8.4.4	Bodemdieren en KRW	116
8.5	Organismen van het harde substraat	116
8.5.1	Monitoring	116
8.5.2	Exoten	117
8.6	Vissen	118
8.7	Vogels	123
8.7.1	Watervogels	123
8.7.2	Kustbroedvogels	129
8.8	Zoogdieren	134
8.8.1	Zeehonden	134
8.8.2	Bruinvis	137
8.8.3	Tuimelaar	137
8.8.4	Noordse woelmuis	137

9 Toetsing aan het beleid 143

9.1	KRW-toetsing	143
9.2	Natura 2000	148

10 Ontwikkelingen 151

10.1	Verkenning en Planstudie Grevelingen	151
10.2	Hevel	151
10.3	KRW-maatregelen	151
10.4	Natura 2000	152

11 Aanbevelingen 153

12 Referenties 155

1 Samenvatting

In deze actualisatie van monitoringsgegevens komt de ontwikkeling aan de orde van een aantal abiotische en biotische variabelen voor het Grevelingenmeer in de periode 1990 t/m 2008 (voor sommige variabelen t/m 2009). Daarbij is vaak onderscheid gemaakt in de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2008-2010. Deze twee perioden markeren het moment dat vanaf 1999 de Brouwerssluis jaarrond openstaat en Grevelingenmeerwater continu uitwisselt met Noordzeewater.

Waterhuishouding

Vanaf het volledig openzetten van de Brouwerssluis gedurende het gehele jaar zijn vanaf 1999 de inlaat- en spuidebieten iets meer dan verdubbeld van gemiddeld 1255×10^6 en -1245×10^6 m³/jaar naar gemiddeld 2864×10^6 en -2688×10^6 m³/jaar. De gemiddelde verversingstijd is daarbij afgenomen van 164 naar 72 dagen.

Het is niet gelukt om een compleet beeld van de polderwaterlozingen (debieten, Ntotaal- en Ptotaal belasting), neerslag, verdamping en afstroming oeverlanden te verkrijgen.

Waterkwaliteit

Een aantal binnen het MWTL-programma gemeten waterkwaliteitsvariabelen aan de oppervlakte van de locatie Dreischor (watertemperatuur, saliniteit, zuurstofgehalte en pH) laten geen speciale trends zien. Het doorzicht laat jaargemiddeld voor de periode 1990 t/m 1998 een significante afname zien van 50 naar 20 dm en voor de periode 1999 t/m 2008 een significante toename van 20 naar 30 dm.

Voor wat betreft de stikstof nutriënten is er jaargemiddeld voor de periode 1990 t/m 2008 een significant dalende trend voor ammonium (van 0.06 naar 0.04 mg/l) en nitriet (van 0.012 naar 0.007 mg/l) en een niet-significante dalende trend voor nitraat. Voor DIN (opgelost anorganisch stikstof = nitriet + nitraat + ammonium) wordt jaargemiddeld voor de periode 1990 t/m 1998 een licht dalende niet-significante trend gevonden.

Voor fosfaat wordt jaargemiddeld voor de periode 1990 t/m 1998 een opvallende sterke en significant dalende trend gevonden (van 0.14 naar 0.05 mg/l) en voor de periode 1999 t/m 2008 een langzamer dalende, maar wel significante trend (van 0.05 naar 0.02 mg/l).

Silicaat laat voor de periode 1990 t/m 2008 jaargemiddeld een significante licht dalende trend zien (van 0.25 naar 0.15 mg/l).

Voor DOC (opgelost organisch koolstof) wordt voor de periode 1990 t/m 2008 een significante licht dalende trend gevonden (van 3.0 naar 2.5 mg/l).

Voor POC (particulair organisch koolstof) was geen trend aanwezig.

Voor zwevend stof wordt jaargemiddeld voor de periode 1990 t/m 2005 geen trend gevonden, de waarden voor de jaren 2006 t/m 2008 zijn systematisch te hoog.

Van een aantal opgeloste en particuliere variabelen (saliniteit, doorzicht, fosfaat, silicaat, POC, zwevend stof en chlorofyl-a) zijn de jaargemiddelden van de oppervlaktewaarden van de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen met gepaarde t-toetsen (tweezijdig) met elkaar vergeleken. Voor alle beschouwde variabelen tezamen geldt dat de jaargemiddelden van de locatie Dreischor goed vergelijkbaar zijn met die van de locatie Herkingen en dat de jaargemiddelden van de locatie Scharendijke niet goed vergelijkbaar zijn met die van de locaties Dreischor en Herkingen. De meest waarschijnlijke oorzaak voor deze verschillen is dat, na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis in 1999, de menging van het oppervlakte water toch vooral beperkt blijft tot het meest westelijke deel van het Grevelingenmeer.

Stratificatie en zuurstofdeficiëntie

Het maximaal percentage oppervlak met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ (en ook $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$) in vak 1 t/m 2 (de twee meest westelijke vakken) is niet significant veranderd in de periode 1999 t/m 2009 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998 in tegenstelling tot de vakken 3 t/m 6 (de meer centrale en oostelijke vakken) waar het bovengenoemde maximaal percentage significant is toegenomen.

Het aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ (en ook $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$) $> 5\%$ bedraagt, is significant afgenomen in vak 1 en 2 en significant zeer toegenomen in vak 3 t/m 6.

In de periode 1999 t/m 2009 is de diepte ten opzichte van NAP – 0.20 m waar vanaf de zuurstofconcentratie $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ (en ook $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$) bedraagt voor de vakken 1 en 2 niet zoveel veranderd, maar voor de vakken 4 t/m 6 komen deze zuurstofloze (zuurstofarme) omstandigheden na 1999 al voor vanaf dieptes tussen 5 en 10 m onder het wateroppervlak.

De zuurstofproblematiek bij de bodem is in de vakken 1 en 2 vanaf 1999 qua tijdsduur verbeterd, maar heeft zich vanaf 1999 als het ware naar de meer centraal en oostelijk gelegen vakken 3 t/m 6 verplaatst. De twee meest slechte jaren voor wat betreft de zuurstofomstandigheden waren 2006 en 2010.

In de periode 1999 t/m 2010 is het beleidsstreven dat niet meer dan 5% van het bodemoppervlak zuurstofloos wordt slechts in 5 van de 12 jaar (42%) gehaald. In de periode 1990 t/m 1998 werd dit beleidsstreven nog in 8 van de 9 jaar (89%) gehaald. Het is niet bekend hoe de situatie ten aanzien van zuurstof zich in de noordelijke geul en ondiepten heeft ontwikkeld.

Na het jaarrond open zetten van de Brouwerssluis was er tijdens de jaren 1999 t/m 2002 geen temperatuursstratificatie meer en in de jaren 2003 t/m 2009 een veel minder sterke temperatuursstratificatie in de diepe putten bij Scharendijke en Den Osse. Daardoor bereikte de watertemperatuur van het bodemwater veel hogere waarden dan voor 1999, hetgeen leidde tot hogere mineralisatiesnelheden van gesedimenteed materiaal, waardoor de zuurstofconsumptie tijdens de zomer toeneemt.

Door het volledig open zetten van de Brouwerssluis zal er bij grote *Phaeocystis* voorjaarsbloeien in de Voordelta ook veel organisch materiaal in de eerste twee diepe putten kunnen sedimenteren. Het is gebleken dat in de meeste jaren van de jaren met grote *Phaeocystis* voorjaarsbloeien in de Voordelta het maximale percentage oppervlak met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ $> 5\%$ is. Jaren waarin geen grote

voorjaarsbloeien van *Phaeocystis* voorkomen en waarbij het maximale percentage oppervlak met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l} > 5\%$ is blijken extreem warme jaren te zijn geweest, dus de temperatuur blijft bij de ontwikkeling van zuurstofloosheid bij de bodem een belangrijke rol spelen.

Samenvattend lijkt het erop dat het in 1999 ingevoerde spuiregiem geen verbetering van de zuurstof situatie heeft opgeleverd ten opzichte van de periode daarvoor, waarbij het toelaten van sedimentatie en mineralisatie van *Phaeocystis* kolonies, afkomstig uit de Voordelta, de situatie zeker niet heeft verbeterd.

Fytoplankton

Fytoplankton chlorofyl-a wordt bemonsterd op de drie locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen. De chlorofyl-a concentraties (dagwaarden) in de periode 1990 t/m 2008 op de locatie Dreischor varieerden meestal tussen 0.1 en 20 $\mu\text{g/l}$; de jaargemiddelde concentraties tussen 2.5 en 12 $\mu\text{g/l}$.

Het verloop in de fytoplanktensamenstelling in de periode 1990 t/m 2008 is alleen onderzocht in monsters van de locatie Dreischor. Het verloop van de aantallen dinoflagellaten, diatomeeën en overige soorten laat zien dat de aantallen in de periode 1990 t/m 1999 lager zijn dan in de periode 2000 t/m 2008, vermoedelijk als gevolg van de overgang naar een ander analyserend bureau.

Voor verschillende nutriënten (met name ammonium, fosfaat en silicaat) zijn er significant dalende trends waargenomen. Vanaf 1993 bereikt de molaire N/P-ratio waarden >16 , hetgeen er op duidt dat fosfaat gedurende een deel van het jaar (de laatste jaren februari tot in juni) meer beperkend is voor het fytoplankton dan DIN (opgelost anorganisch stikstof). Uit een nadere analyse van de nutriënten concentraties in vergelijking met de halfverzadigingswaarden voor nutriëntenopname door natuurlijke fytoplankton populaties blijkt dat DIN en silicaat nog steeds beperkend kunnen zijn in het voorjaar en zomer, maar ook dat fosfaat in de maanden februari tot in juni mogelijk steeds meer het meest beperkende nutriënt is geworden voor fytoplankton. Er zijn evenwel nog geen waarneembare effecten op de chlorofyl-a concentraties en fytoplankton aantallen waar te nemen, mogelijk als gevolg van de snelle turnover snelheid van nutriënten (het door bepaalde processen weer snel voor fytoplankton beschikbaar komen van nutriënten) waardoor de primaire productie vanuit een kleine hoeveelheid nutriënten blijft gehandhaafd.

Macroalgen

Onderzoek naar het voorkomen van macroalgen in het Grevelingenmeer is in de periode 1989 t/m 2007 uitgevoerd. De voormalige zeegrasvelden worden nu bedekt door uitgebreide velden van macroalgen, voornamelijk groenwieren, waaronder zeesla, en rood- en bruinwieren. De aanwezigheid van veel zeesla kan ook leiden tot stankproblemen op recreatiestranden en achter oeververdedigingen en bij de afbraak van afgezonken zeesla ook tot een grotere zuurstofvraag bij de bodem.

Zeegras

Na de aanleg van de Grevelingendam in 1964 ontwikkelde zich in het oostelijk deel een populatie van Groot zeegras. Na de aanleg van de Brouwersdam nam de oppervlakte van de zeegrasvelden vanuit het oosten explosief toe. Op het hoogtepunt bedroeg de bedekking met Groot zeegras ruim 4600 ha in 1978 en in

1989 was de bedekking afgenomen tot ruim 1500 ha. Daarna ging het snel bergafwaarts en vanaf 2000 is het Groot zeegras uit het Grevelingenmeer verdwenen.

De waarschijnlijke oorzaak voor de achteruitgang en het verdwijnen van het Groot zeegras uit het Grevelingenmeer is de combinatie van hoge saliniteit en fosfaatlimitatie in een laagdynamisch milieu.

De toekomstverwachting is dat het Groot zeegras alleen bevorderd zal worden bij terugkeer van de oorspronkelijke estuariene condities, of wanneer herintroductie programma's worden uitgevoerd met allochtone zeegrastypes die minder gevoelig zijn voor hoge saliniteiten.

Organismen van het zachte substraat

Vanaf 1990 worden bodemdieren van het zachte substraat in het Grevelingenmeer tweemaal per jaar (voorjaar en najaar) op verschillende diepte strata bemonsterd in twee deelgebieden (westelijk en oostelijk plot). In de periode 1990 t/m 2008 komen bodemdieren vooral voor tot een diepte van 12.5 meter.

Het aantal waargenomen soorten in de periode 1990 t/m 2008 varieert in het westelijk deel tussen 50 en 75 en in het oostelijk deel tussen 35 en 65.

De aantallen dieren/m² in het westelijk deel en oostelijk deel op de verschillende diepte strata verschillen over het algemeen niet zo veel van elkaar. Het aantal dieren/m² op diepte 0-2 m bedraagt in het westelijk en oostelijk deel over het algemeen < 5000 dieren/m². Op diepte 2-6 m is het aantal dieren/m² in het westelijk en oostelijk deel groter en bereikt soms waarden tot 20000 dieren/m². Voor diepte 0-45 m zijn de aantallen in het westelijk deel over het algemeen < 10000 dieren/m² en in het oostelijk deel < 5000 dieren/m². In het voorjaar van 1994 is er een enorme broedval van het Muiltje. Over het algemeen zijn de trends in het westelijk en oostelijk deel licht dalend.

Er zijn wel verschillen in biomassa tussen de verschillende dieptestrata en tussen het westelijk en het oostelijk deel. In termen van biomassa is deze in het westelijk en oostelijk deel op diepte 0-2 m en diepte 2-6 m min of meer constant in de periode 1990 t/m 1998/1999. De gemiddelde biomassa in de periode 1990 t/m 1998 (voorjaars- en najaarswaarden samengenomen) op 0-2 m bedraagt 59 g adw/m² en in het oostelijk deel 31 g adw/m². Op 2-6 m bedraagt de gemiddelde biomassa in de periode 1990 t/m 1999 (voorjaars- en najaarswaarden samengenomen) 139 g adw/m² en in het oostelijk deel 75 g adw/m². In de jaren daarna is er een sterk dalende trend, met name in het westelijk deel. De biomassa op diepte 0-45 m in het westelijk en oostelijk deel volgt in grote lijnen deze trends. Het is nog steeds onopgelost waarom de bodemdieren biomassa vanaf 1990 (westelijk deel, 0-2 m) en vanaf 1999 (westelijk deel, 2-6 m) t/m heden een neerwaartse trend laat zien.

De verworming (aantal wormen/aantal wormen + aantal weekdieren) vertoont over de gehele periode 1990 t/m 2008 een significante stijgende trend.

Met behulp van de analyseresultaten van het MWTL biomonitoringsprogramma uit de periode 1990 t/m 2008, aangevuld met historische gegevens van het NIOO-CEME, is onlangs een omvangrijke analyse van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse Delta gemaakt. In het Grevelingenmeer zijn 18 (vermeende) soorten exoten aangetroffen. Van deze soorten worden voor het Grevelingenmeer de schelpdiersoorten Muiltje, Japanse oester, Amerikaanse zwaardschede en Strandgaper als invasief gezien. Over de periode 1990 t/m 2008 is er voor de inheemse soorten en exoten geen significante toe- of afname gevonden in het aantal dieren/m². Voor de biomassa van inheemse soorten en exoten wordt er in

de tweede helft van bovengenoemde periode een significante afname gevonden. Het aantal soorten per monster is voor zowel de inheemse soorten als de exoten vanaf 1999 significant toegenomen. Voor het Grevelingenmeer blijkt dat in de huidige situatie zo'n 23% van de aantallen en 70% van de biomassa uit exoten bestaat. Voor wat betreft de slakken wordt in het Grevelingenmeer de biomassa elk jaar voor vrijwel 100% bepaald door het Muiltje.

Organismen van het harde substraat

Monitoring van hard substraat organismen in het Grevelingenmeer vormt geen onderdeel van de MWTL-monitoring. Na 2001 t/m heden worden de hard substraat levensgemeenschappen op vier locaties in het Grevelingenmeer (Scharendijke, Den Osse, Dreischor en Ouddorp) nog wel gemonitord door een ecologisch bureau, maar een analyse van gegevens van na 2001 heeft niet plaatsgevonden. Er blijkt wel een verarming van de hard substraat levensgemeenschappen te zijn opgetreden. Onder de hard substraat organismen in het Grevelingenmeer bevinden zich vele exoten (wieren, Japanse oesters en zakpijpen).

Vissen

Gedurende het winterhalfjaar 2007-2008 (december 2007 (pilot) en maart 2008) zijn actieve visstandbemonsteringen uitgevoerd met een boomkor. In 2008 werd bemonsterd op 23 trajecten met een standaardtrek van 1000 meter. In 2007 werden 27 vissoorten en in 2008 waren dat er 23. De in aantal belangrijkste soorten behoren tot de grondels (Dikkopje en Zwarte grondel) en platvissen (Schol, Tong en Schar). In termen van biomassa zijn Schol (0.98 kg/ha) en Tong (0.68 kg/ha) de belangrijkste soorten, maar ook Dikkopje (0.42 kg/ha) en Zwarte grondel (0.34 kg/ha) hebben een belangrijk aandeel in de biomassa. Uit de lengte-frequentie verdeling van Schol, Schar en Tong gezamenlijk blijkt dat 41% behoort tot de lengteklasse 5-10 cm, 46% tot de lengteklasse 11-15 cm en 10% tot de lengteklasse 16-20 cm. Een vergelijkbaar beeld werd verkregen bij de laatste boomkorbemonstering in 1994. Mogelijk vormt het Grevelingenmeer vooral een opgroeigebied voor de genoemde platvissoorten.

Watervogels

De stand van zaken met betrekking tot de watervogels is bijgewerkt t/m het seizoen 2008/2009. Voor de voedselgroepen binnen de watervogels zijn de volgende trends waargenomen:

Viseters van open water: Voor de periode 2004/2005 t/m 2007/2008 is het aantal vogeldagen stabiel. Binnen deze groep bleef de index voor de Middelste zaagbek constant, de index voor de Fuut is na 1998 en de index voor de Aalscholver is na 1997 meer dan gehalveerd. Het aantal vogeldagen voor de viseters van open water werd echter volledig gecompenseerd door een toename van de index voor de Geoorde fuut.

Viseters van ondiep water: Voor deze groep (reigers en Lepelaar) is het gemiddeld aantal vogeldagen stabiel vanaf 2000/2001 t/m 2007/2008.

Planteneters: In termen van vogeldagen vormen de planteneters (zwanen, ganzen en grondeleenden) de belangrijkste groep. In de periode 2000/2001 t/m 2007/2008 bleef het aantal vogeldagen stabiel op een hoog niveau.

Bodemdiereters open water: De trend voor de bodemdiereters van open water (duikeenden en Brilduiker) is vanaf 1987/1988 t/m 2007/2008 afnemend en het gemiddeld aantal vogeldagen bedraagt tegenwoordig nog maar ééndertig van het gemiddeld aantal vogeldagen in de periode 1987/1988 t/m 1991/1992. De index voor de Brilduiker is de laatste twee seizoenen stabiel, maar wel op een lagere waarde dan in de periode voor 2004.

Bodemdiereters oevers: De trend voor de bodemdiereters van oevers (Goudplevier, Kievit, Bergeend, Scholekster, Bonte strandloper en Wulp) is vanaf 1994/1995 t/m 2004/2005 golvend en toenemend en na 2004/2005 stabiliseerde het gemiddeld aantal vogeldagen zich, maar wel op een wat lager niveau.

Kustbroedvogels

De stand van zaken met betrekking tot de kustbroedvogels is bijgewerkt t/m 2009. Voor het aantal broedparen van de verschillende kustbroedvogels zijn de volgende trends waargenomen:

Kluut, Bontbekplevier, Kleine plevier en Strandplevier: Voor de Kluut is er ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 een lichte toename tot 333 broedparen in 2008 en 324 broedparen in 2009. Ook voor de Bontbekplevier is er ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 een lichte toename tot 31 broedparen in 2008 en 28 broedparen in 2009. De Kleine plevier is met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld slechts 4 broedparen geen belangrijke soort voor het Grevelingenmeer. In de jaren 2006 t/m 2008 vormde de Strandplevier met gemiddeld 78 broedparen 45% van de populatie in de zoute Delta en is daarmee een bolwerk in de zoute Delta. In 2009 bedroeg het aantal broedparen in het Grevelingenmeer 63, daarmee een stabiele trend aangevend.

Zwartkopmeeuw en Kokmeeuw: De Zwartkopmeeuw was in de jaren 2006 t/m 2008 aanwezig met gemiddeld 4 paar; in 2009 bedroeg het aantal broedparen 9. De Kokmeeuw is enorm afgenomen van 6200 tot 8200 broedparen in de periode 1979 t/m 1990 tot 494 broedparen in 2008 en 571 broedparen in 2009.

Stormmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw en Grote mantelmeeuw: Vanaf 1979 is het aantal broedparen Stormmeeuw in het Grevelingenmeer toegenomen tot in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 289 paar, daarmee 49% van de populatie in de zoute Delta vormend; in 2009 nam het aantal broedparen af tot 227. De Kleine mantelmeeuw is vanaf 1999 snel toegenomen tot in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 836 paar; in 2009 bedroeg het aantal broedparen 765. Vanaf 2003 t/m 2009 schommelt het aantal broedparen Zilvermeeuw tussen 2100 en bijna 2400 paar. De Grote mantelmeeuw broedt pas sinds 1999 in het Grevelingenmeer; het aantal broedparen is daarna gestaag toegenomen tot 9 in 2008 en 12 in 2009.

Grote stern, Visdief, Noordse stern en Dwergstern: De Grote stern heeft lange tijd in grote aantallen in het Grevelingenmeer gebroed met in de periode 1979 t/m 2004 aantallen tussen 2500 en 4700 paar. In de periode 2005 t/m 2009 waren er geen broedgevallen van de Grote stern, met uitzondering van 1 broedpaar in 2006. Vanaf 1984 tot eind jaren negentig bedroeg het aantal broedparen Visdief ongeveer 400; in de jaren 2006 t/m 2008 broedden er gemiddeld 857 paar en in 2009 waren er 872 broedparen. De Noordse stern vormde in de jaren 2006 t/m 2008 met gemiddeld 46 paar 61% van de populatie in de zoute Delta; in 2009 steeg het aantal broedparen tot 59. Het aantal broedparen Dwergstern neemt vanaf 2001 vanaf ongeveer 40 toe tot gemiddeld 190 paar in de jaren 2006 t/m 2008 en vormt daarmee 40% van de populatie in de zoute Delta; in 2009 nam het aantal broedparen weer flink af tot 152.

Zoogdieren

Sinds 2008 verblijven er permanent 15 zeehonden in het Grevelingenmeer, 12 Gewone zeehonden en 3 Grijszee zeehonden. In de Voordelta, met name in de mondingsgebieden voor het Grevelingenmeer en het Haringvliet komen grote aantallen van beide soorten zeehonden voor.

Vanaf 2007 zijn er meerdere meldingen van een Bruinvis en een (waarschijnlijke) waarneming van 4 tuimelaars in het Grevelingenmeer.

In de jaren negentig werd de Noordse woelmuis aangetroffen op Schouwen-Duiveland, zowel in inlagen als verder in de polder, en op Goeree-Overflakkee, vooral langs zeedijken langs het Grevelingenmeer. In 1997 werd de Noordse woelmuis op de eilanden Stampersplaat, Dwars in den Weg, Hompelvoet, Archipel, Ossehoek en Markenje in inloopvallen aangetroffen. De Brouwersdam en de Grevelingendam vormen geen ideale verbindingroute voor de Noordse woelmuis. De Noordse woelmuis weet zich op een aantal eilanden in het Grevelingenmeer goed te handhaven, maar komt op sommige eilanden marginaal voor of staat daar zelfs op het punt te verdwijnen.

KRW-toetsing

Uit een KRW-toetsing zoals beschreven in het Brondocument over 2009 blijkt dat ten aanzien van de chemische waterkwaliteit op het meetpunt Dreischor geen normoverschrijding door prioritair stoffen plaatsvindt, dat van de overige relevante stoffen tetrabutyltin niet aan de norm voldoet en dat een aantal prioritair stoffen zijn aangemerkt als aandachtstof. Het resultaat van de toetsing van fysisch-chemische parameters (o.a. zuurstof) is dat deze voldoen aan het GEP (Goed Ecologisch Potentieel). Uit de toetsing van de ecologische kwaliteit blijkt dat van de kwaliteitselementen fytoplankton ruim voldoet aan het GEP, macrofauna en vis voldoen bijna en de kwaliteit voor macrofyten is slecht als gevolg van de afwezigheid van zeegras.

Natura 2000

Omdat voor vier soorten broedvogels (Kluut, Bontbekplevier, Strandplevier en Visdief) de regio-doelen (nog) niet gehaald zijn, zijn en worden maatregelen uitgevoerd (kustbroedvogelbeheer) dan wel extra maatregelen genomen (peilbeheer).

2 Inleiding

Het laatste bekkenrapport, waarin een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen in het functioneren van het Grevelingenmeer voor de periode 1996 t/m 2001 wordt beschreven, dateert uit 2002 (Hoeksema, 2002). In de daaraan voorafgaande bekkenrapporten worden de ontwikkelingen in de perioden 1990 t/m 1995 (Wattel, 1996) en 1980 t/m 1989 (Holland, 1991) beschreven. Van de jaren na 2001 zijn wel gegevens beschikbaar, maar nog nauwelijks ontsloten en een (eerste) analyse/synthese van veel gegevens heeft daarom nog niet plaatsgevonden.

Ondanks het feit dat in voorgaande bekkenrapporten de ontwikkelingen voor kortere perioden t/m 2001 zijn beschreven is voor deze actualisatie van monitoringsgegevens een wat langere periode als afbakening gekozen, namelijk 1990 t/m 2008-2010. De reden hiervoor is dat in de periode 1990 t/m 1998 de spuisluis in de Brouwersdam gedurende de maanden april t/m september (in principe) gesloten bleef en vanaf april 1999 (in principe) jaarrond open staat met een maximale sluiting van 30 dagen tussen september en december t.b.v. de palingvisserij. Dit ging zo tot in 2005 en vanaf 2006 staat de Brouwerssluis elke maand helemaal open. Het is goed mogelijk dat er als gevolg van een belangrijke wijziging in het sluisbeheer verschillen tussen de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2008/2009 in de ontwikkeling van diverse variabelen worden waargenomen. Voor nader onderzoek naar trends wordt daarom in voorkomende gevallen gekeken naar de perioden 1990 t/m 2008, 1990 t/m 1998 dan wel 1999 t/m 2008/2009.

Vooraf is afgesproken dat, vanwege beschikbaarheid van tijd en menskracht, geen uiterste poging gedaan zal worden om alle gegevens over belastingen en onttrekkingen, met name van poldergemalen (debieten en nutriëntenbelasting), boven water te krijgen.

De waterkwaliteit in het Grevelingenmeer wordt gemonitord binnen het MWTL-programma (MWTL staat voor Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands). De hoofdlocatie is de MWTL-locatie Dreischor (DREISR) en daarnaast zijn ook de regionale meetlocaties Herkingen (HERKGN) en Scharendijke (SCHARDKDPPT) bemonsterd. De locatie Dreischor wordt bemonsterd vanaf 1982, de locatie Herkingen vanaf 1999 en de locatie Scharendijke vanaf 1972 (niet voor alle variabelen en niet voor de periode 1996 t/m 1998). Vanaf 2010 zijn de regionale meetlocaties Herkingen en Scharendijke opgenomen in het MWTL-programma. Voor de gepresenteerde variabelen zijn steeds vanuit de gemeten dagwaarden de maandgemiddelden berekend en vanuit deze maandgemiddelden de jaargemiddelden. Daarbij is niet geïnterpoleerd bij ontbrekende waarden. Op de genoemde drie locaties is in de waterfase altijd gemonitord aan de oppervlakte en op de locatie Dreischor bij stratificatie ook in de spronglaag en vlak boven de bodem. De meeste aandacht zal uitgaan naar de resultaten van de oppervlakte bemonsteringen op de locatie Dreischor. Daar staat tegenover dat er in het hoofdstuk over stratificatie en zuurstofdeficiëntie veel aandacht is voor de temperatuur, het chloride- en het zuurstofgehalte over de verticaal.

Behalve de waterkwaliteitsvariabelen gemeten in het kader van het MWTL-programma komen in dit rapport ook resultaten uit het GTSO-programma en uit het

MWTL-biomonitoringsprogramma aan de orde. Daarbij zal de nadruk liggen op het ontsluiten van de monitoringsgegevens en niet op het ontdekken van alle causale relaties die aan eventuele veranderingen ten grondslag liggen.

Gegevens over het peilverloop in het Grevelingenmeer zijn afkomstig uit het meetnet ZEGE en zijn on-line beschikbaar op www.hmcz.nl (Waterkwaliteit/Meetnet ZEGE/Ophalen opgetreden data).

De gebruikte MWTL-metgegevens over de waterkwaliteit en de uit deze gegevens afgeleide figuren van dagwaarden en jaargemiddelden, alsmede de gemeten en berekende waarden, zijn op aanvraag beschikbaar bij RWS Waterdienst.

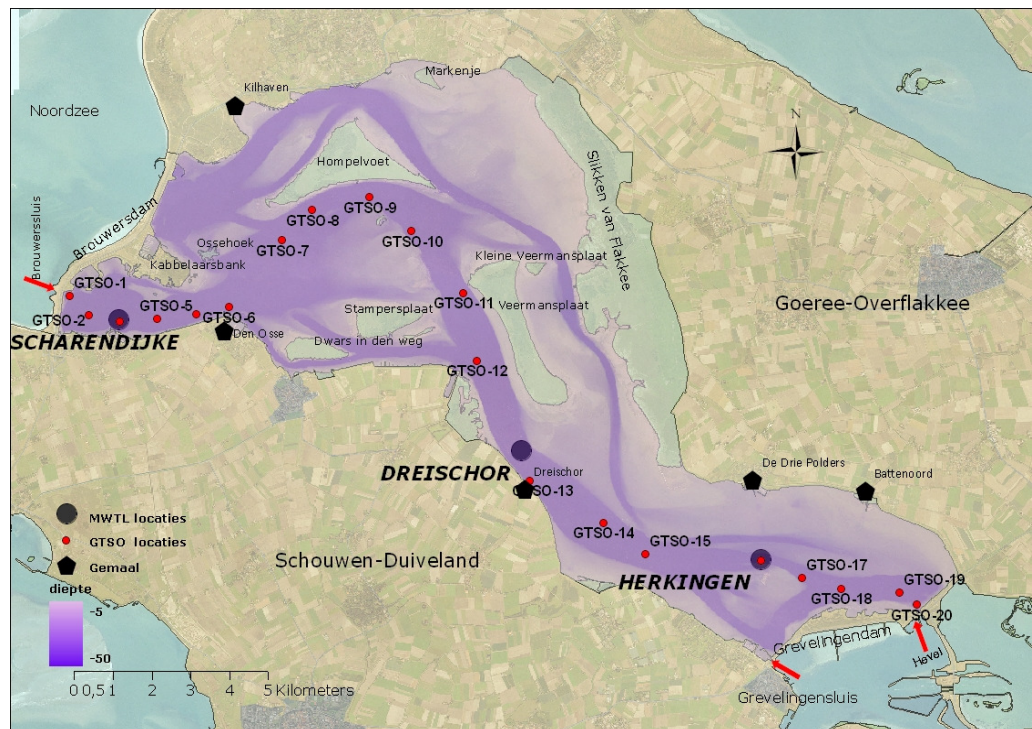
De temperatuur-, chloride- en zuurstofprofielen van de GTSO-metingen voor de periode juni 2008 t/m heden zijn (maar wordt regelmatig bijgesteld) on-line te vinden op www.hmcz.nl (Waterkwaliteit/Temp-zout-zuurstof/Grevelingenmeer). Resultaten van eerdere GTSO-metingen zijn op aanvraag beschikbaar bij RWS Zeeland/RWS Waterdienst. De uit de GTSO-metingen afgeleide putoverzichten zijn niet on-line beschikbaar, maar desgewenst op aanvraag beschikbaar bij RWS Zeeland/RWS Waterdienst.

Van de gebruikte MWTL-biomonitoringsgegevens zijn de gegevens van het fytoplankton en de bodemdieren op aanvraag beschikbaar bij RWS Waterdienst. Voor de watervogels en kustbroedvogels is gebruik gemaakt van bestaande rapporten. Voor de vissen zijn alleen gegevens van december 2007 en maart 2008 beschikbaar en desgewenst op aanvraag beschikbaar bij RWS Waterdienst.

3 Gebiedsbeschrijving en beheer

Na de watersnoodramp in 1953 werden de Deltawateren, met uitzondering van de Westerschelde, afgesloten van de Noordzee. In 1964 werd de Grevelingen aan de landkant door de Grevelingendam afgesloten waardoor het voormalige estuarium geen verbinding meer had met de grote rivieren Rijn en Maas. In 1971 werd de Grevelingen door de aanleg van de Brouwersdam afgesloten van de Noordzee en ontstond het Grevelingenmeer (zie Figuur 3.1). Na de volledige afsluiting van de Noordzee verdween de invloed van het getij en werd menging van de waterkolom voornamelijk windgedreven. Vanaf dat moment wordt het peil op gemiddeld NAP - 0.20 m gehouden, met in latere jaren nuancerings in het peil (zie 5.1 Waterpeil).

Figuur 3.1
Het huidige Grevelingenmeer. Aangegeven zijn de MWTL-locaties, de GTSO-locaties en de vijf op het Grevelingenmeer afwaterende gemalen.



Na 1971 werd het Grevelingenmeer als gevolg van een neerslagoverschot en de lozing van relatief zoet water steeds minder zout (Bannink et al., 1984). Een gevolg daarvan was dat flora en fauna massaal afstierven. De landbouw had echter baat bij een zoetwatermeer, maar toch werd besloten om in de Brouwersdam een spuisluis te bouwen om de uitwisseling met de Noordzee weer mogelijk te maken en het Grevelingenmeer zout te houden. In december 1978 werd de spuisluis in gebruik genomen. Het gehele jaar 1979 stond de spuisluis open om het chloridegehalte in het Grevelingenmeer te verhogen. Vanaf 1980 werd de spuisluis vanaf april t/m september gesloten en in de periode oktober t/m maart geopend om de kans op stratificatie en zuurstofloosheid in de zomer in de diepe putten in het Grevelingenmeer te verminderen. Vanaf dat moment heeft het Grevelingenmeer een stabiel en hoog zoutgehalte. De spuisluis heeft echter een gering effect op menging van de waterkolom (Nolte et al., 2008).

Het waterbeheer van het Grevelingenmeer werd voor de periode 1992 t/m 1996 vastgesteld in Oorthuysen & Iedema (1992). Als criterium voor een duurzaam functionerend Grevelingenmeer wordt daarbij een maximum van 5% zuurstofloos (0 mg O₂/l) bodemoppervlak gehanteerd en hierbij bevindt zich de maatgevende spronglaag op 15 m (Bollenbakker, 1990; Stokman, 1978; Stronkhorst, 1989).

Alvorens een nieuw beheersplan op te stellen is het waterbeheer tot 1997 geëvalueerd (Houtekamer, 1999). Daarbij werden twee wegen bewandeld: 1) een beschrijving van de toestand en 2) een aantal gesprekken met gebruikers en belangstellenden rond het Grevelingenmeer. Voor 1) werd door RWS Zeeland aan RIKZ (Rijksinstituut voor Kust en Zee) gevraagd om een beschrijving van de toestand op te stellen en voor 2) werden twee gespreksrondes gehouden waaraan zo'n 70 mensen hebben deelgenomen (AGV, 1997).

1) leidde tot het bekkenrapport "Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar" (Wattel, 1996), waarin de ontwikkelingen in waterkwaliteit en ecologie in de periode 1990 t/m 1995 werd beschreven. Het bij 2) meest genoemde zorgpunt was dat er te weinig doorspoeling/doorstroming was en de meest genoemde suggestie was "Verleng de openstelling van de Brouwerssluis of stel de sluis zelfs het hele jaar open".

Ten slotte werden 7 beheersalternatieven uit Houtekamer (1999) onderzocht met het model STRESS (Lieveense, 1997), waardoor de inzichten met het proces van stratificatie genuanceerd werden en het jaarrond uitwisselen als een gunstig alternatief werd beschouwd. Het waterbeheersplan voor de periode 1999 t/m 2003 (Houtekamer, 1999) werd op 16 maart 1999 vastgesteld. Vanaf april 1999 staat de spuisluis jaarrond open met een maximale sluiting van 30 dagen tussen september en december op verzoek van de palingvissers, om te voorkomen dat de schieraal het meer uittrekt. Vanaf 2006 echter staat de spuisluis jaarrond open en kan de schieraal naar zee trekken om zich voort te gaan planten.

Het bekkenrapport over de ontwikkelingen in de periode 1996 t/m 2001 (Hoeksema, 2002) en waarnemingen in de jaren 2002 en 2003 gaven al aan dat het Grevelingenmeer achteruit ging. Dit was nog geen aanleiding om het huidige beheer drastisch te veranderen al zouden op onderdelen kleine aanpassingen nodig kunnen zijn (Anonymous, zonder jaartal). Er werd voorgesteld om het huidige beheer te continueren tot 2009 en in 2004 een nadere studie uit te voeren naar een mogelijke optimalisatie van het beheer en mogelijke inzet van de Flakkeese Spuisluis (Anonymous, zonder jaartal).

In november 1984 is in de Grevelingendam het doorlaatmiddel Flakkeese Spuisluis, ook wel de hevel genoemd, in gebruik genomen. De hevel is oorspronkelijk aangelegd om de chloride-gehalten in het Zijpe en de Krabbenkreek in de Oosterschelde bij de sluiting van de Philipsdam in 1986 op een aanvaardbaar niveau te houden. De hevel is sinds 1988 buiten gebruik gesteld.

Via de Grevelingensluis bij Bruinisse is het voor de plezier- en beroepsvaart mogelijk om van het Grevelingenmeer naar de Oosterschelde en andersom te varen (zie Figuur 3.1).

Tabel 3.1 ten slotte geeft informatie over algemene morfometrische gegevens van het Grevelingenmeer.

Tabel 3.1

Algemene morfometrische gegevens van het Grevelingenmeer (Bannink et al., 1984).

Wateroppervlakte (km²)	108
Volume (m³)	*575.10 ⁶
Gemiddelde diepte (m)	5.3
Maximale diepte (m)	48
Lengte (km)	23
Breedte (km)	4 tot 10
Waterniveau (m)	NAP - 0.2

*In de laatste twee bekkenrapportages (Wattel, 1996; Hoeksema, 2002) wordt 557*10⁶ in plaats van 575*10⁶ m³ als volume genoemd en gebruikt bij de berekening van de verversingstijd (zie ook 5.2).

4 Meteo

Voor een interpretatie van de gemeten waarden van diverse variabelen kan het van belang zijn om inzicht in de meteo-gegevens te hebben. Belangrijk in dit opzicht zijn gegevens over instraling en neerslag. In de KNMI Jaaroverzichten van het weer in Nederland (JOW-Bulletins) worden instraling en neerslag gekarakteriseerd door temperatuur, zonneschijn en neerslag, zie Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Karakterisering van het weer in de periode 1990 t/m 2009. Bron: KNMI Jaaroverzichten.

Jaar	Temperatuur	Zonneschijn	Neerslag
1990	Extreem warm	Zonnig	Normaal
1991	Aan de warme kant	Aan de zonnige kant	Droog
1992	Uitzonderlijk warm	Aan de zonnige kant	Ongeveer normaal
1993	Aan de warme kant	Normaal	Nat
1994	Uitzonderlijk warm	Aan de zonnige kant	Zeer nat
1995	Zeer warm	Zeer zonnig	Aan de droge kant
1996	Koud	Zonnig	Zeer droog
1997	Zeer warm	Zeer zonnig	Droog
1998	Zeer warm	Somber	Zeer nat
1999	Extreem warm	Zeer zonnig	Nat
2000	Uitzonderlijk warm	Normaal	Nat
2001	Zeer warm	Zonnig	Zeer nat
2002	Zeer warm	Zonnig	Nat
2003	Warm	Record zonnig	Droog
2004	Warm	Zonnig	Vrij nat
2005	Zeer warm	Zeer zonnig	Normale hoeveelheid
2006	Extreem warm	Zeer zonnig	Vrijwel normale hoeveelheid
2007	Record warm	Zonnig	Nat
2008	Warm	Zeer zonnig	Iets meer dan normaal
2009	Warm	Zonnig	Vrij droog

5 Waterhuishouding

Onder waterhuishouding wordt verstaan de wijze waarop water in een bepaald gebied wordt opgenomen, zich verplaatst en gebruikt, verbruikt en afgevoerd wordt.

5.1 Waterpeil

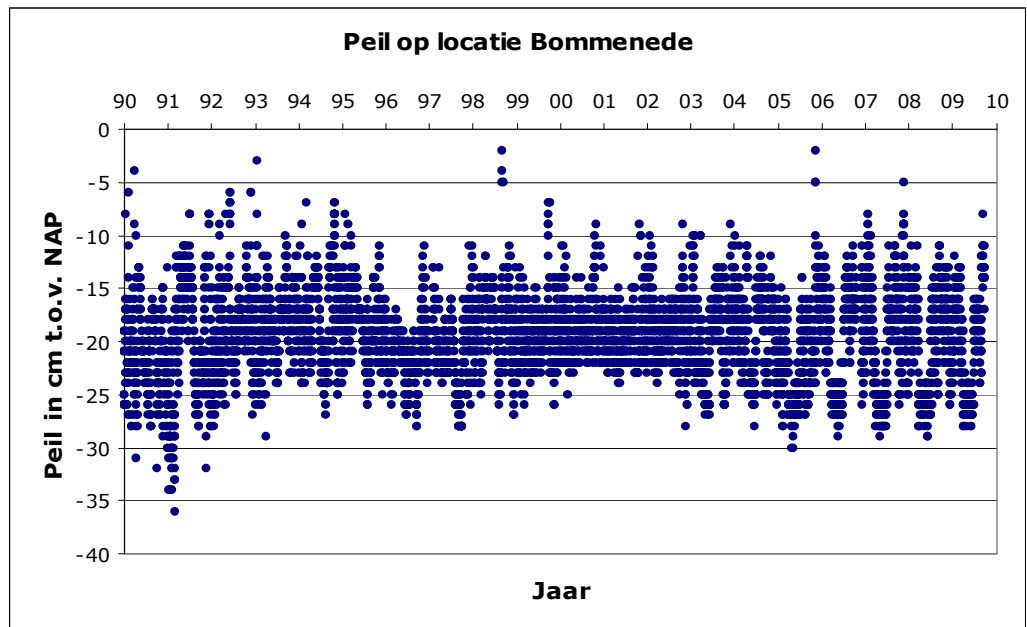
Het waterpeil in het Grevelingenmeer wordt bepaald door de uitwisseling (import en export) van water via de Brouwerssluis, polderwaterlozingen, neerslag, verdamping en afstroming van de oeverlanden, atmosferische depositie en schutverliezen (import en export) Grevelingensluis. De hevel speelt geen rol bij het peilbeheer. Er wordt gestuurd op een vast waterpeil van NAP – 0.20 m. Het peil mag hierbij variëren tussen de uiterste grenzen NAP – 0.10 m (bovengrens) en NAP – 0.30 m (ondergrens), gemeten bij de meetlocatie nabij Bommenede (BOM1) in het midden van het meer. Op- en afwaaiing worden niet meegeteld. Vanaf 2005 wordt rekening gehouden met broedende vogels op de eilanden in het Grevelingenmeer. Zo wordt conform het Waterbeheersplan Grevelingenmeer 2004-2009 het streefpeil in de periode half april – half juli ingesteld op NAP – 0.26 in plaats van NAP – 0.20 m, met grenswaarden van NAP – 0.23 m en NAP – 0.29 m. In juli wordt het streefpeil, verdeeld over enkele dagen, weer op de gebruikelijke NAP – 0.20 m gebracht, afhankelijk van de nog aanwezige kustbroedvogels op dat moment. Ter behoud en vergroting van de zone met zoutwatervegetatie (voorkomen van verruiging en ontzilting) wordt binnen de geldende peilafspraken het waterpeil in de periode september t/m februari enkele malen ca. 4 cm hoger gebracht.

Gegevens over het peilverloop in het Grevelingenmeer zijn afkomstig uit het meetnet ZEGER. De gemeten waterstanden zijn te vinden op www.hmcz.nl. In het Grevelingenmeer zijn drie locaties waar de waterstanden om de 10 minuten worden gemeten: Brouwerssluis Binnen (BRBI, 25 mei 1998 t/m heden), Bommenede (BOM1, 20 oktober 1987 t/m heden) en Grevelingendam Hevel West (HEVW, 13 januari 1999 t/m heden). Voor deze actualisatie van monitoringsgegevens zijn de daggemiddelde waarden voor de locatie Bommenede voor de periode 1990 t/m 14 oktober 2009 gebruikt.

In Figuur 5.1 is te zien dat gemiddeld het peil op NAP – 0.20 m uitkomt (het berekende gemiddelde van de daggemiddelde waarden bedraagt voor de gehele periode NAP – 0.196 m) en verder dat het peil fluctueert tussen ca. NAP – 0.10 en NAP – 0.30 m. In de figuur is ook goed te zien dat vanaf 2005 ten behoeve van broedende vogels het peil in de zomer wordt verlaagd en na het broedseizoen weer omhoog wordt gebracht.

Figuur 5.1

Waterpeil in cm t.o.v. NAP (daggemiddelden) op de locatie Bommenede in de periode 1990 t/m 14 oktober 2009.



5.2 Belastingen en onttrekkingen

In vorige bekkenrapportages zijn voor het Grevelingenmeer waterbalansen opgemaakt. De waterbalans wordt gevormd door de belastingen en onttrekkingen, waarbij voor het Grevelingenmeer de volgende onderverdeling gemaakt kan worden:

Belastingen

Brouwerssluis (inlaten)
 Polderwaterlozingen
 Neerslag
 Afstroming oeverlanden
 Atmosferische depositie
 Grevelingensluis (import)
 Hevel (niet gebruikt na 1988)

Onttrekkingen

Brouwerssluis (spuien)
 Verdamping
 Grevelingensluis (export)
 Hevel (niet gebruikt na 1988)

Er zal niet worden geprobeerd om een volledige waterbalans op te stellen. Enerzijds omdat het niet mogelijk is om de allesoverheersende hoeveelheden die in en uit door de Brouwerssluis worden getransporteerd nauwkeurig te schatten (Wattel, 2002) en anderzijds omdat het niet snel mogelijk bleek om de daarvoor benodigde gegevens van na 2000 boven water te krijgen. Er zal daarom worden volstaan met het zo goed mogelijk in beeld brengen van de in- en uitlaatdebieten van de Brouwerssluis en de grootte van de polderwaterlozingen, neerslag, afstroming oeverlanden, verdamping en de nutriëntenbelastingen die hier mee samengaan.

Brouwerssluis (inlaten en spuien)

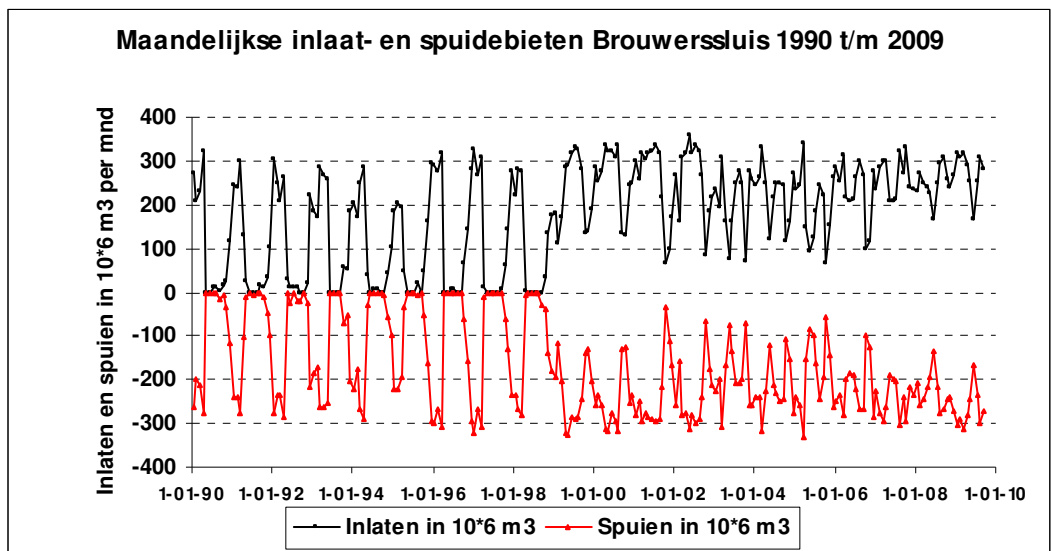
De grootste hoeveelheden water die omgaan in het Grevelingenmeer worden gevormd door het inlaten en spuien via de Brouwerssluis. In Figuur 5.2 worden de

maandelijkse inlaat- en spuidebieten via de Brouwerssluis in beeld gebracht voor de periode 1990 t/m september 2009.

Aanvankelijk waren ongecorrigeerde waarden (m.b.t. de schuif, verschil met gecorrigeerd klein) beschikbaar t/m 2009. Daarbij zijn de debieten berekend ervan uitgaande dat de schuif van de sluis volledig open (afvoercoëfficiënt 1.35) dan wel geheel dicht stond (afvoercoëfficiënt 0.0). Vanaf 1998 zijn de ingestelde schuifstanden bijgehouden en is de exponentiële functie bekend die het verband geeft tussen de schuifstand en het inlaat- dan wel spuidebiet. De op deze manier berekende waarden voor de periode 1998 t/m 2001 verschillen minder dan 5% van de op de oude manier berekende waarden en zijn, samen met de op de nieuwe manier berekende waarden voor de periode 2002 t/m heden opgenomen in Figuur 5.2. In de figuur is duidelijk te zien dat het inlaat- en spuiregiem veranderd is in 1999. In grote lijnen komt het erop neer dat in de periode 1990 t/m 1998 de spuisluis gedurende de maanden oktober t/m maart open stond en (in principe) werd gesloten gedurende de maanden april t/m september, terwijl na 1998 de sluis jaarrond openstond. In de periode 1990 t/m 1998 varieerden de maximale inlaat- en spuidebieten tussen 200 en $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per maand, respectievelijk tussen de -200 en $-300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per maand. Na 1998 bedroegen de maximale inlaat- en spuidebieten ca. $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, respectievelijk $-300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per maand. Opvallend is verder dat vanaf ongeveer 2005 de inlaat- en spuidebieten binnen een kleinere range gehandhaafd bleven. Dit heeft alles te maken met het nauwkeuriger afregelen van het peil teneinde rekening te houden met broedende vogels op de eilanden in het Grevelingenmeer.

Figuur 5.2

Maandelijkse inlaat- en spuidebieten Brouwerssluis in de periode 1990 t/m september 2009. Bron periode 1990 t/m 2001: Wattel/Lievens; bron periode 2002 t/m september 2009: Lievens.

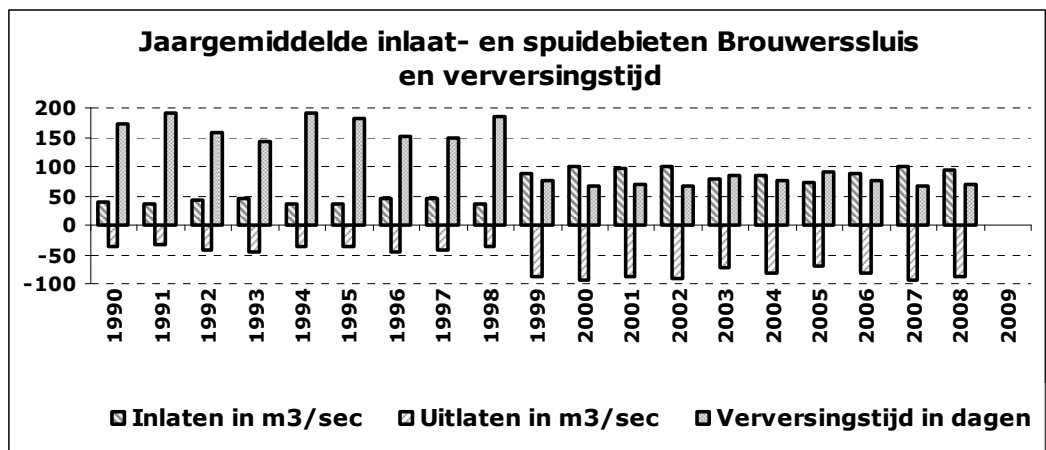


De maandelijkse inlaat- en spuidebieten zijn ook omgerekend naar jaarlijkse inlaat- en spuidebieten in $10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$, naar jaargemiddelde inlaat- en spuidebieten in m^3/sec en naar de verversingstijd in dagen (Figuur 5.3 en Tabel 5.1). De verversingstijd is berekend door 365 te delen door het quotiënt van het jaarlijkse inlaatdebiet en het volume ($575 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Dit is echter een algemene benadering voor verversingstijd. In werkelijkheid wordt er met opkomend getij Noordzeewater ingelaten dat voor een deel met het daaropvolgend afgaand getij weer wordt gespuid. In de periode 1990 t/m 1998 varieerde het inlaatdebiet tussen 1100 en

1468 *10⁶ m³/jaar (gemiddeld 1254 *10⁶ m³/jaar) en het spuidebiet tussen - 1030 en -1464 *10⁶ m³/jaar (gemiddeld -1245 *10⁶ m³/jaar). Gedurende de periode 1999 t/m 2008 varieerde het meer dan verdubbelde inlaatdebiet tussen 2319 en 3200 *10⁶ m³/jaar (gemiddeld 2864 *10⁶ m³/jaar) en het meer dan verdubbelde spuidebiet tussssen -2236 en -3006 *10⁶ m³/jaar (gemiddeld -2688 *10⁶ m³/jaar). De verversingstijd varieerde in de periode 1990 t/m 1998 tussen 143 en 191 dagen (gemiddeld 169 dagen) en nam voor de periode 1999 t/m 2008 af met meer dan de helft tot waarden tussen 66 en 90 dagen (gemiddeld 74 dagen).

Figuur 5.3

Jaargemiddelde inlaat- en spuidebieten Brouwerssluis in m³/sec en de verversingstijd in dagen voor de periode 1990 t/m 2008.

**Tabel 5.1**

Jaarlijkse inlaat- en spuidebieten in 10⁶ m³/jaar, jaargemiddelde inlaat- en spuidebieten in m³/s en verversingstijd in dagen voor de periode 1990 t/m 2008. In de laatste twee rijen staan de gemiddelde waarden voor de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2008.

Jaar	Inlaten spuisluis 10 ⁶ m ³ /jaar	Uitlaten spuisluis 10 ⁶ m ³ /jaar	Inlaten spuisluis m ³ /s	Uitlaten spuisluis m ³ /s	Verversingstijd dagen
1990	1217	-1124	38.6	-35.6	172
1991	1100	-1031	34.9	-32.7	191
1992	1334	-1341	42.3	-42.5	157
1993	1468	-1464	46.6	-46.4	143
1994	1104	-1150	35.0	-36.4	190
1995	1151	-1189	36.5	-37.7	182
1996	1388	-1388	44.0	-44.0	151
1997	1402	-1336	44.5	-42.4	150
1998	1127	-1180	35.7	-37.4	186
1999	2758	-2743	87.5	-87.0	76
2000	3201	-3006	101.5	-95.3	66
2001	3022	-2798	95.8	-88.7	69
2002	3141	-2855	99.6	-90.5	67
2003	2514	-2305	79.7	-73.1	83
2004	2716	-2619	86.2	-83.1	77
2005	2320	-2236	73.6	-70.9	90
2006	2812	-2606	89.2	-82.6	75
2007	3154	-2944	100.0	-93.4	67
2008	3002	-2768	95.2	-87.8	70
2009	Alleen gegevens t/m september beschikbaar				
Gem 1990 - 1998	1255	-1245	39.8	-39.5	169
Gem 1999 - 2008	2864	-2688	90.8	-85.2	74

Polderwaterlozingen

Polderwater wordt door drie gemalen op Goeree-Overflakkee en door twee gemalen op Schouwen-Duiveland op het Grevelingenmeer uitgeslagen (zie Figuur 3.1). De gemalen op Goeree-Overflakkee zijn: gemaal Kilhaven (Kop van Goeree), gemaal De Drie Polders (bij Herkingen) en gemaal Battenoord (bij Battenoord). De gemalen op Schouwen-Duiveland zijn: gemaal Den Osse (bij Den Osse) en gemaal Dreischor (bij Dreischor). De grootste polderwateruitslag wordt geleverd door gemaal Den Osse.

Kwantitatief zijn de polderwateruitslagen van minder belang dan de inlaat- en spuidebieten door de Brouwerssluis, maar kwalitatief zijn ze wel van belang omdat het uitgeslagen polderwater veel van de voor fytoplankton belangrijke nutriënten stikstof en fosfaat bevat.

In Tabel 5.2 worden de polderwateruitslagen op het Grevelingenmeer van de vijf gemalen voor de periode 1990 t/m 2008 (in ieder geval voor zover gegevens traceerbaar bleken) gegeven. Het gemaal Den Osse levert elk jaar de grootste polderwateruitslag. 1998 bleek een zeer nat jaar te zijn. NB: In de originele bestanden van Wattel zijn een paar sommaties verkeerd uitgevoerd waardoor de jaartotalen zijn onderschat.

Tabel 5.2

Polderwateruitslagen van de vijf gemalen in 10^6 m³/jaar op het Grevelingenmeer in de periode 1990 t/m 2008. Bronnen: (1) Uit bestand Gillis Wattel, (2) Landelijke Emissie Registratie, (3) Waterschap Hollandse Delta. Verder: (a) Onduidelijk of de waarde gemeten is voor het betreffende jaar of geschat is uit andere jaren. (b) Geen waarde voor dit jaar; Landelijke Emissie Registratie hanteert gemiddelde van de jaren 2000 t/m 2004 en 2006.

Jaar	Kilhaven	De Drie Polders	Battenoord	Den Osse	Dreischor	Totaal	Totaal	Bron
	10^6 m ³ /jaar	10^6 m ³ /jaar	10^6 m ³ /jaar	10^6 m ³ /jaar	10^6 m ³ /jaar	10^6 m ³ /jaar	m ³ /sec	
1990	3.09	1.50	3.72	9.00	3.53	20.84	0.66	(1)
1991	3.31	1.63	3.04	7.15	3.23	18.35	0.58	(1)
1992	4.13	2.52	6.72	5.14	3.86	22.36	0.71	(1)
1993	4.80	1.98	6.44	13.70	6.47	33.37	1.06	(1)
1994	5.50	3.32	6.25	20.19	6.46	41.73	1.32	(1)
1995	5.33	6.43	6.57	18.85	5.08	42.25	1.34	(1)
1996	3.82	0.94	6.92	7.19	2.68	21.55	0.68	(1)
1997	4.15	2.63	7.29	9.45	2.71	26.23	0.83	(1)
1998	7.59	6.30	10.07	23.09	9.64	56.69	1.80	(1)
1999	5.07	7.71	5.07	22.66	6.08	46.58	1.48	(1)
2000	5.03	4.34	5.17	13.94	6.39	34.87	1.11	(1)
2001		3.13	4.43	9.78 (a)	7.10			(2)
2002	5.10	3.47	6.84	14.28	6.33 (a)			(2)
2003	3.57	6.86	5.02	6.28	2.92 (a)			(2)
2004	4.93	4.50	6.82	9.93	4.62 (a)			(2)
2005	4.24	4.42 (b)	7.98	10.11	4.21			(2)
2006	4.25	4.24	8.29	8.56	3.30			(2)
2007	5.82	6.42	11.53	12.69	5.98			(2)
2008	4.97	6.43	9.77					(2)(3)

De Ntotaal belasting vanuit de polderwateruitslagen op het Grevelingenmeer van de vijf gemalen voor de periode 1990 t/m 2008 (in ieder geval voor zover gegevens traceerbaar bleken) wordt gegeven in Tabel 5.3. Het gemaal Den Osse levert elk jaar de grootste Ntotaal belasting, vooral in het natte jaar 1998.

Tabel 5.3

Ntotaal belasting van de vijf gemalen in ton per jaar op het Grevelingenmeer in de periode 1990 t/m 2008. Bronnen: (1) Landelijke Emissie Registratie, (2) Geschat uit Figuur 2 in Wattel (1996), (3) Uit bestand van Wattel.

Jaar	Kilhaven	De Drie Polders	Battenoord	Den Osse	Dreischor	Totaal	Bron
	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	
1990	10.64	12.59	21.42	94.95	35.17	174.78	(1)
1991						168.00	(2)
1992						192.00	(2)
1993						288.00	(2)
1994						326.40	(2)
1995	20.18	18.65	36.58	209.64	61.41	346.46	(3)
1996	12.52	2.51	37.43	73.22	33.07	158.75	(3)
1997	15.41	9.85	66.59	99.44	34.90	226.19	(3)
1998	35.50	43.04	86.73	277.94	124.23	567.44	(3)
1999	17.44	27.91	31.18	181.11	50.96	308.60	(3)
2000	18.86	9.42	19.85	105.87	59.30	213.30	(3)
2001				86	66		(1)
2002				75	50		(1)
2003				39.91	19.81		(1)
2004				49.91	40.05		(1)
2005				62.50	34.18		(1)
2006							
2007							
2008							

De Ptotaal belasting vanuit de polderwateruitslagen op het Grevelingenmeer van de vijf gemalen voor de periode 1990 t/m 2008 (in ieder geval voor zover gegevens traceerbaar bleken) wordt gegeven in Tabel 5.4. Het gemaal Den Osse levert elk jaar de grootste Ptotaal belasting, vooral in de natte jaren 1998 en 1999.

Tabel 5.4

Ptotaal belasting van de vijf gemalen in ton per jaar op het Grevelingenmeer in de periode 1990 t/m 2008. Bronnen: (1) Landelijke Emissie Registratie, (2) Geschat uit Figuur 2 in Wattel (1996), (3) Uit bestand van Wattel.

Jaar	Kilhaven	De Drie Polders	Battenoord	Den Osse	Dreischor	Totaal	Bron
	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	
1990						13.44	(2)
1991						14,40	(2)
1992						13,92	(2)
1993						19,20	(2)
1994						22,08	(2)
1995	5.19	5.52	2.78	9.16	2.30	24.95	(3)
1996	3.43	0.56	2.68	4.69	1.36	12.72	(3)
1997	3.30	1.91	4.53	8.62	2.09	20.45	(3)
1998	5.79	3.91	3.62	18.17	4.44	35.93	(3)
1999	4.48	6.19	2.38	18.50	4.06	35.61	(3)
2000	4.13	2.68	2.51	9.54	4.13	22.99	(3)
2001				7	5		(1)
2002				9	4		(1)
2003				8.26	2.21		(1)
2004				10.08	3.53		(1)
2005							
2006							
2007							
2008							

Neerslag, verdamping en afstroming oeverlanden

Neerslag, verdamping en afstroming oeverlanden vormen geen deel van de MWTL-monitoring. Er was niet voldoende tijd en menskracht beschikbaar om voor deze belastingen en onttrekking recente gegevens te berekenen. Om toch een indruk te krijgen van de debieten die hiermee gemoeid zijn, zijn in Tabel 5.5 gegevens voor neerslag, verdamping en afstroming oeverlanden opgenomen voor de periode 1990 t/m 2000, ontleend aan berekeningen en tabellen van Wattel. De methoden waarmee neerslag en afstroming oeverlanden zijn berekend worden beschreven in Wattel (1989); de verdamping aan het open wateroppervlak is berekend als verdamping Vlissingen*10800.

Tabel 5.5

Neerslag, verdamping en afstroming in 10^6 m³/jaar voor het Grevelingenmeer in de periode 1990 t/m 2000 (ontleend aan tabellen van Wattel).

Jaar	Neerslag	Verdamping	Afstroming	Neerslag	Verdamping	Afstroming
	10 ⁶ m ³ /jaar	10 ⁶ m ³ /jaar	10 ⁶ m ³ /jaar	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1990	73.76		11.06	2.34	-2.28	0.35
1991	71.28		10.65	2.26	-2.04	0.34
1992	93.31		14.00	2.96	-2.10	0.44
1993	95.47	64.47	16.14	3.03	-2.04	0.51
1994	88.34	68.41	14.59	2.80	-2.17	0.46
1995	78.73	71.68	12.95	2.50	-2.27	0.41
1996	62.96	64.16	10.25	2.00	-2.03	0.33
1997	69.76	68.31	9.55	2.21	-2.17	0.30
1998	116.75	61.43	23.00	3.70	-1.95	0.73
1999	95.01	68.47	16.29	3.01	-2.17	0.52
2000	97.50	64.07	17.49	3.09	-2.03	0.55

De hoeveelheid neerslag + afstroming in termen van 10^6 m³/jaar is groter dan de hoeveelheid uitgeslagen polderwater (Tabel 5.2), maar daar staat weer tegenover dat van deze hoeveelheid ook weer een aanzienlijk deel verdampt. Gemiddeld over de periode 1993 t/m 2000 is de hoeveelheid uitgeslagen polderwater ($38 \cdot 10^6$ m³/jaar, Tabel 5.2, kolom Totaal) even groot als de hoeveelheid Neerslag - Verdamping + Afstroming ($37 \cdot 10^6$ m³/jaar). Tabel 5.5 laat verder duidelijk zien dat 1998 een zeer nat jaar was (zie ook Tabel 4.1).

Atmosferische depositie

In Tabel 5.6 zijn een aantal historische gegevens (1980 t/m 1988) en een aantal recentere gegevens (1990 t/m 2007) van Ntotaal en Ptotaal in atmosferische depositie op het Grevelingenmeer opgenomen. Uit een vergelijking met de gevonden waarden voor Ntotaal (Tabel 5.3) in de totale polderwaterbelasting op het Grevelingenmeer blijkt dat de Ntotaal belasting in atmosferische depositie van dezelfde orde van grootte is als die in de polderwaterbelasting. Voor Ptotaal geldt dat de belasting in atmosferische depositie veel kleiner is dan die in de polderwaterbelasting (Tabel 5.4); daarbij gaat het wel om verschillende perioden, maar het lijkt redelijk te veronderstellen dat er in de atmosferische belasting met Ptotaal niet zoveel veranderd is (in tegenstelling tot de Ntotaal belasting die door allerlei maatregelen minder is geworden).

In 1983 is het meetnet van het RID opgegaan in het meetnet van RIVM/KNMI. Dit had evenwel tot gevolg dat de waarden voor Ntotaal en Ptotaal gelijk een stuk lager uitkwamen. Of de lagere waarden een gevolg zijn van een andere

bemonsteringsmethode of een andere analysemethode of –apparatuur is niet te achterhalen (Wattel, 1989).

Tabel 5.6

Ntotaal en Ptotaal in atmosferische depositie op het Grevelingenmeer in de periode 1980 t/m 2007. 1980 t/m 1988: Ntotaal als som van NH₄ (even groot als Kjeldahl-stikstof) en NO₂ + NO₃, Ptotaal als ortho-fosfaat. Bronnen: 1) Wattel (1989), 2) Landelijke Emissie Registratie.

Jaar	Ntotaal Ton/jaar	Ptotaal Ton/jaar	Opmerking	Bron
1980	260	7.1	Meetnet van het RID	1)
1981	273	11.9	Meetnet van het RID	1)
1982	273	11.8	Meetnet van het RID	1)
1983	173	2.1	Meetnet van RIVM/KNMI	1)
1984	185	2.3	Meetnet van RIVM/KNMI	1)
1985	187	2.3	Meetnet van RIVM/KNMI	1)
1986	204	5.7	Meetnet van RIVM/KNMI	1)
1987	209	2.8	Meetnet van RIVM/KNMI	1)
1988	207	2.7	Meetnet van RIVM/KNMI	1)
1990	290			2)
1995	240			2)
2000	217			2)
2005	211			2)
2006	208			2)
2007	205			2)

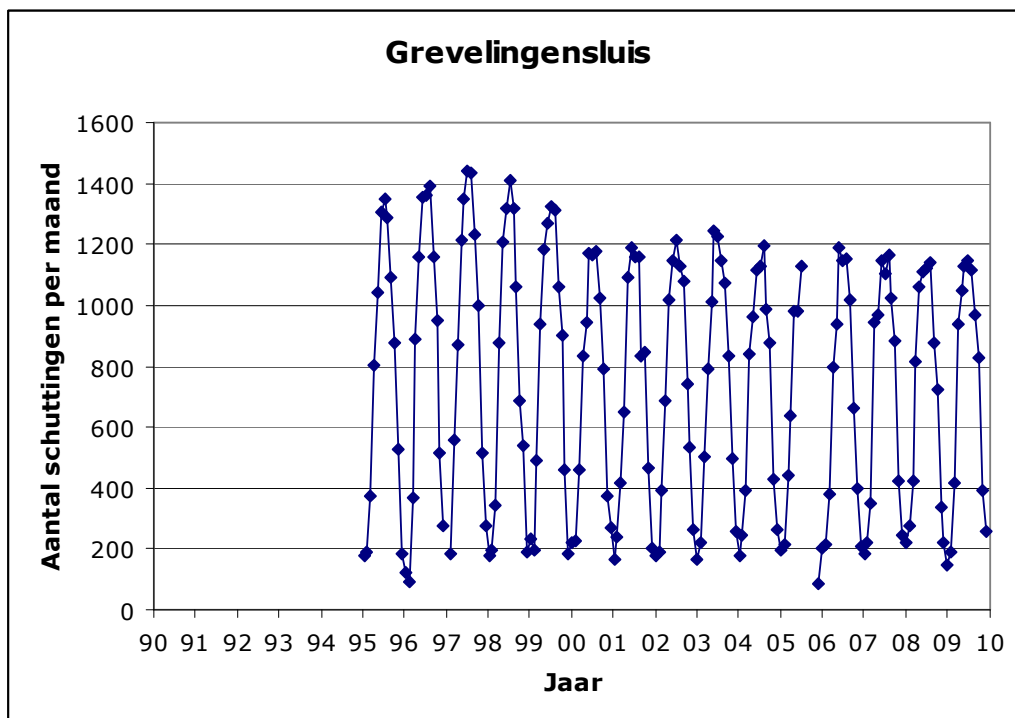
Schutten Grevelingensluis

De Grevelingensluis bij Bruinisse vormt de scheepvaartverbinding met het Zijpe. Omdat de gemiddelde waterstand op het Zijpe (NAP) iets hoger is dan die van het Grevelingenmeer (NAP – 0.20 m) geeft deze sluis een kleine resulterende waterbelasting op het meer (Wattel, 1996). Op jaarbasis is het daarmee overeenkomende debiet gemiddeld 0.15 m³/s naar het meer toe en 0.10 m³/s van het meer af (Wattel, 1996). Voor de jaren 1980 t/m 1988 bedroegen de hoeveelheden naar het meer toe 4.9, 4.7, 5.0, 4.5, 4.8, 4.7, 4.4, 4.3 en 4.2 miljoen m³/jaar, oftewel 0.15 m³/s (Wattel, 1989). Gezien deze zeer kleine hoeveelheden is de waterbelasting als gevolg van het schutbedrijf verwaarloosbaar.

Wattel (1996) geeft voor de periode 1980 t/m 1994 een beeld van het aantal schuttingen per maand via de Grevelingensluis. Het aantal schutbewegingen is over die periode voor elk jaar vrijwel constant en per maand varieert het aantal schuttingen tussen ca. 200 en 1400-1600, afhankelijk van het seizoen. Wel kan het aantal schepen in de sluis per schutting verschillen. Figuur 5.4 geeft een beeld van het aantal schuttingen in de periode 1995 t/m 2009. Aanvankelijk varieert het aantal schuttingen van ca. 200 tot 1400 per maand. Vanaf 2000 bedraagt het maximaal aantal schuttingen tussen ca. 1150 en 1200 per maand. Het is niet gelukt om bij de meest betrokkenen de oorzaak van deze lagere maxima te achterhalen.

Figuur 5.4

Aantal schuttingen per maand via de Grevelingensluis in de periode 1995 t/m 2009. Voor januari 1997 komt in het beschikbare bestand de onwaarschijnlijk lage waarde 13 voor; de reden hiervoor is voornamelijk onbekend en deze waarde is in de figuur weggelaten.



Hevel (import) en hevel (export)

De hevel is na 1988 niet meer gebruikt (zie ook H3 Gebiedsbeschrijving en beheer).

6 Waterkwaliteit

In dit hoofdstuk worden de meer algemene waterkwaliteitsvariabelen, zoals die in het MWTL-programma worden gemeten, besproken. Van de beschikbare gegevens uit DONAR zijn voor de locatie Dreischor (oppervlakte) vanuit de dagwaarden de maandgemiddelden berekend en vanuit de maandgemiddelden de jaargemiddelden. Waar nodig zijn ook trends berekend. In de figuren worden alleen de dagwaarden en de berekende jaargemiddelden gepresenteerd en, in een aantal gevallen, ook trends. Dagwaarden die in DONAR gevlagd zijn, en/of die absoluut niet realistisch zijn, zijn bij de berekeningen niet meegenomen; dit is steeds bij de betreffende figuur aangegeven.

In de op één na laatste paragraaf zal een overzicht worden gegeven van de jaargemiddelde waarden van deze meer algemene waterkwaliteitsvariabelen (oppervlakte) op de locatie Dreischor voor de periode 1990 t/m 2008.

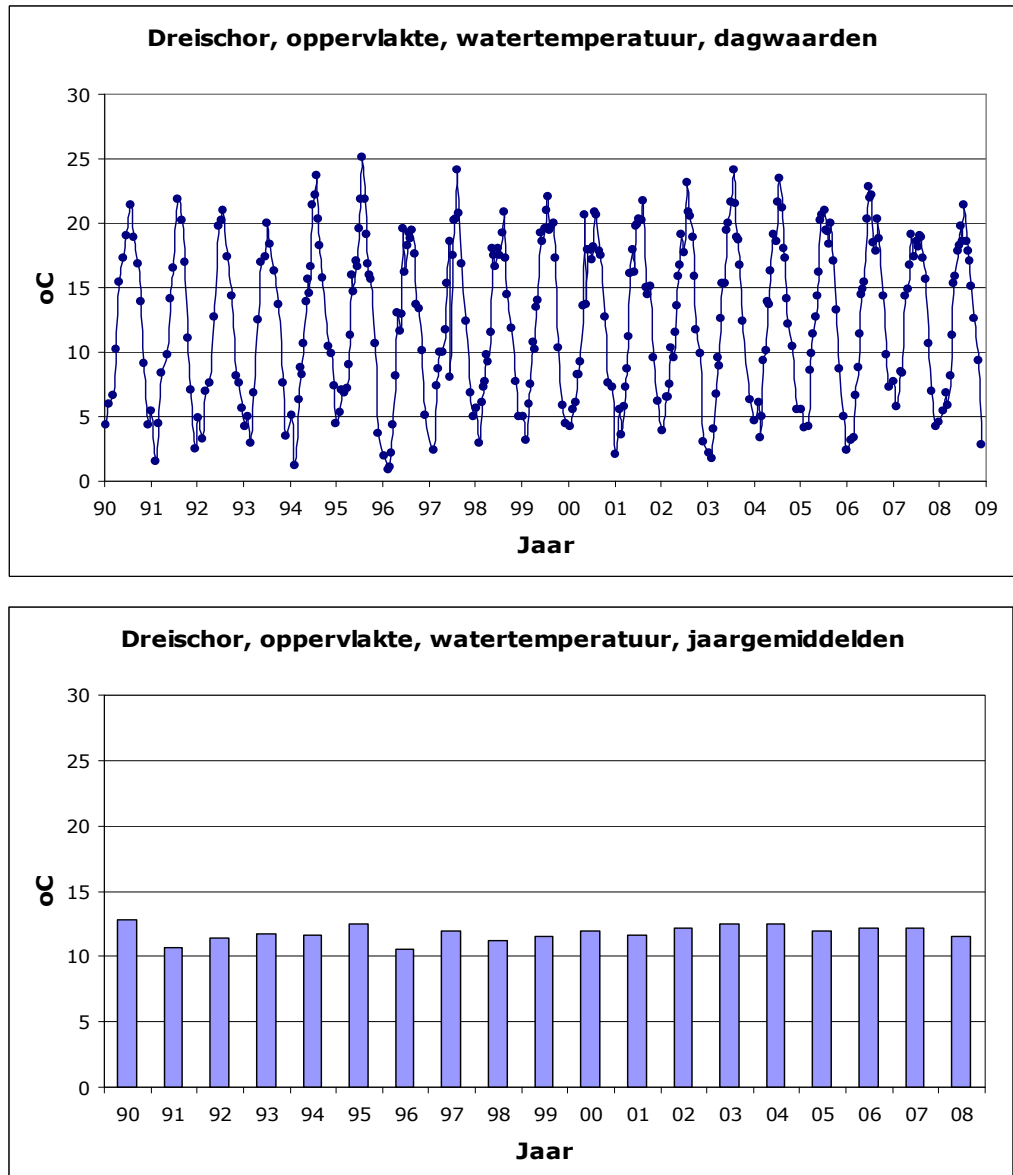
In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk zullen voor een aantal variabelen de jaargemiddelde waarden op de locatie Dreischor vergeleken worden met die gemeten op de locaties Herkingen en Scharendijke.

Resultaten van de toetsing van prioritaire stoffen en overige relevante stoffen zijn opgenomen in Hoofdstuk 9 Toetsing aan het beleid.

6.1 Watertemperatuur

Figuur 6.1

Watertemperatuur (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden.

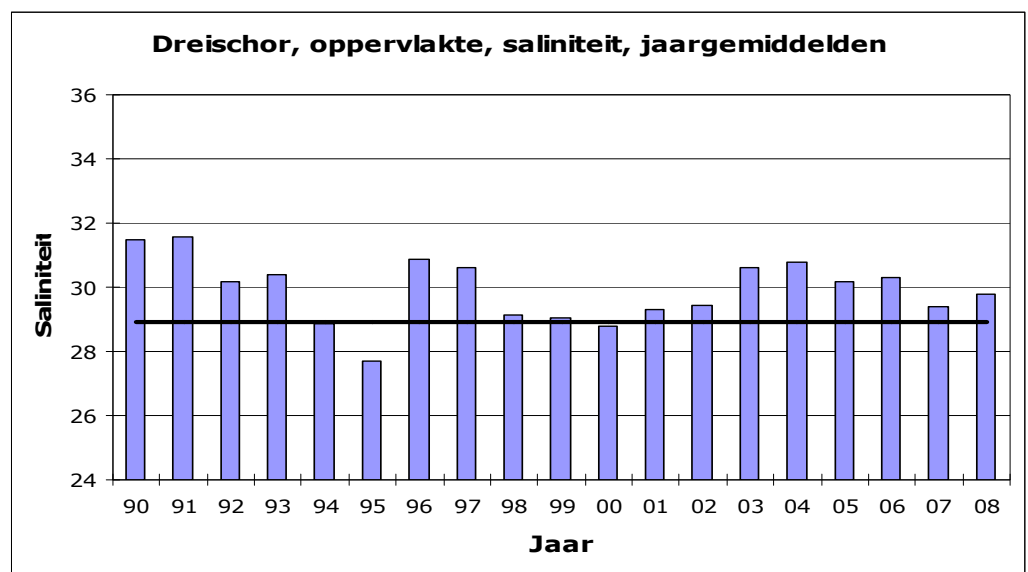
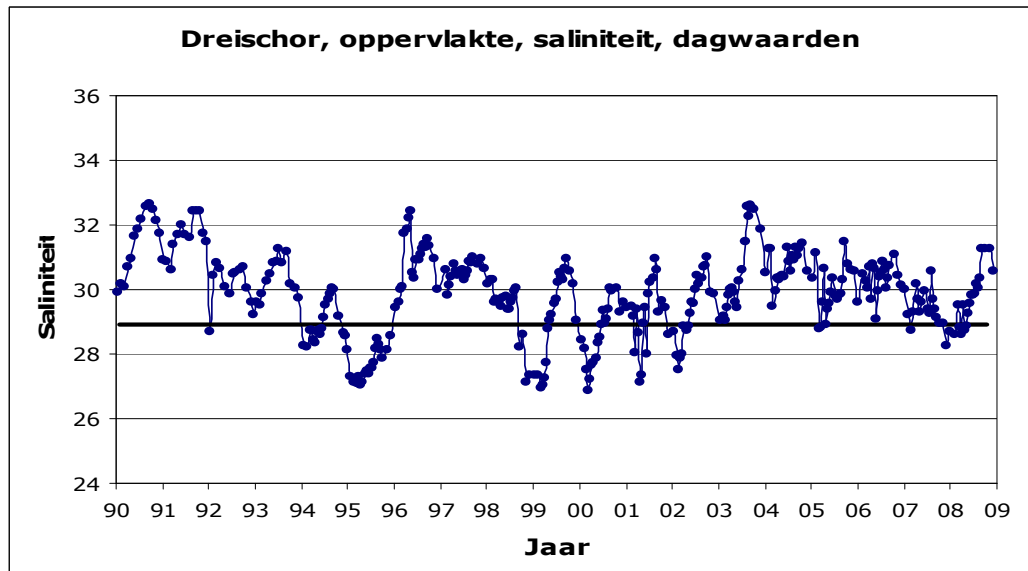


De watertemperatuur van het oppervlaktewater op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008 varieert tussen 2 en 25 °C (Figuur 6.1). De jaargemiddelde watertemperatuur (zie ook Tabel 6.10) varieert tussen ca. 10.6 en 12.8 °C. Er valt geen speciale trend voor de watertemperatuur waar te nemen. Voor informatie over de watertemperatuur op meerdere dieptes, zie Hoofdstuk 7.

6.2 Saliniteit

Figuur 6.2

Saliniteit (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. De dikke zwarte lijn geeft de streefsaliniteit 28,9. Deze waarde is berekend als $S = 1,80655 \text{ Cl}^-$ (UNESCO, 1966) berekend uit de streefconcentratie van (minimaal) 16 g Cl^- per liter. Eén waarde uit het originele DONAR-bestand werd weggelaten: 20.11, 10-5-1995, gevlagde waarde (50).



Omdat het chloride-bestand niet compleet is voor de gehele periode 1990 t/m 2008, worden de gemeten/berekende saliniteiten in het oppervlaktewater van de locatie Dreischor afgebeeld (Figuur 6.2). De zoutgehalten in het Grevelingenmeer volgen de hogere zoutgehalten van de Voordelta (locatie BG8). De streefconcentratie voor het zoutgehalte is dat deze minimaal 16 g chloride per liter bedraagt. Omgerekend naar saliniteit bedraagt de streefsaliniteit (zie bijschrift) dan 28,9.

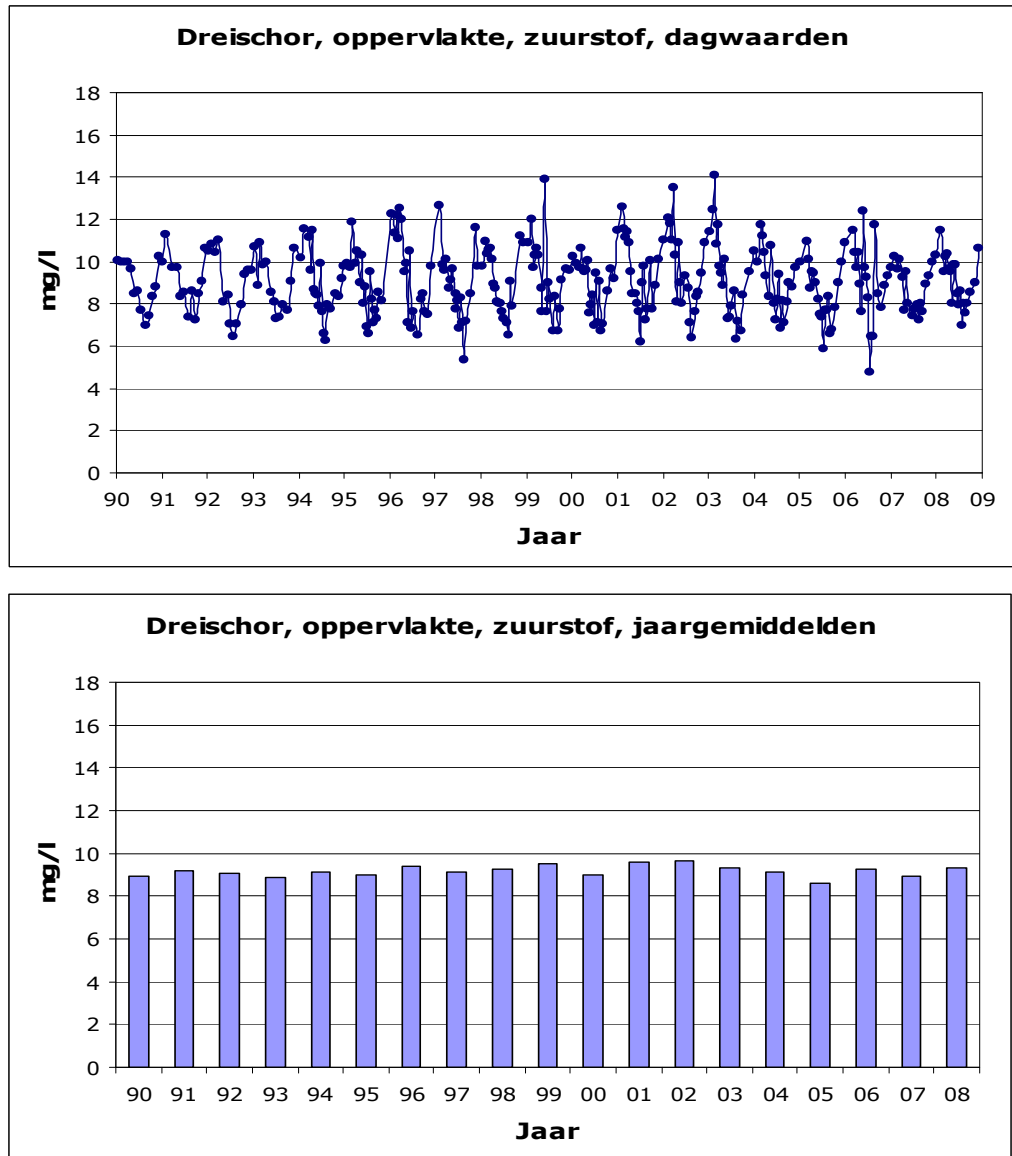
De streefsaliniteit 28,9 wordt onderschreden in 1995 als gevolg van een laag zoutgehalte in de Voordelta (Hoeksema, 2002), in 1998/1999 t/m 2002 (natte tot zeer natte jaren, zie Tabel 4.1) en (minimaal) in de winter 2007/2008 (natte winter).

De jaargemiddelde saliniteit varieert tussen ca. 27.7 en 31.6 (zie ook Tabel 6.10). Jaargemiddeld zijn er onderschrijdingen in met name 1995 en in 2000. Er valt geen speciale trend voor de saliniteit waar te nemen. Voor informatie over saliniteiten op meerdere dieptes, zie Hoofdstuk 7.

6.3 Zuurstofgehalte

Figuur 6.3

Zuurstofgehalten (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Twee waarden uit het originele DONAR-bestand werden weggelaten: 17.97 mg/l, 7-3-1991, gevlagde waarde (6) en 12.15 mg/l, 17-9-2003, gevlagde waarde (50). Wattel (1996) noemt de hoge piek (17.97 mg/l) in het voorjaar van 1991 geen meetfout, maar een samenloop van omstandigheden. Het optimum van de algenbloei valt precies samen met het tijdstip van bemonstering. De zuurstofproductie door algen resulteert dan in een hoge concentratie overdag. Op deze dag werd inderdaad een hoge chlorofyl-a concentratie van 30.8 µg/l gemeten.



Omdat in het Grevelingenmeer ook schelpdieren worden gekweekt zal de zuurstofconcentratie moeten voldoen aan de norm voor schelpdierwater; deze norm is gesteld op 7 mg O₂/l.

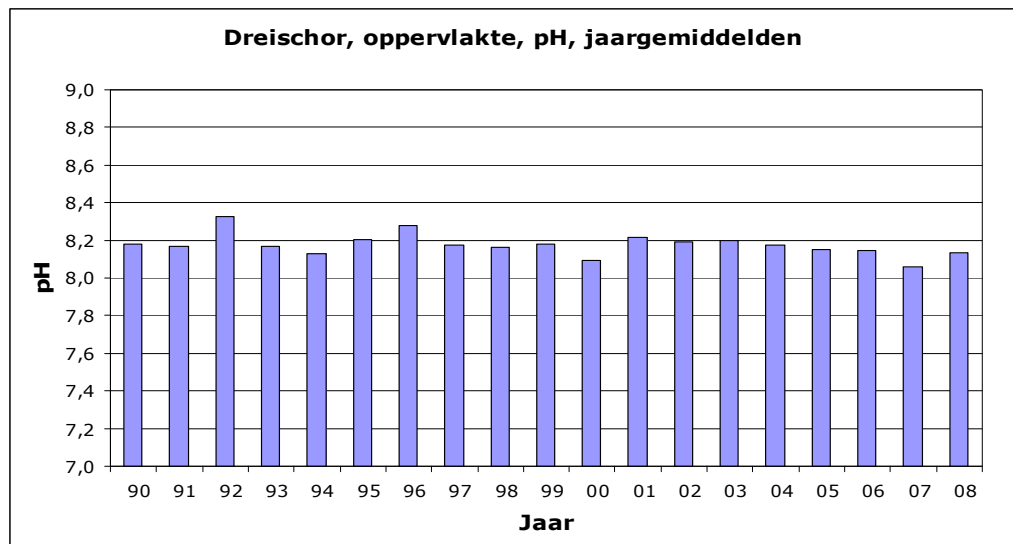
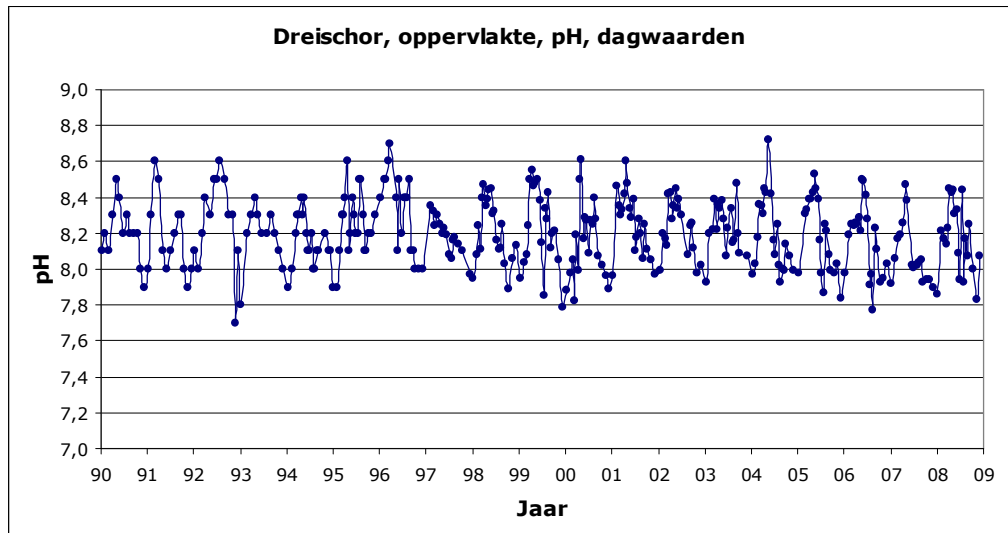
Het zuurstofgehalte van het oppervlaktewater op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008 varieert tussen 6 en 12 mg O₂/l, in een enkel geval iets lager of iets hoger (Figuur 6.3). In september 1997 en augustus 2006 werden kortdurend

concentraties van slechts 5.3, respectievelijk 4.7 mg O₂/l gemeten. De jaargemiddelde zuurstofgehalten (zie ook Tabel 6.10) variëren tussen ca. 8.6 en 9.7 mg O₂/l. Er valt geen trend voor het zuurstofgehalte waar te nemen. Voor informatie over zuurstofgehalten op meerdere dieptes, zie Hoofdstuk 7.

6.4 pH

Figuur 6.4

pH waarden (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Drie waarden uit het originele DONAR-bestand werden weggelaten: 9.00, 17-4-1996, niet gevlagd (0), 9.00, 2-5-1996, niet gevlagd (0) en 6.80, 24-6-1997, gevlagde waarde (50).



De pH van het oppervlaktewater op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008 varieert tussen ca. 7.8 en 8.6 (Figuur 6.4). De jaargemiddelde pH (zie ook Tabel 6.10) varieert tussen ca. 8.1 en 8.3. Er valt geen trend voor de pH waar te nemen.

6.5 Doorzicht

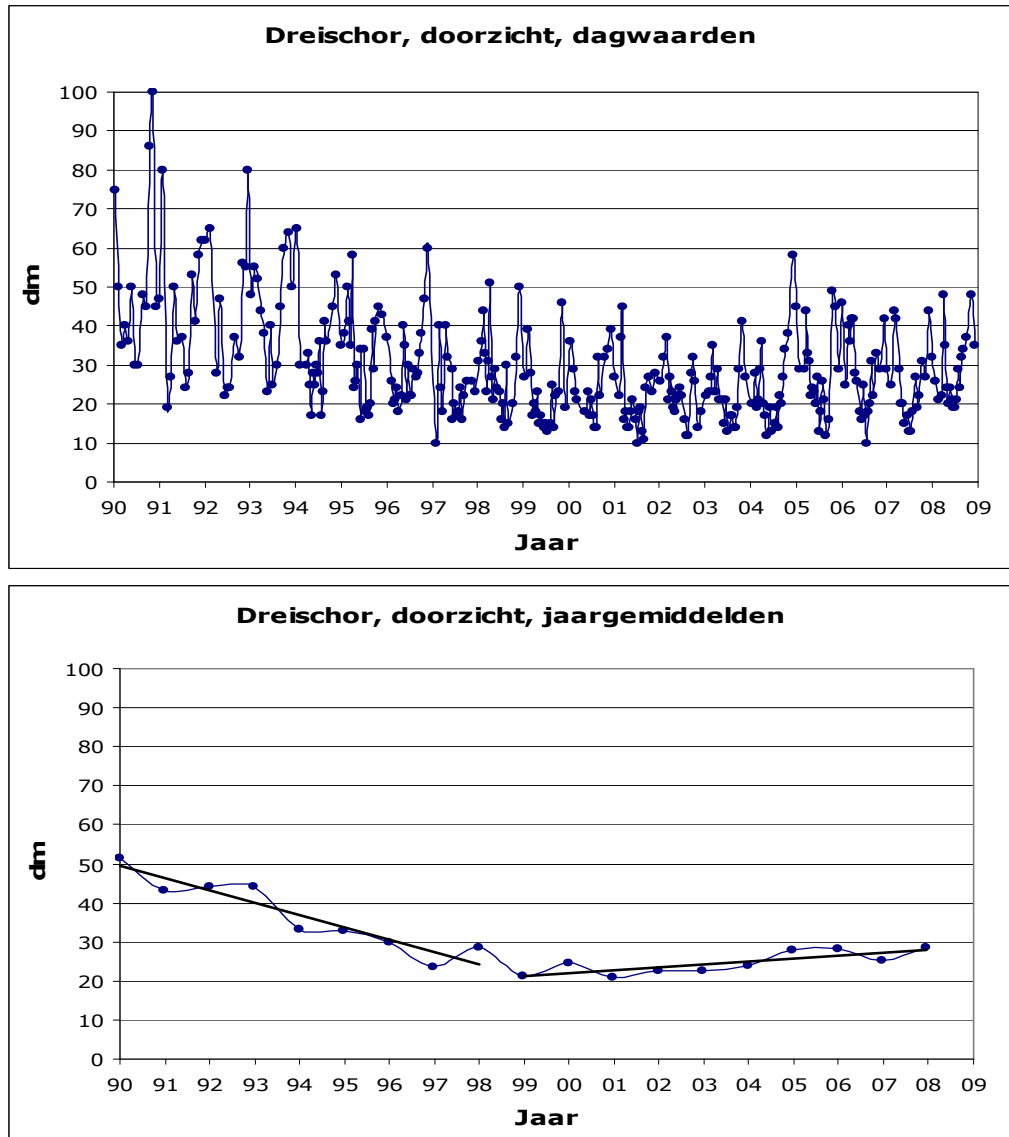
Figuur 6.5

Doorzicht op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden.

Trend dagwaarden 1990 t/m 1998: $y = -0.0083x + 322.63$, $R^2 = 0.2375$, $p = 4.43E-10$;
trend dagwaarden 1999 t/m 2008: $y = 0.0021x - 56.732$, $R^2 = 0.0574$, $p = 0.0008$.

Trendlijnen dagwaarden niet in de figuur opgenomen.

Trend jaargemiddelden 1990 t/m 1998: $y = -0.0087x + 335.97$, $R^2 = 0.8834$, $p = 0.0002$;
trend jaargemiddelden 1999 t/m 2008: $y = 0.0021x - 53.989$, $R^2 = 0.6505$, $p = 0.0048$.



Het doorzicht op de locatie Dreischor is in de periode 1990 t/m 1998 drastisch afgenomen (Figuur 6.5). Voor de dagwaarden geldt de afname zowel de maxima als de minima. Het jaargemiddelde doorzicht is in deze periode afgenomen van ca. 50 naar 20 dm. De afnemende trend is zowel voor de dagwaarden als voor de jaargemiddelden significant ($p < 0.05$). De oorzaak van deze afname is nog steeds onbekend. De afname kan niet verklaard worden uit het zwevend stof gehalte in deze periode want dat is ongeveer gelijk gebleven (zie Figuur 6.8). De chlorofyl-a concentraties zijn wel toegenomen in deze periode (zie Figuur 8.2), maar in absolute hoeveelheden zijn de concentraties niet echt hoog en zullen daarom niet geleid hebben tot de enorme afname van het doorzicht. De oorzaak is vrijwel zeker niet terug te voeren op een toename van humuszuren. Uit een vergelijking van

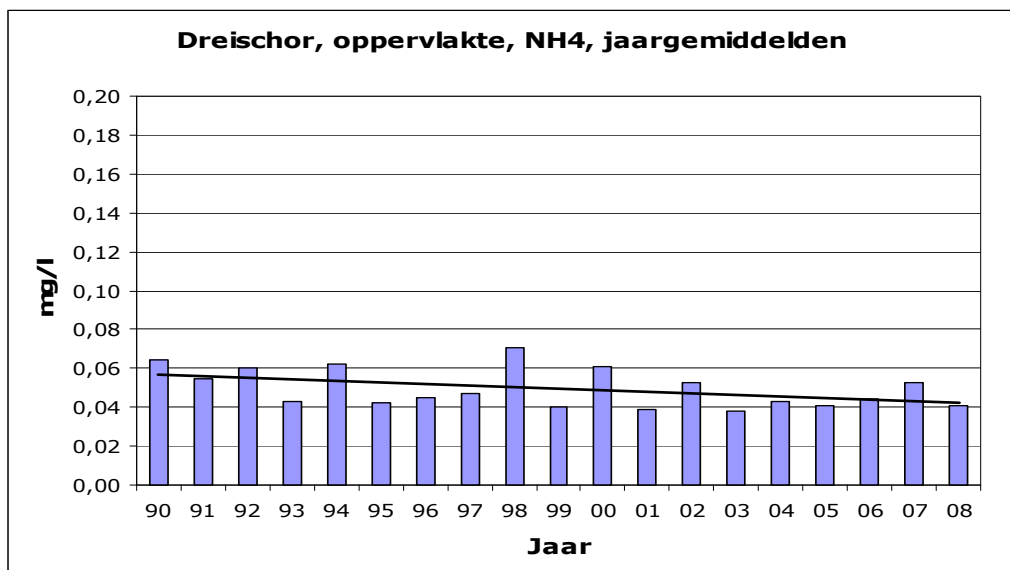
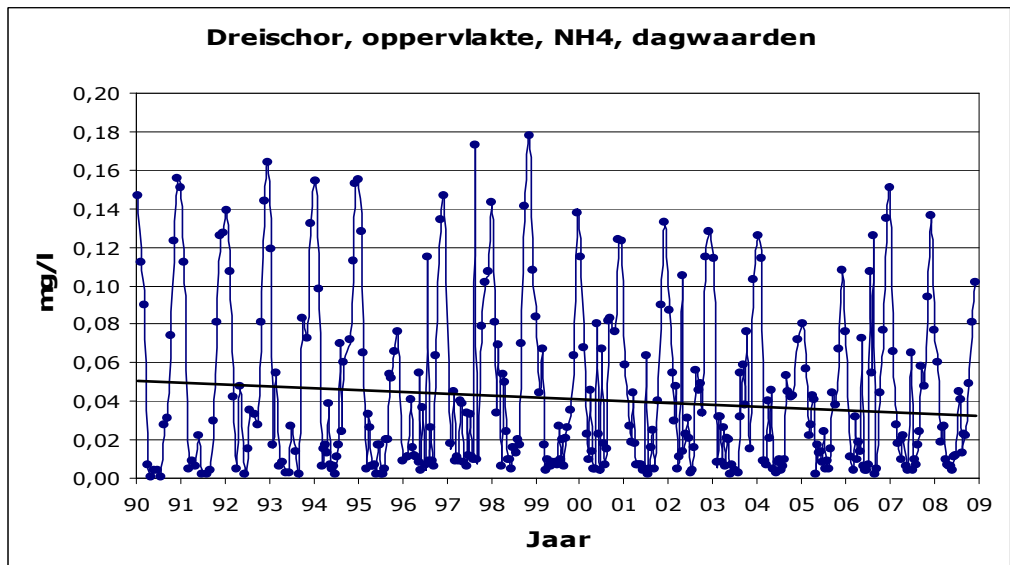
absorptiespectra van gefiltreerd Grevelingenwater uit 2002 (ongepubliceerde gegevens Bert Wetsteijn) met gemeten absorptiespectra uit 198x? (Stronkhorst, 198x?, volledige referentie niet kunnen achterhalen) blijkt dat er in beide gevallen geen absorptie in het 400-440 nm gebied (absorptiegebied van humuszuren) werd gemeten.

In de periode 1999 t/m 2008 neemt het doorzicht weer langzaam toe, zowel de dagwaarden als de jaargemiddelden. Het jaargemiddelde doorzicht (zie ook Tabel 6.10) neemt toe van ca. 20 naar 30 dm. Ook de oorzaak van deze toename van het doorzicht is niet bekend. De toename is zowel voor de dagwaarden als voor de jaargemiddelden significant ($p < 0.05$).

6.6 Nutriënten (opgelost en particulier)

Figuur 6.6a

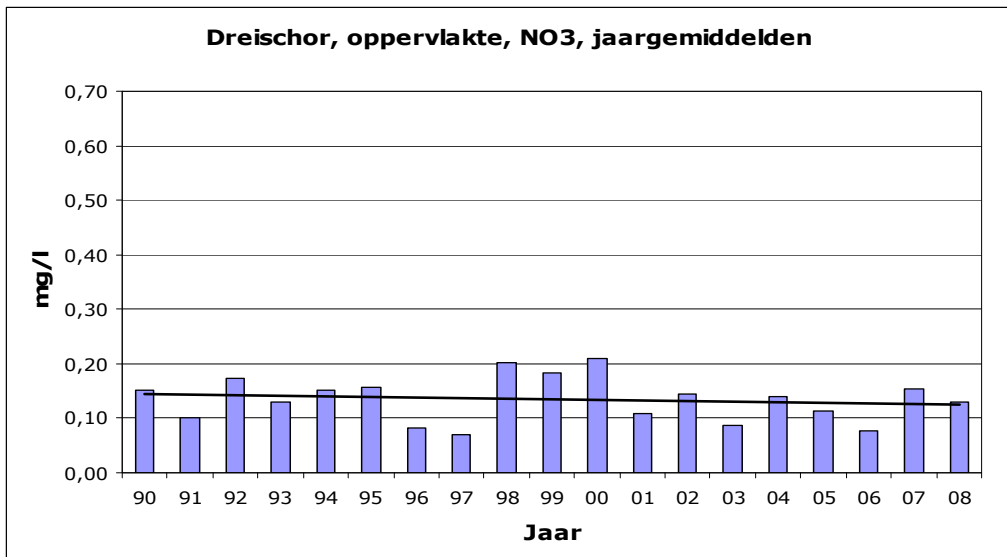
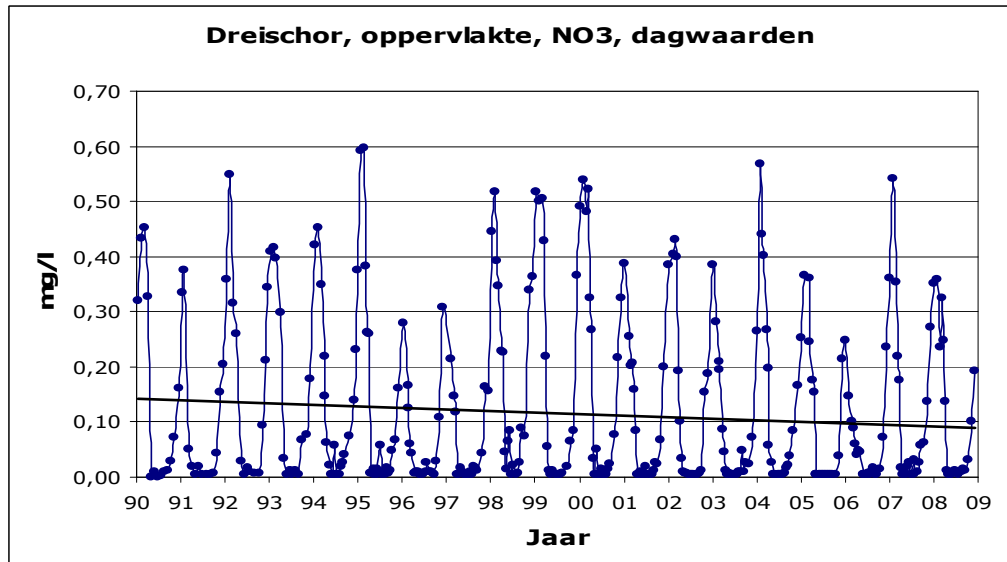
Ammonium (NH_4) concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Eén waarde uit het originele DONAR-bestand werd weggelaten: 0.49 mg/l, 19-6-2007, gevlagde waarde (6). Trend dagwaarden: $y = -3E-06x + 0.1348$, $R^2 = 0.0133$, $p = 0.0314$; trend jaargemiddelden: $y = -0.0008x + 0.1316$, $R^2 = 0.2146$, $p = 0.0458$.



Ammonium is een belangrijk nutriënt voor fytoplankton. De ammoniumgehalten van het oppervlaktewater op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008 variëren tussen ca. 0.00 en 0.16 mg/l (Figuur 6.6a). De jaargemiddelde ammoniumgehalten (zie ook Tabel 6.10) variëren tussen ca. 0.04 en 0.07 mg/l. Voor de dagwaarden en jaargemiddelde ammoniumgehalten is er een significant dalende trend ($p < 0.05$).

Figuur 6.6b

Nitraat (NO_3) concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Trend dagwaarden: $y = -8E-06x + 0.3891$, $R^2 = 0.0091$, $p = 0.0748$; trend jaargemiddelden: $y = -0.0011x + 0.2445$, $R^2 = 0.0230$, $p = 0.5354$.

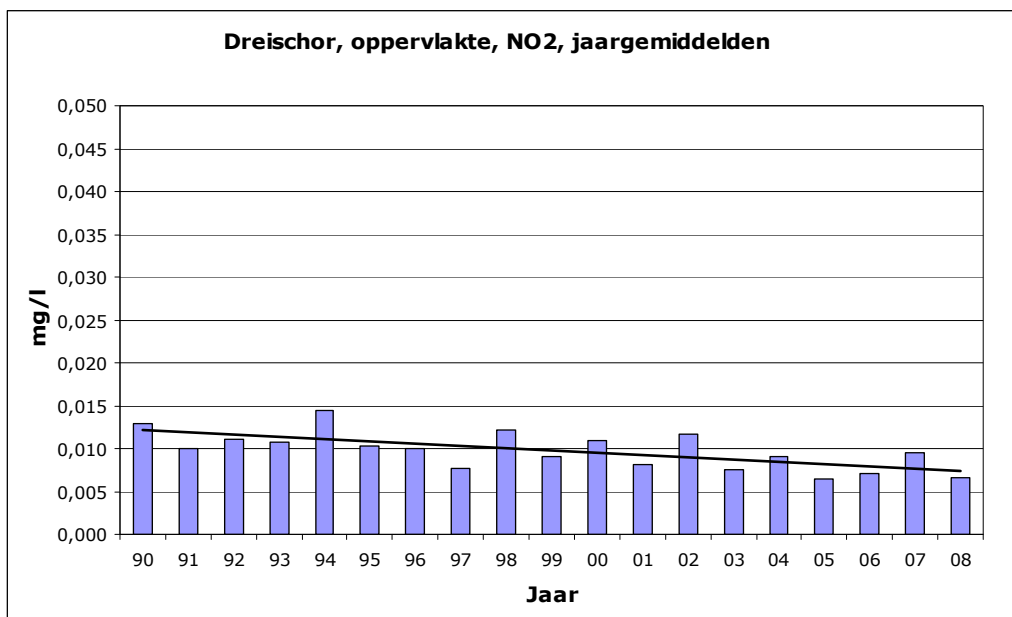
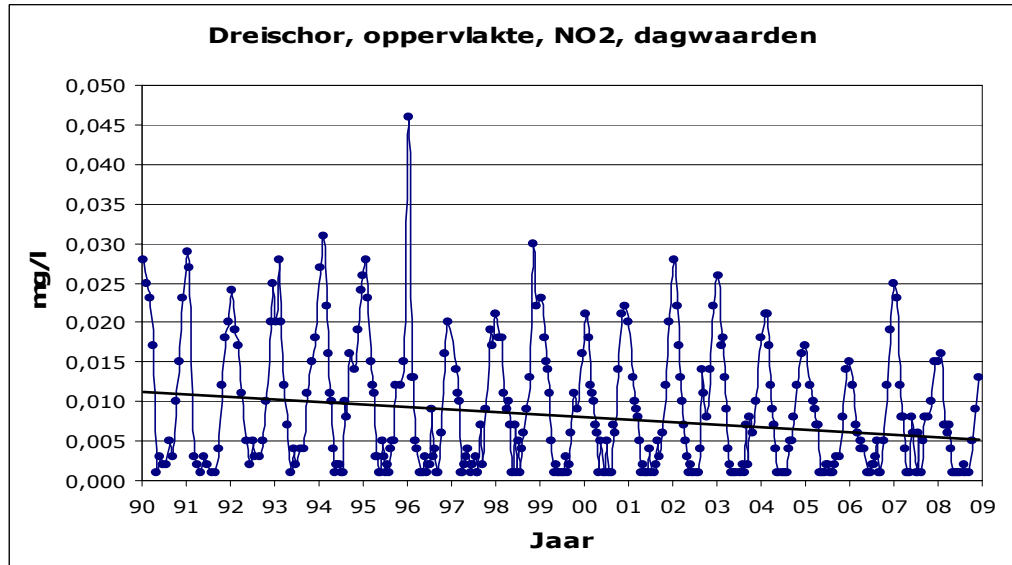


Nitraat is een belangrijk nutriënt voor fytoplankton. Van de opgeloste anorganische stikstof componenten is nitraat meestal in de hoogste concentraties aanwezig. De maximale winter concentraties variëren tussen ca. 0.25 en 0.60 mg/l (Figuur 6.6b). Zomers zijn de concentraties langdurig laag als gevolg van opname door fytoplankton. De jaargemiddelde nitraat concentraties (zie ook Tabel 6.10) variëren tussen ca. 0.07 en 0.21 mg/l.

Voor de dagwaarden en jaargemiddelden wordt een dalende niet-significante trend berekend ($p > 0.05$).

Figuur 6.6c

Nitriet (NO₂) concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Trend dagwaarden: $y = -9E-07x + 0.04$, $R^2 = 0.0355$, $p = 4.91E-05$; trend jaargemiddelden: $y = -0.0003x + 0.0394$, $R^2 = 0.4393$, $p = 0.0020$.

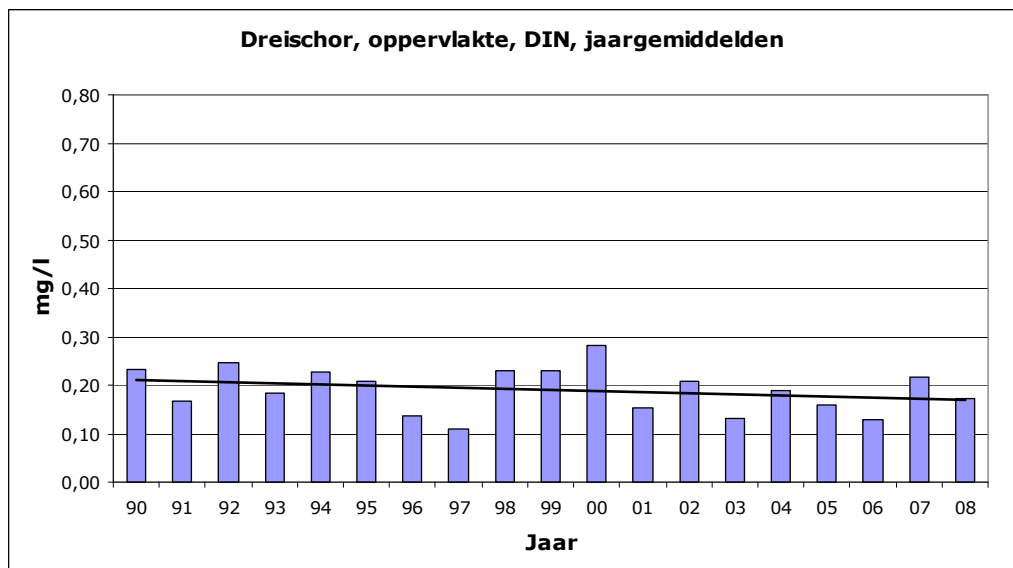
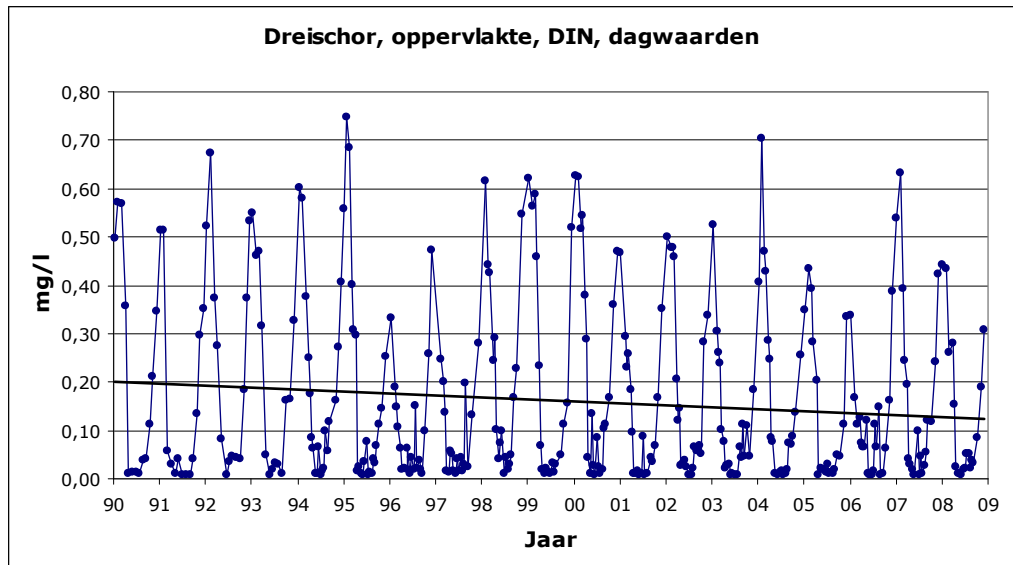


Nitriet is het minst belangrijke stikstof nutriënt voor fytoplankton. De maximale winter concentraties variëren tussen ca. 0.015 en 0.030 mg/l (Figuur 6.6c). Zomers zijn de concentraties langdurig laag. De jaargemiddelde concentraties (zie ook Tabel 6.10) variëren tussen ca. 0.007 en 0.014 mg/l.

Voor de dagwaarden en jaargemiddelden wordt een significant ($p < 0.05$) dalende trend berekend.

Figuur 6.6d

DIN ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$) concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Trend dagwaarden: $y = -1 \times 10^{-5}x + 0.5667$, $R^2 = 0.0139$, $p = 0.0292$; trend jaargemiddelden: $y = -0.0022x + 0.4062$, $R^2 = 0.0692$, $p = 0.2765$.

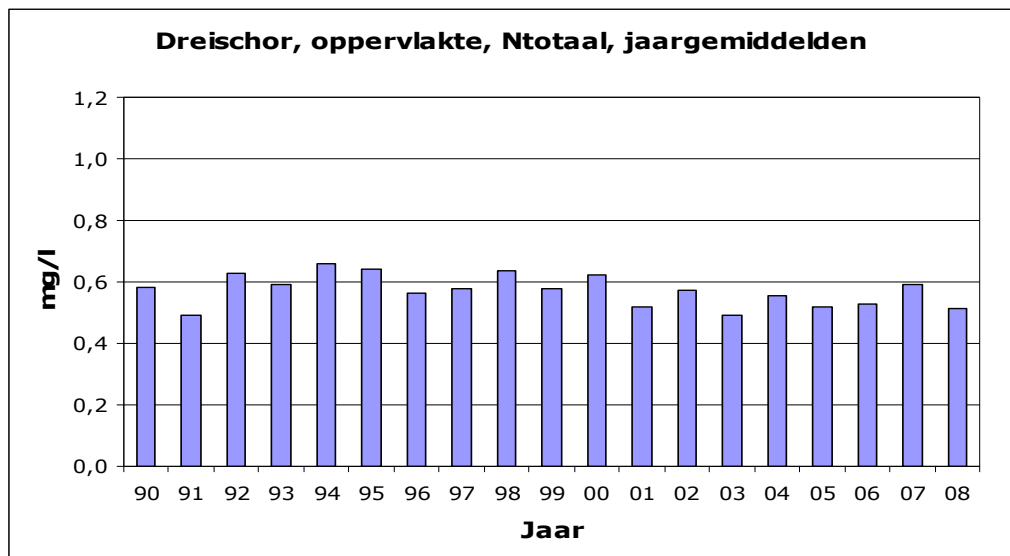
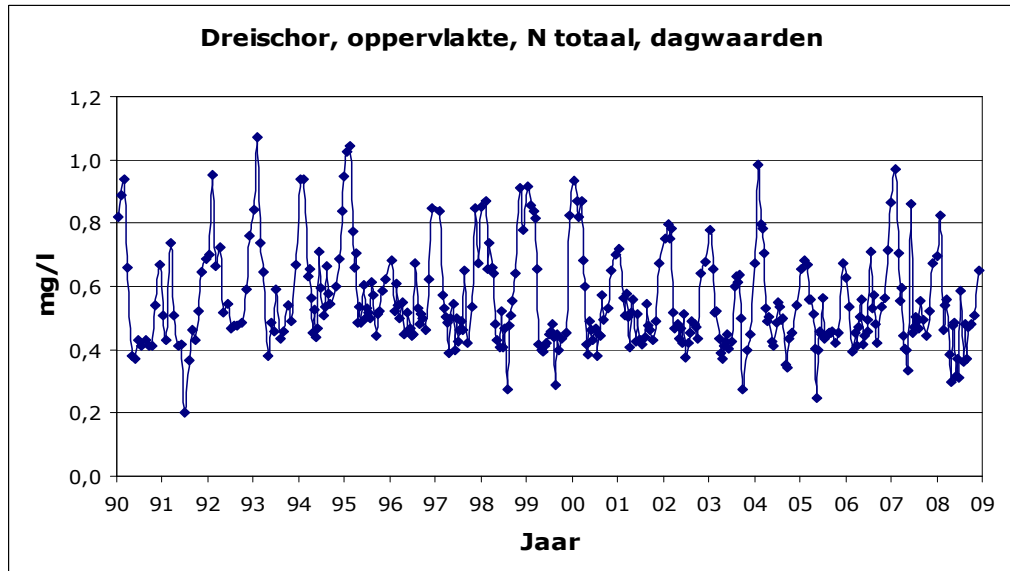


De DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen, opgelost anorganisch stikstof = nitriet + nitraat + ammonium) concentraties zijn berekend als de som van nitriet, nitraat en ammonium. Nitraat is de belangrijkste stikstof component van DIN. De winter maxima variëren tussen ca. 0.30 en 0.70 mg/l (Figuur 6.6d). Zomers zijn de concentraties langdurig laag. De jaargemiddelde DIN concentraties (zie ook Tabel 6.10) variëren tussen ca. 0.11 en 0.28 mg/l.

Voor de dagwaarden wordt een licht dalende significante ($p < 0.05$) trend berekend en voor de jaargemiddelden een licht dalende niet-significante ($p > 0.05$) trend.

Figuur 6.6e

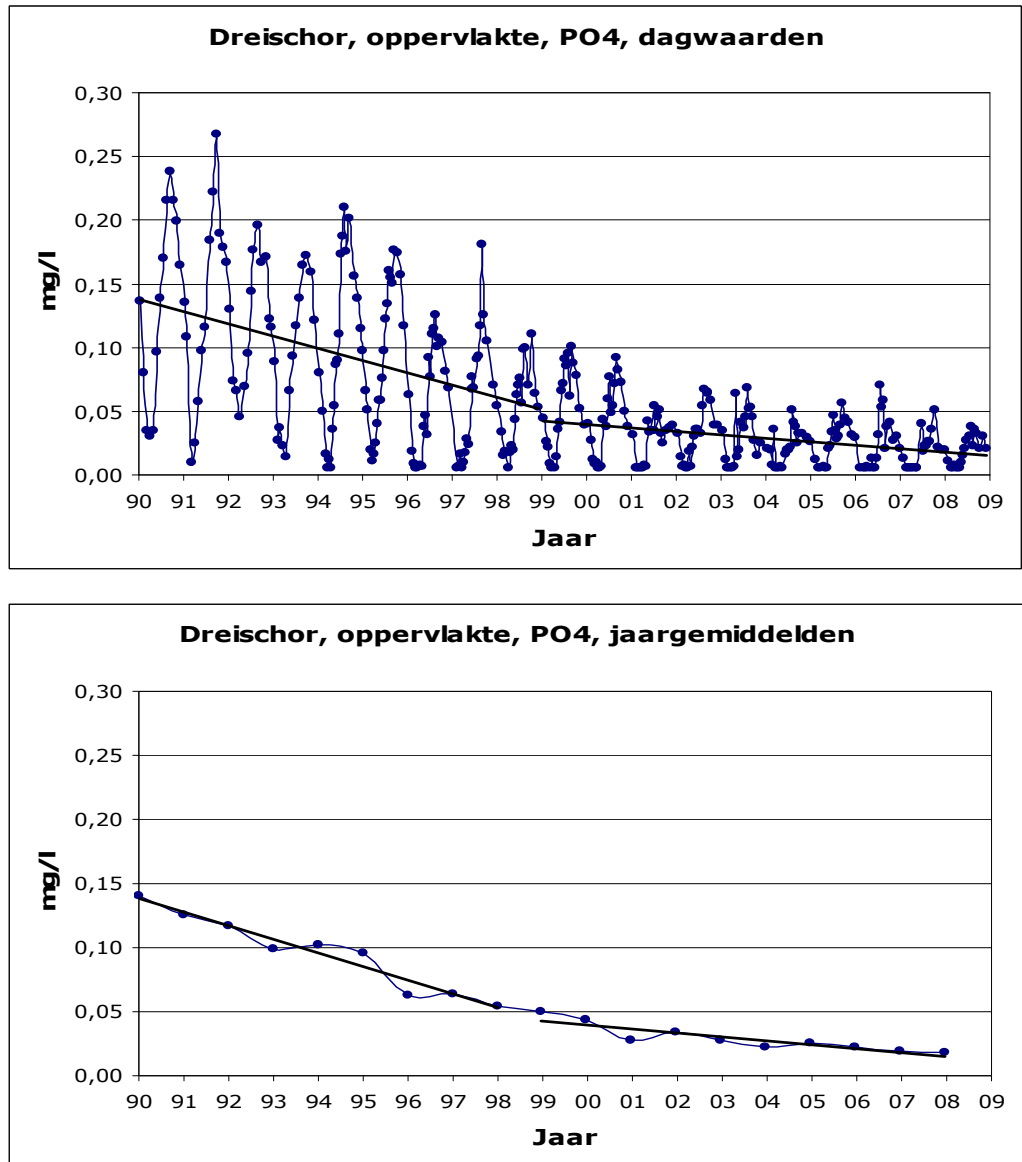
Ntotaal concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden.



De Ntotaal dagwaarden variëren tussen ca. 0,3 en 1,0 mg/l en de jaargemiddelden tussen ca. 0,49 en 0,66 mg/l (Figuur 6.6e). Voor zowel de dagwaarden als de jaargemiddelden (zie ook Tabel 6.10) valt geen speciale trend waar te nemen.

Figuur 6.6f

Fosfaat (PO_4) concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Twee waarden uit het originele DONAR-bestand werden weggelaten: 0.42 mg/l, 25-11-1997, niet gevlagd (0) en 0.20 mg/l, 19-6-2007, gevlagde waarde (6). Trend dagwaarden 1990 t/m 1998: $y = -3\text{E-}05x + 0.9987$, $R^2 = 0.1487$, $p = 1.19\text{E-}06$; trend dagwaarden 1999 t/m 2008: $y = -7\text{E-}06x + 0.3086$, $R^2 = 0.121$, $p = 5.14\text{E-}07$; trend jaargemiddelden 1990 t/m 1998: $y = -3\text{E-}05x + 1.104$, $R^2 = 0.95$, $p = 8.28\text{E-}06$; trend jaargemiddelden 1999 t/m 2008: $y = -8\text{E-}06x + 0.3481$, $R^2 = 0.805$, $p = 0.0004$.



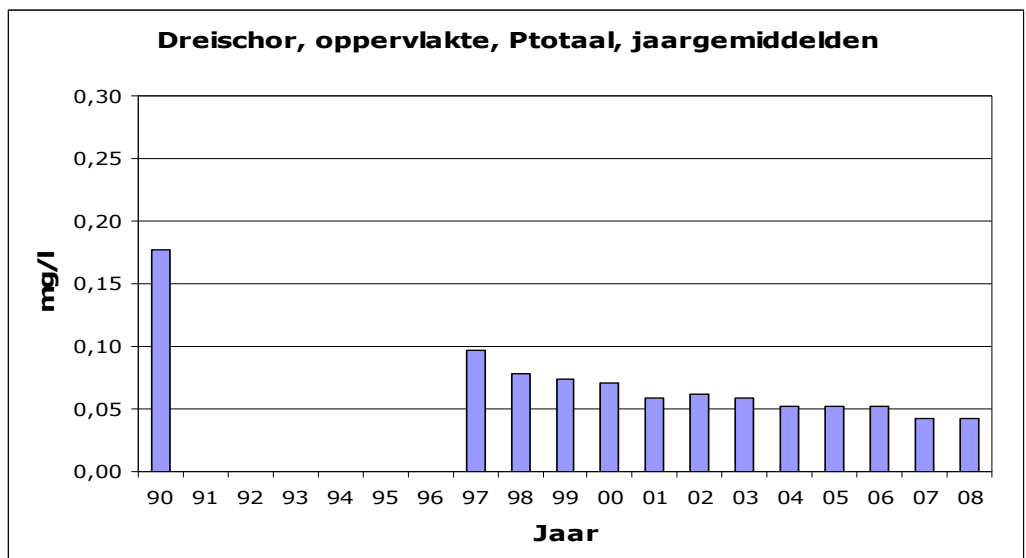
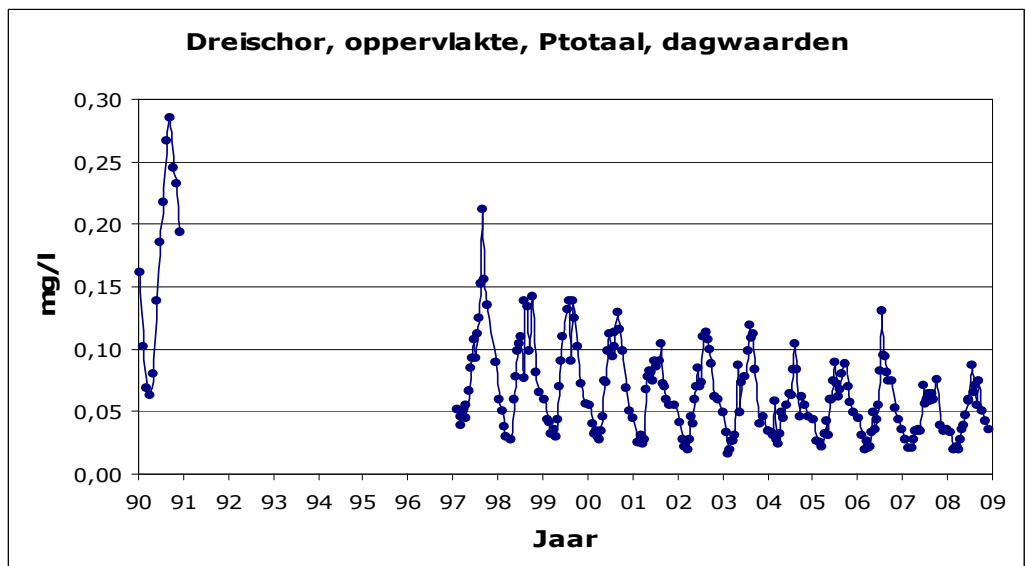
Fosfaat is een belangrijk nutriënt voor fytoplankton. Gedurende de gehele periode 1990 t/m 2008 laten de fosfaat concentraties in het oppervlaktewater op de locatie Dreischor een dalende trend zien (Figuur 6.6f). Gedurende de periode 1990 t/m 1998 dalen de concentraties sneller dan gedurende de periode 1999 t/m 2008 (zie ook *7.1.4 Consequenties van het gewijzigde spuibeheer*). Voor beide perioden is de trend berekend en voor beide perioden is de trend significant ($p = 0.000$), zie bijschrift bij Figuur 6.6f. Ook voor de jaargemiddelden in de twee onderscheiden perioden zijn de trends significant ($p = 0.000$).

De fosfaat concentraties worden vooral bepaald door accumulatie van fosfaat in de bodem bij lagere temperaturen in de winter en het voorjaar en vrijkomen van fosfaat uit de bodem bij hogere temperaturen in de zomer en de herfst. Het vrijkomen van

fosfaat uit de bodem is zelfs groter dan de opname door fytoplankton, waardoor in de zomer en de herfst de fosfaat concentraties weer toenemen, nadat eerst door de voorjaarsbloei van fytoplankton fosfaat opgenomen is. Ondanks de nalevering van fosfaat uit de bodem zijn in de jaren 2000 de zomerwaarden fosfaat over een langere periode erg laag geworden, waarbij in veel gevallen de detectiegrens van 0.005 mg/l wordt bereikt (zie ook 8.1.4 *Nutriëntenbeperking*).

Figuur 6.6g

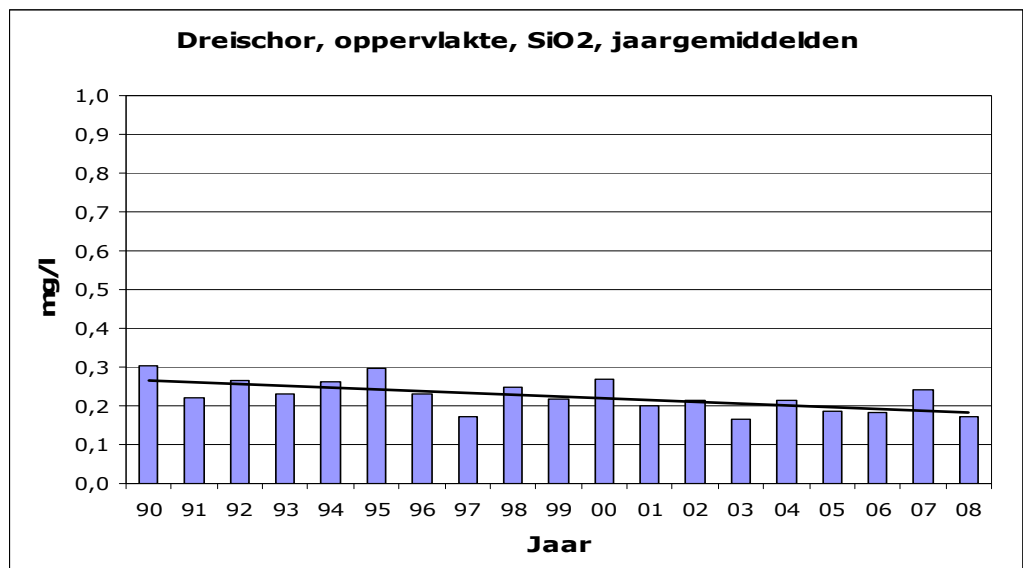
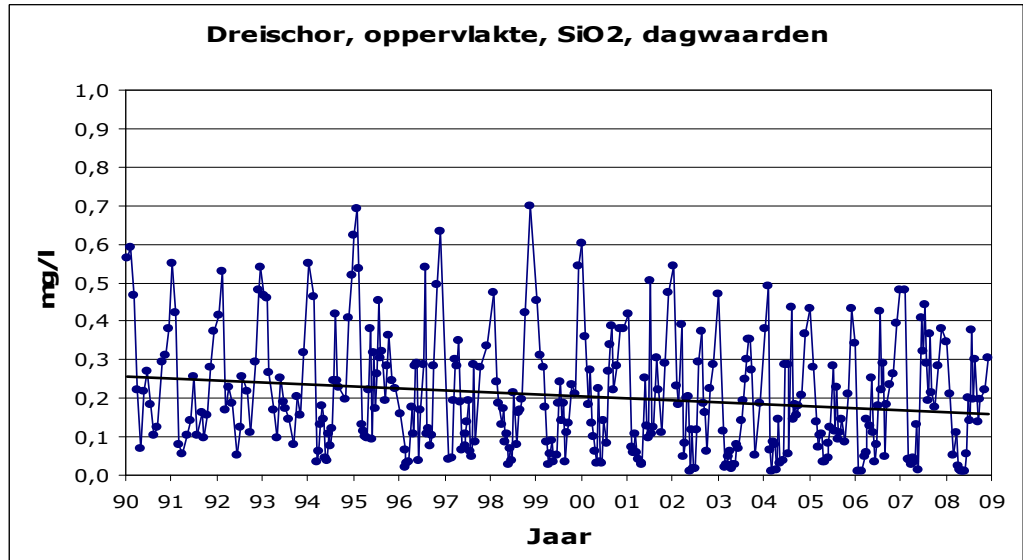
Ptotaal concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden.



Voor de periode 1991 t/m 1996 zijn geen Ptotaal waarden bekend. De dagwaarden variëren tussen ca. 0.020 en 0.028 mg/l en de jaargemiddelden tussen ca. 0.04 en 0.18 mg/l (Figuur 6.6g, zie ook Tabel 6.10). De trend voor Ptotaal in de periode 1999 t/m 2008 is, net zoals voor fosfaat, dalend.

Figuur 6.6h

Silicaat (SiO_2) concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Twee waarden uit het originele DONAR-bestand werden weggelaten: 2.96 mg/l, 25-11-1997, gevlagde waarde (50) en 1.41 mg/l, 19-6-2007, gevlagde waarde (6). Trend dagwaarden: $y = -1\text{E-}05x + 0.709$, $R^2 = 0.0311$, $p = 0.0010$. Trend jaargemiddelden: $y = -0.0046x + 0.6791$, $R^2 = 0.39$, $p = 0.0043$.



Silicaat is een belangrijk nutriënt voor diatomeeën, andere groepen binnen het fytoplankton hebben geen silicaat nodig.

De silicaat concentraties in de periode 1990 t/m 2008 variëren tussen ca. 0.01 (detectiegrens) en 0.70 mg/l (Figuur 6.6h). In de periode 2000 t/m 2008 zijn de wintermaxima en zomerminima lager dan in de periode 1990 t/m 1999. Gedurende de periode 1982 t/m 1989 waren de wintermaxima nog hoger dan in de periode 1990 t/m 1999. Naar alle waarschijnlijkheid wordt dit veroorzaakt door de verminderde polderwaterlozingen van het gemaal Den Osse op het Grevelingenmeer na 1989 doordat er door het gemaal Prommelsluis meer water op de Oosterschelde wordt geloosd (zie Wattel (2002) voor een meer uitgebreide toelichting). In de periode 1980 t/m 1989 bedroeg het gemiddelde polderwaterdebiet van het gemaal Den Osse $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$; in de periode 1990 t/m 1994 was dit gemiddeld $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Echter, aan Tabel 5.2 is te zien dat dat beeld t/m 2008 niet consistent is. Bovendien geldt dat

door de grotere uitwisseling met Voordeltawater, waarin de silicaat concentraties lager zijn dan in het Grevelingenmeer, de silicaat concentraties na 1998 lager worden.

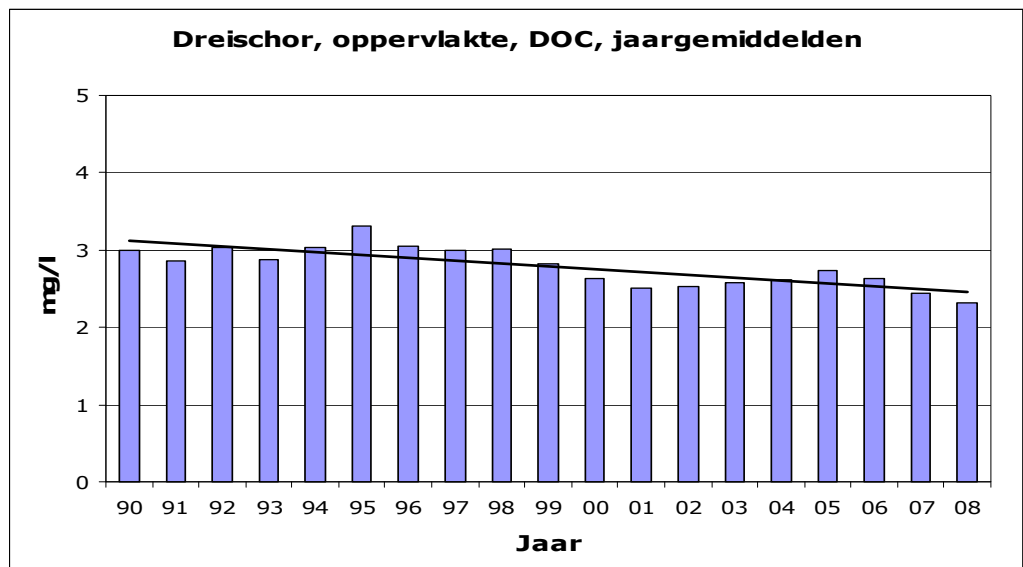
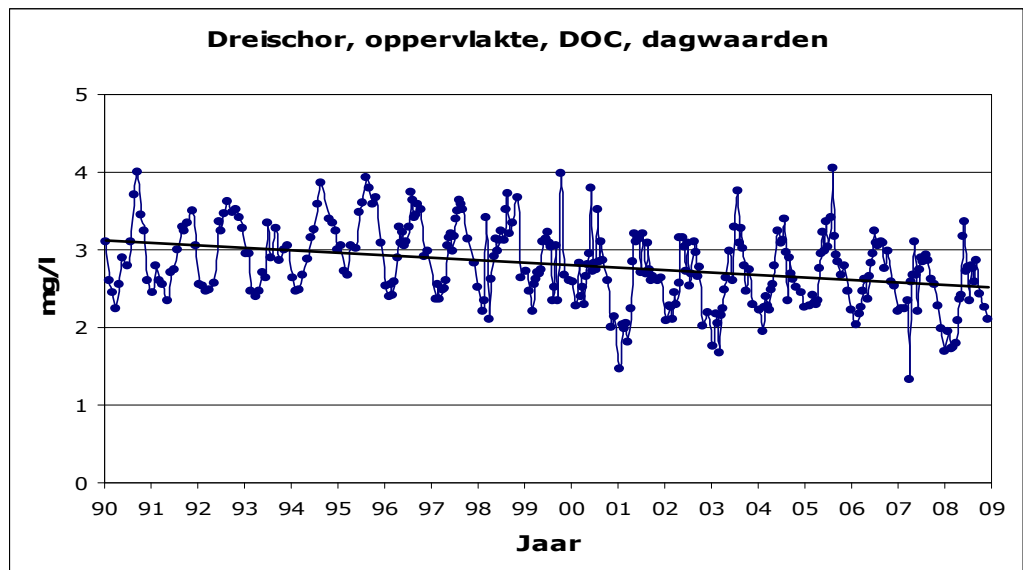
Het gemiddelde van de jaargemiddelden bedroeg voor de perioden 1982 t/m 1989, 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2008 0.43, respectievelijk 0.23 (factor 1.8 lager) en 0.18 (factor 2.4 lager).

Zowel de dagwaarden als de jaargemiddelden (zie ook Tabel 6.10) laten in de periode 1990 t/m 2008 een significant dalende trend zien ($p < 0.05$).

6.7 DOC

Figuur 6.7

DOC concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Twee waarden uit het originele DONAR-bestand werden weggelaten: 5.79 mg/l, 25-11-1997, niet gevlagd (0) en 9.15 mg/l, 27-5-2003, niet gevlagd (0). Trend dagwaarden: $y = -9E-05x + 5.996$, $R^2 = 0.1217$, $p = 6.24E-11$; trend jaargemiddelden: $y = -0.0371x + 6.4583$, $R^2 = 0.6449$, $p = 3.48E-05$.



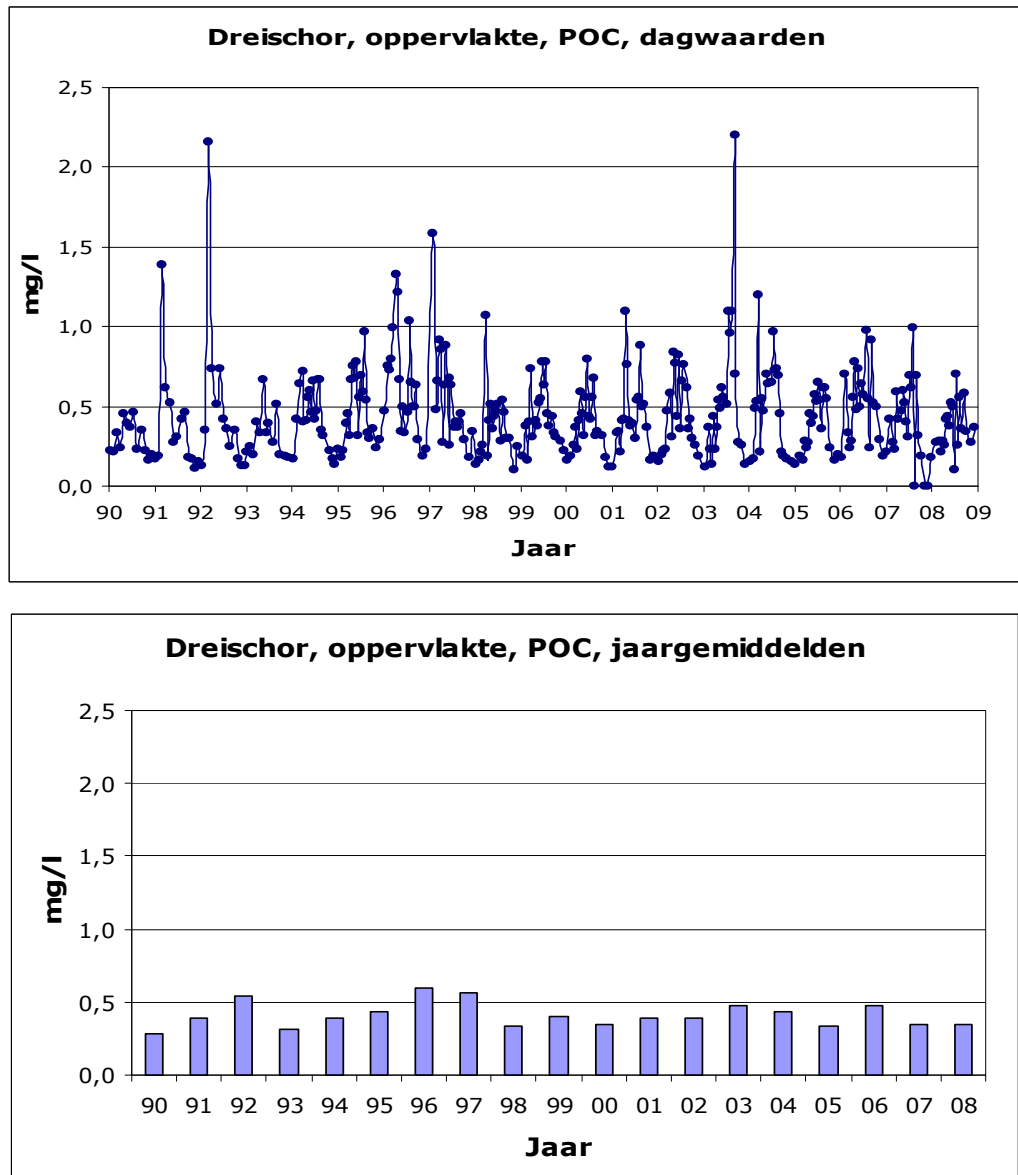
De dagwaarden voor DOC (Dissolved Organic Carbon, opgelost organisch koolstof) variëren tussen ca. 0.15 en 4.0 mg/l en de jaargemiddelden tussen ca. 2.3 en 3.3

mg/l (Figuur 6.7, zie ook Tabel 6.10). De trend voor de dagwaarden en de jaargemiddelden is dalend en significant ($p < 0.05$).

6.8 POC

Figuur 6.8

POC gehalten (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden.

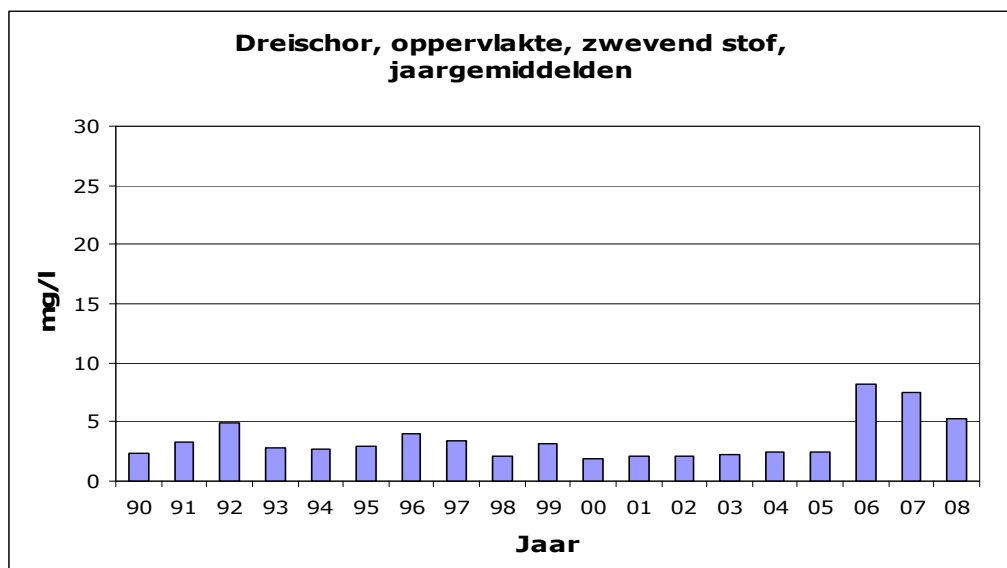
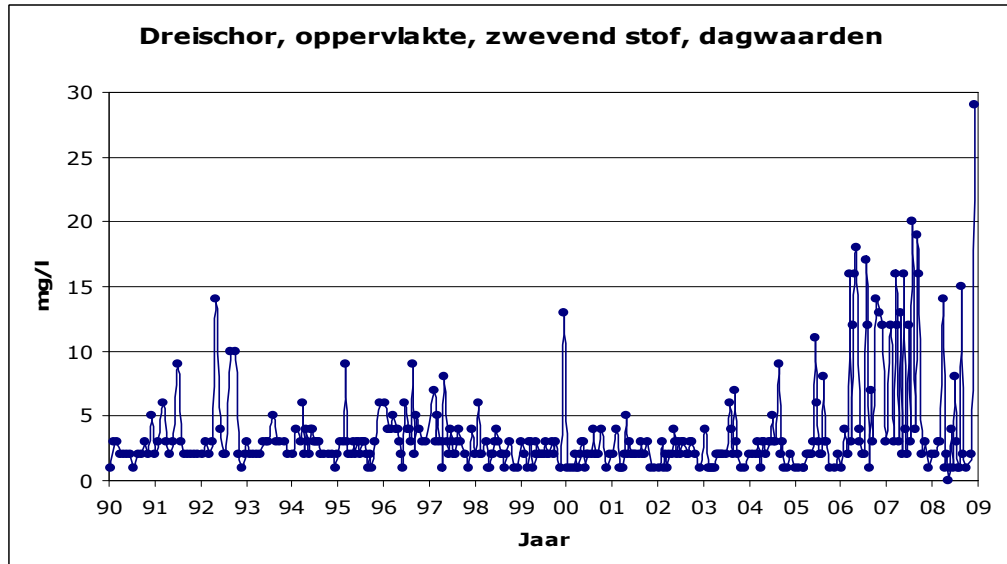


De dagwaarden voor POC (Particulate Organic Carbon, particulier organisch koolstof) variëren tussen ca. 0.2 en 1.5 mg/l met enkele uitschieters tot boven 2.0 mg/l en de jaargemiddelden tussen ca. 0.3 en ruim 0.6 mg/l (Figuur 6.8, zie ook Tabel 6.10). Voor zowel de dagwaarden als de jaargemiddelden valt geen speciale trend waar te nemen.

6.9 Zwevend stof

Figuur 6.9

Zwevend stof gehalten (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Gemeten dagwaarden en berekende jaargemiddelden. Voor de periode 1990 t/m 2005 wordt een significante licht dalende trend in de zwevend stof gehalten berekend ($y = -0.0002x + 11.084$, $R^2 = 0.2592$, $p = 0.0440$, trendlijn niet afgebeeld).



De zwevend stof gehalten op de locatie Dreischor in de jaren 1990 t/m 2005 zijn over het algemeen laag te noemen, tussen 1 en 5 mg/l, met een enkele uitschieter tot 10 à 15 mg/l (Figuur 6.9). De hoge waarden in vooral de jaren 2006 en 2007, maar ook in 2008, die steeds afwisselen met lage waarden, zijn niet realistisch. Dit verschijnsel komt ook voor op de twee andere locaties in het Grevelingenmeer, op de drie locaties in het Veerse Meer en op de locaties Zijpe en LGPK in de Oosterschelde. Het verschijnsel komt niet voor in de monding van de Westerschelde, in de monding van de Oosterschelde, langs de Nederlandse kust en ook niet in de Waddenzee en de Eems-Dollard. Blijkbaar alleen dus in de stagnante zoute meren en in de deelgebieden van de Oosterschelde met lagere stroomsnelheden, waar van nature de gehalten zwevend stof toch al laag zijn. Er is geen natuurlijke oorzaak of ingreep die dit op zoveel locaties tegelijkertijd kan verklaren. Naar de achterliggende oorzaak

wordt nog onderzoek gedaan. Voorlopige conclusie uit microscopische inspectie van een aantal zwevend stof filters uit 2009 is dat dit wordt veroorzaakt door veel kleine zandkorrels (10 tot 70 μm) op de filters. Dit hoort niet zo te zijn voor een stagnant bekken, tenzij het hard gestormd heeft.

De jaargemiddelde gehalten in de periode 1990 t/m 2005 variëren tussen ca. 1.9 en 4.9 mg/l (zie ook Tabel 6.10). Voor deze periode wordt een significante licht dalende trend in de zwevend stof gehalten berekend ($p=0.0440$, trendlijn niet afgebeeld).

6.10 Jaargemiddelden

Alle jaargemiddelden voor de gemeten variabelen op de locatie Dreischor zijn nog eens samengebracht in onderstaande Tabel 6.10.

6.11 Vergelijking Dreischor met Scharendijke en Herkingen

Van een aantal variabelen zijn de jaargemiddelden van de oppervlaktewaarden van locatie Dreischor (jaren 1990 t/m 2008) vergeleken met de waarden van de locaties Scharendijke (jaren 1990 t/m 1995 en 1999 t/m 2008) en Herkingen (jaren 1999 t/m 2008). Dit is gedaan om iets te kunnen zeggen over de representativiteit van de locatie Dreischor in vergelijking met de locaties Scharendijke en Herkingen. De vergeleken variabelen zijn: saliniteit, fosfaat, silicaat, doorzicht, zwevend stof, POC en chlorofyl-a. Er is, in eerste instantie, om een aantal redenen voor deze variabelen gekozen. Saliniteit is een algemene ecologisch belangrijke variabele. De nutriënten fosfaat en silicaat zijn van belang als nutriënt voor de primaire productie van het fytoplankton ter plaatse. Doorzicht en zwevend stof kunnen wellicht iets laten zien over (verschillen in) de geschiktheid van de oppervlaktelagen voor visetende watervogels. En POC en chlorofyl-a mogelijk iets over de voedselbeschikbaarheid voor bodemdieren.

Met een gepaarde t-toets (met veronderstelde ongelijke varianties) werden steeds de resultaten (jaargemiddelden) van één variabele van twee locaties met elkaar vergeleken: Scharendijke met Dreischor, Dreischor met Herkingen en Herkingen met Scharendijke. Omdat niet elke locatie elk jaar werd bemonsterd (zie boven) en rekening houdend met een eventueel verschil voor en na het volledig open zetten van de Brouwerssluis, leidt dit tot de volgende vergelijkingsmogelijkheden:

Scharendijke – Dreischor : 1990 t/m 1995,
Scharendijke – Dreischor : 1999/2000* t/m 2008,
Dreischor – Herkingen : 1999/2000* t/m 2008,
Herkingen – Scharendijke: 1999/2000* t/m 2008.

*Omdat de locaties Scharendijke en Herkingen pas vanaf april zijn bemonsterd zijn de t-toetsen voor zowel de periode 1999 t/m 2008 als voor de periode 2000 t/m 2008 uitgevoerd.

Omdat de zwevend stof gehalten voor de jaren 2006 t/m 2008 op alle drie locaties onrealistisch hoog zijn (zie Figuur 6.9, Tabel 6.10 en Figuur 6.14) zijn voor zwevend stof de t-toetsen ook uitgevoerd voor zowel de periode 1999 t/m 2005 als voor de periode 2000 t/m 2005.

Tabel 6.10

Jaargemiddelde waarden van een aantal waterkwaliteitskenmerken op de locatie Dreischor (oppervlakte) voor de periode 1990 t/m 2008. Chlorofyl-a waarden zijn afkomstig uit 8.1.2 Chlorofyl-a.

Waterkwaliteits kenmerk	Eenheid	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Temperatuur	°C	12.8	10.6	11.5	11.7	11.7	12.5	10.6	11.9	11.3	11.5
Saliniteit	psu	31.5	31.6	30.2	30.4	28.9	27.7	30.9	30.6	29.1	29.0
Zuurstof	mg O ₂ /l	8.93	9.19	9.09	8.88	9.13	9.00	9.40	9.14	9.25	9.51
pH		8.18	8.17	8.33	8.17	8.13	8.20	8.28	8.18	8.17	8.18
Doorzicht	dm	51.5	43.2	44.3	44.2	33.1	33.0	30.0	23.6	28.5	21.2
NH₄-N	mg N/l	0.06	0.06	0.06	0.04	0.06	0.04	0.04	0.05	0.07	0.04
NO₃-N	mg N/l	0.15	0.10	0.17	0.13	0.15	0.16	0.08	0.07	0.20	0.18
NO₂-N	mg N/l	.013	.010	.011	.011	.014	.010	.010	.008	.012	.009
DIN	mg N/l	0.23	0.17	0.25	0.18	0.23	0.21	0.14	0.11	0.23	0.23
N-totaal	mg N/l	0.58	0.49	0.63	0.59	0.66	0.64	0.56	0.58	0.63	0.58
PO₄-P	mg P/l	0.14	0.13	0.12	0.10	0.10	0.10	0.06	0.06	0.05	0.05
P-totaal	mg P/l	0.18							0.10	0.08	0.07
SiO₂-Si	Mg Si/l	0.30	0.22	0.26	0.23	0.26	0.30	0.23	0.17	0.25	0.22
DOC	mg/l	3.00	2.86	3.03	2.88	3.02	3.31	3.05	2.99	3.02	2.82
POC	mg/l	0.28	0.39	0.54	0.32	0.39	0.43	0.60	0.56	0.34	0.40
Zwevend stof	mg/l	2.33	3.25	4.86	2.83	2.72	2.97	4.04	2.39	2.17	3.11
Chlorofyl-a	µg/l	2.45	5.37	3.61	4.18	8.02	5.87	9.26	11.76	4.68	5.66

Waterkwaliteits kenmerk	Eenheid	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Temperatuur	°C	11.9	11.7	12.2	12.5	12.5	12.0	12.2	12.2	11.6	
Saliniteit	psu	28.8	29.3	29.4	30.6	30.8	30.2	30.3	29.4	29.8	
Zuurstof	mg O ₂ /l	8.99	9.59	9.66	9.35	9.14	8.61	9.28	8.93	9.35	
pH		8.10	8.22	8.19	8.20	8.18	8.15	8.14	8.06	8.13	
Doorzicht	dm	24.5	21.1	22.5	22.6	24.1	27.8	28.3	25.3	28.6	
NH₄-N	mg N/l	0.06	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	
NO₃-N	mg N/l	0.21	0.11	0.15	0.09	0.14	0.11	0.08	0.15	0.13	
NO₂-N	mg N/l	.011	.008	.012	.008	.009	.007	.007	.010	.007	
DIN	mg N/l	0.28	0.15	0.21	0.13	0.19	0.16	0.13	0.22	0.17	
N-totaal	mg N/l	0.62	0.52	0.57	0.49	0.56	0.52	0.53	0.59	0.52	
PO₄-P	mg P/l	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	
P-totaal	mg P/l	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	
SiO₂-Si	mg Si/l	0.27	0.20	0.21	0.16	0.21	0.19	0.18	0.24	0.17	
DOC	mg/l	2.64	2.52	2.53	2.58	2.60	2.73	2.62	2.44	2.32	
POC	mg/l	0.34	0.39	0.40	0.48	0.43	0.33	0.48	0.34	0.34	
Zwevend stof	mg/l	1.89	2.11	2.13	2.21	2.46	2.46	8.17	7.56	5.29	
Chlorofyl-a	µg/l	4.09	5.44	6.65	8.01	4.55	3.65	6.91	3.56	2.57	

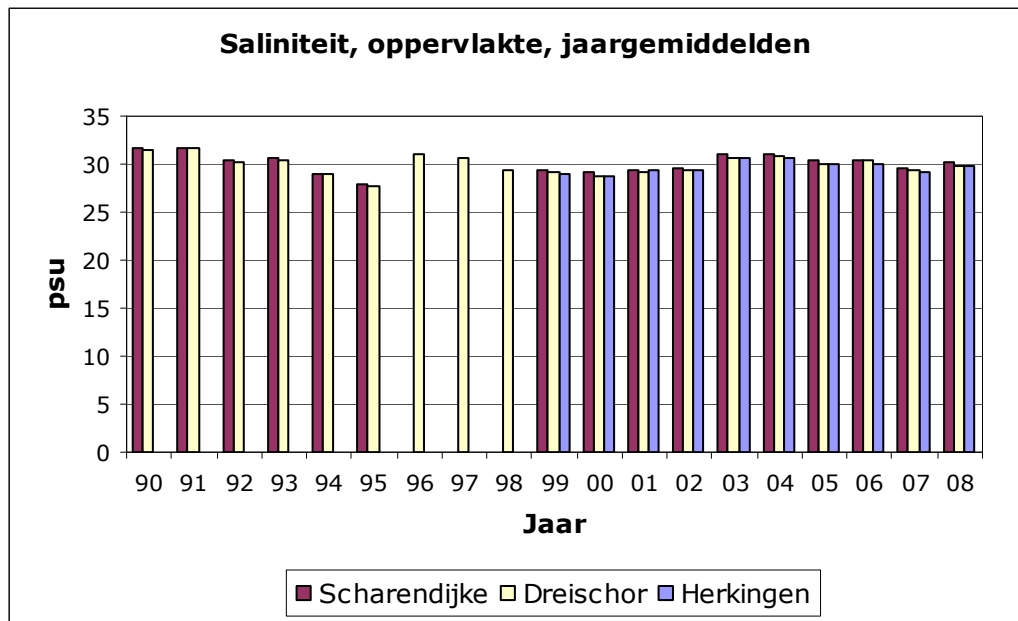
In Figuur 6.10 wordt het resultaat gegeven voor de jaargemiddelde saliniteiten op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen voor de periode 1990 t/m 2008. Te oordelen naar Figuur 6.10 verschillen de jaargemiddelde saliniteiten van de drie locaties niet of nauwelijks van elkaar voor de jaren waarin een vergelijking mogelijk is.

In Figuur 6.11 wordt het resultaat gegeven voor de jaargemiddelde fosfaat

concentraties op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen voor de periode 1990 t/m 2008. Te oordelen naar Figuur 6.11 verschillen de jaargemiddelde fosfaat concentraties van de drie locaties niet of nauwelijks van elkaar voor de jaren waarin een vergelijking mogelijk is.

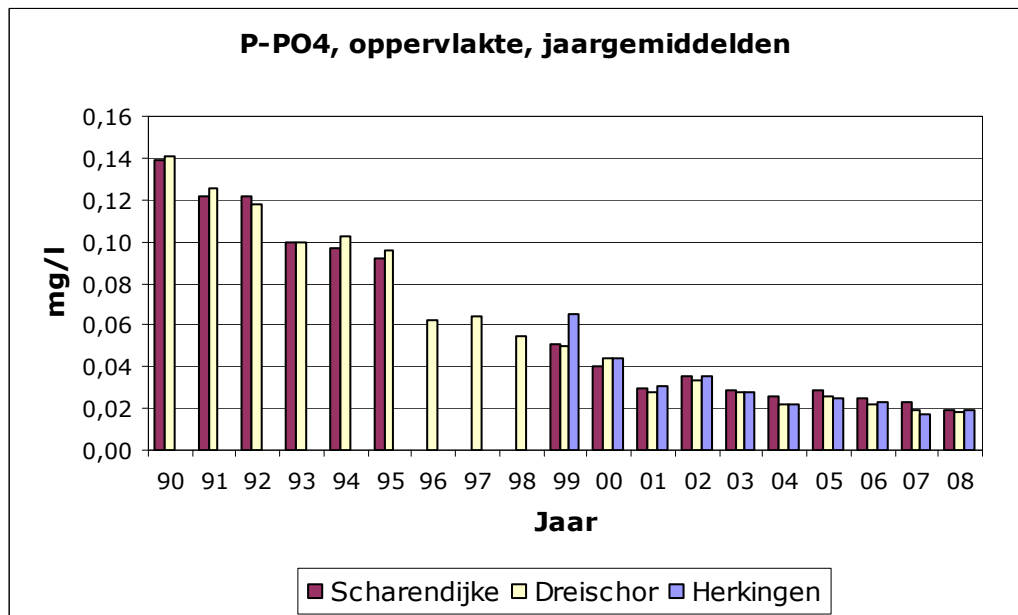
Figuur 6.10

Jaargemiddelde saliniteiten (oppervlakte) op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen in de periode 1990 t/m 2008. Enkele waarden uit de originele DONAR-bestanden zijn in de uitwerking niet meegenomen: Scharendijke, 14-1-1992, 23.02, niet gevlagd (0) en 7-6-2006, 27.74, niet gevlagd (0); Dreischor, 10-5-1995, 20.11, gevlagde waarde (50); Herkingen, 7-6-2006, 25.81 (niet gevlagd).



Figuur 6.11

Jaargemiddelde fosfaat (P-PO₄) concentraties (oppervlakte) op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen in de periode 1990 t/m 2008. Enkele waarden uit de originele DONAR-bestanden zijn in de uitwerking niet meegenomen: 15-3-2004, 1.38 mg/l, gevlagde waarde (50) en 31-3-2004, 0.42 mg/l, gevlagde waarde (50); Dreischor, 25-11-1997, 0.42 mg/l, niet gevlagd (0) en 19-6-2007, 0.20 mg/l, gevlagde waarde (6).

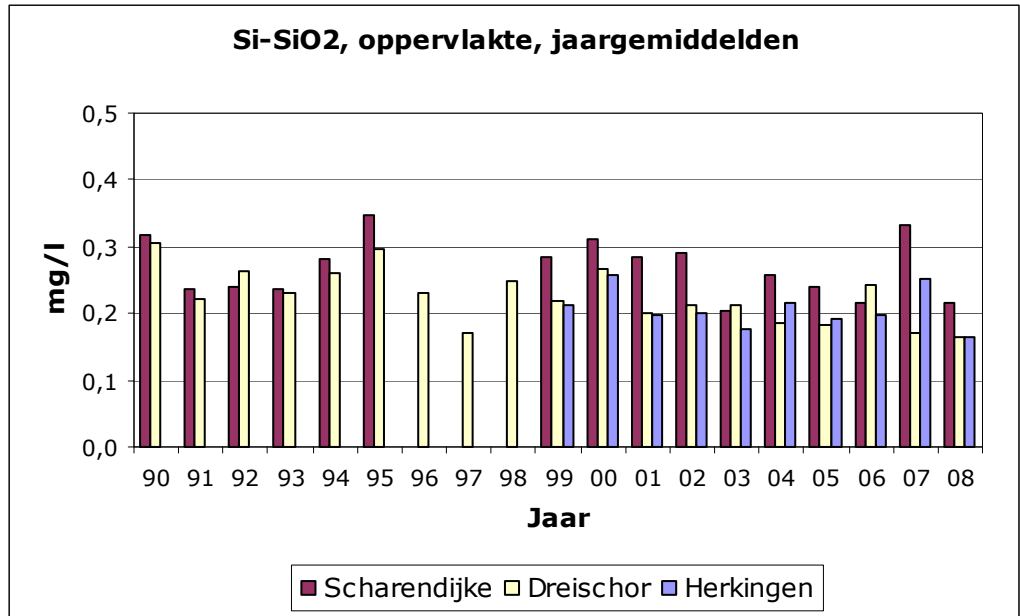


In Figuur 6.12 wordt het resultaat gegeven voor de jaargemiddelde silicaat concentraties op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen voor de periode 1990 t/m 2008. In de periode 1999 t/m 2008 zijn de jaargemiddelde concentraties op de locatie Scharendijke steeds hoger dan die op de andere twee locaties; de

verschillen tussen de locaties Dreischor en Herkingen zijn minder groot, maar in sommige jaren wel aanwezig.

Figuur 6.12

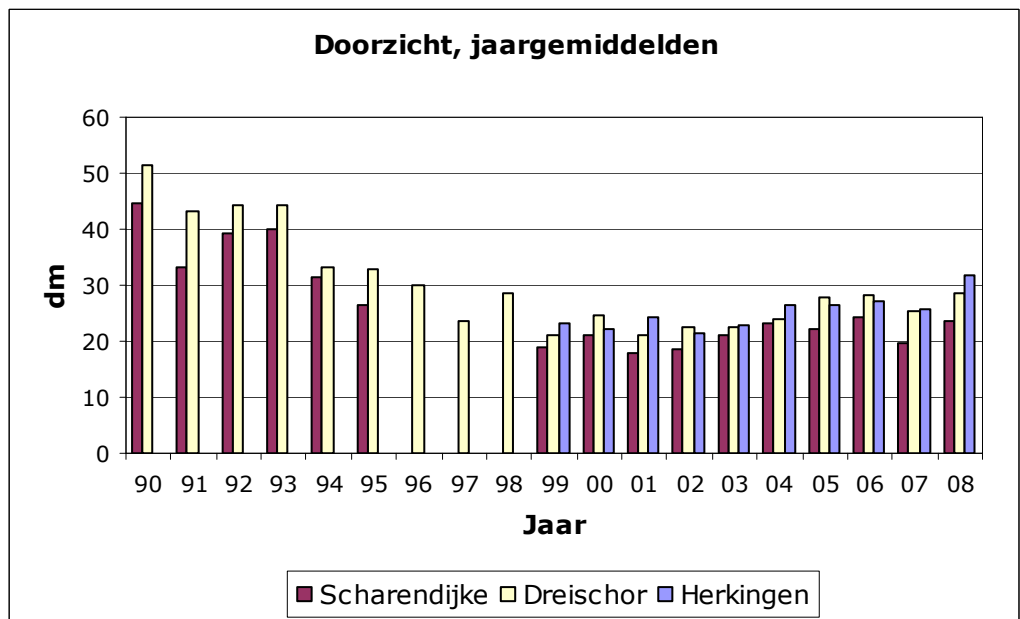
Jaargemiddelde silicaat (S-SiO₂) concentraties (oppervlakte) op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen in de periode 1990 t/m 2008. Enkele waarden uit de originele DONAR-bestanden zijn in de uitwerking niet meegenomen: Dreischor, 25-11-1997, 2,96 mg/l, gevlagde waarde (50) en 19-6-2007, 1,41 mg/l, gevlagde waarde (6).



In Figuur 6.13 wordt het resultaat gegeven voor de jaargemiddelde doorzichten op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen. Gedurende de periode 1990 t/m 1995 zijn de doorzichten op de locatie Dreischor iets hoger dan op de locatie Scharendijke. In de periode 1999 t/m 2008 zijn de verschillen tussen de locaties minder groot en is er in de meeste jaren vaak een lichte gradiënt waarbij het doorzicht van Scharendijke naar Herkingen toeneemt.

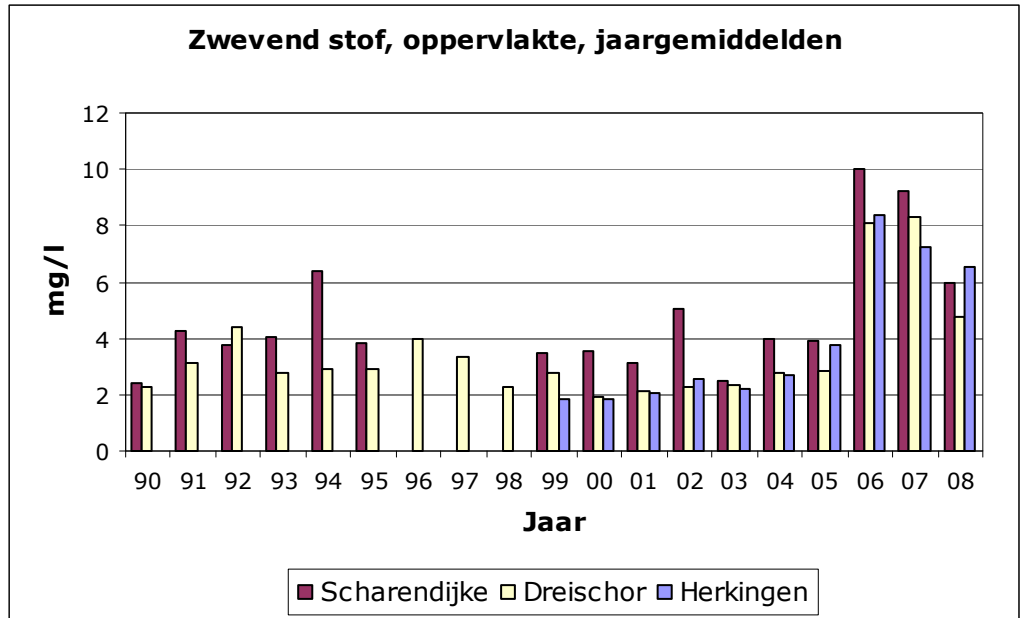
Figuur 6.13

Jaargemiddelde doorzichten op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen in de periode 1990 t/m 2008.



Figuur 6.14

Jaargemiddelde zwevend stof concentraties (oppervlakte) op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen in de periode 1990 t/m 2008. Eén waarde uit de originele DONAR-bestanden is in de uitwerking niet meegenomen: Herkingen, 22-7-2004, 51 mg/l, niet gevlagd (0).



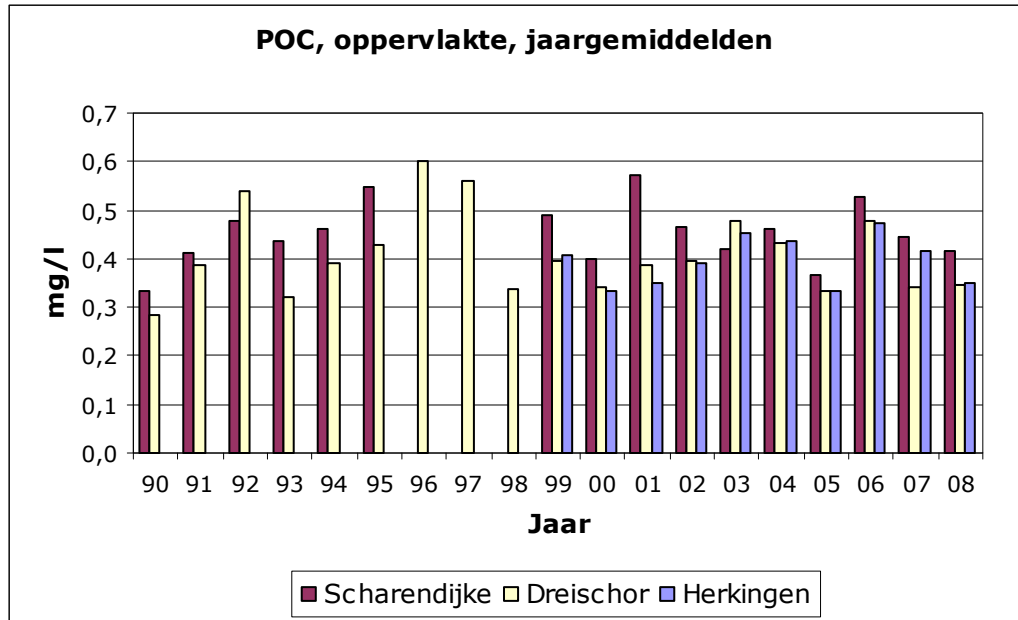
In Figuur 6.14 wordt het resultaat gegeven voor de jaargemiddelde zwevend stof concentraties op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen voor de periode 1990 t/m 2008. In de periode 1999 t/m 2008 zijn de jaargemiddelde zwevend stof concentraties op de locatie Scharendijke hoger dan die op de locaties Dreischor en Herkingen, waarbij het verschil tussen de zwevend stof concentraties op de laatste twee locaties in sommige jaren niet zo veel verschillen. Voor de hoge zwevend stof concentraties in de jaren 2006 t/m 2008: zie **6.9 Zwevend stof**.

In Figuur 6.15 wordt het resultaat gegeven voor de jaargemiddelde POC concentraties op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen voor de periode 1990 t/m 2008. Voor alle jaren, met uitzondering van 2003, zijn de concentraties op de locatie Scharendijke hoger dan die op de beide andere locaties. De verschillen tussen de locaties Dreischor en Herkingen zijn voor de meeste jaren in de periode 1999 t/m 2008 echter niet groot.

In Figuur 6.16 wordt het resultaat gegeven voor de jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen voor de periode 1990 t/m 2008. In vrijwel alle jaren zijn de concentraties op de locatie Scharendijke hoger dan die op de beide andere locaties. De verschillen tussen de locaties Dreischor en Herkingen zijn voor de jaren 1999 t/m 2008 niet zo groot.

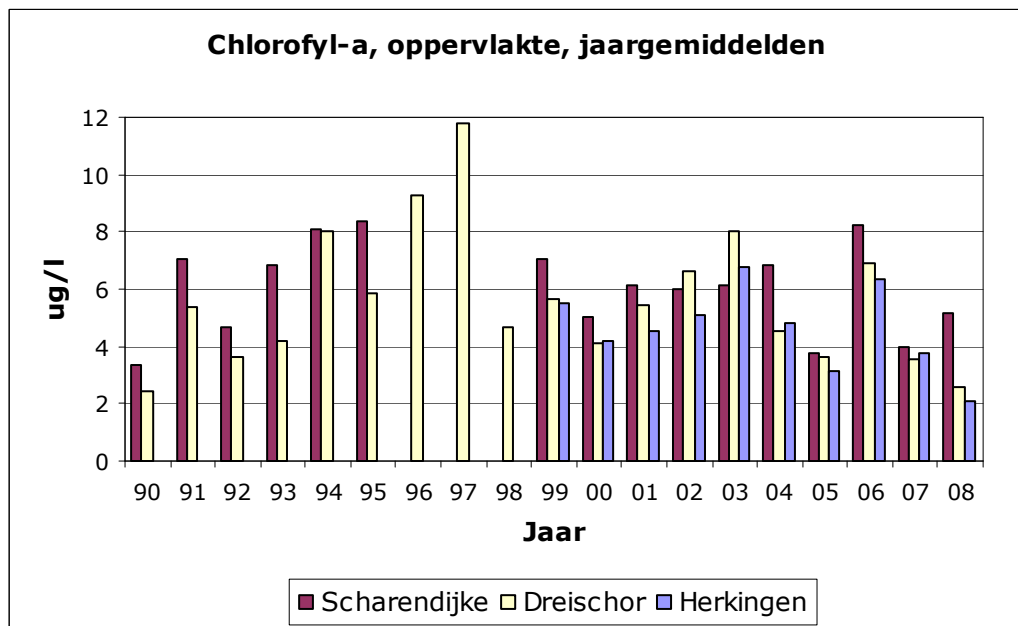
Figuur 6.15

Jaargemiddelde POC concentraties (oppervlakte) op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen in de periode 1990 t/m 2008. Eén waarde uit de originele DONAR-bestanden is in de uitwerking niet meegenomen: Scharendijke, 1-8-1994, 3.28 mg/l, niet gevlagd (0).



Figuur 6.16

Jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties (oppervlakte) op de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen in de periode 1990 t/m 2008.



De resultaten van de gepaarde t-toetsen voor de hiervoor besproken jaargemiddelden van saliniteit, fosfaat, silicaat, doorzicht, zwevend stof, POC en chlorofyl-a op de drie locaties voor diverse perioden worden gegeven in Tabel 6.11. Het uitgangspunt bij de interpretatie van de waarden in Tabel 6.11 is dat waarden hoger dan 50% (geel gemarkeerd) als goed vergelijkbaar worden beschouwd.

Tabel 6.11 laat zien dat voor de variabele saliniteit de overeenkomst voor Schar-Drei in de periode 1990-1995 groot is, alsmede voor Drei-Herk 1999/2000-2008.

Tabel 6.11

Resultaten van de gepaarde t-toetsen voor de hiervoor besproken jaargemiddelden van saliniteit, fosfaat, silicaat, doorzicht, zwevend stof, POC en chlorofyl-a van de locaties Scharendijke, Dreischor en Herkingen voor diverse perioden. Uitgedrukt als kans percentages dat de gemiddelden tussen twee locaties significant gelijk zijn ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$). Percentages > 50% zijn geel gemarkeerd. Schar = Scharendijke, Drei = Dreischor en Herk = Herkingen.

Jaargemiddelden van:	Schar-Drei 1990-1995	Schar-Drei 1999-2008 (2000-2008)	Drei-Herk 1999-2008 (2000-2008)	Herk-Schar 1999-2008 (2000-2008)
		1999-2005 [2000-2005]	1999-2005 [2000-2005]	1999-2005 [2000-2005]
Saliniteit	83	36 (37)	88 (92)	29 (32)
Fosfaat	85	73 (66)	75 (95)	96 (72)
Silicaat	58	0 (1)	95 (92)	0 (1)
Doorzicht	19	1 (1)	70 (80)	0 (1)
Zwevend stof	12	28 (30)	94 (87)	32 (38)
		1[1]	97[66]	1[3]
POC	28	2 (5)	94 (99)	3 (5)
Chlorofyl-a	22	31 (41)	51 (52)	7 (10)

Opvallend is dat niet het geval voor Schar-Drei 1999/2008-2008 en Herk-Schar 1999/2000-2008. Wellicht is één en ander een gevolg van de grotere dynamiek (uitwisseling met de Noordzee) na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis in 1999, maar blijft de dynamiek (in het oppervlakte water) beperkt tot het meest westelijke deel van het Grevelingenmeer. Ondanks dat de absolute verschillen in saliniteit tussen de drie locaties klein zijn (zie Figuur 6.10) is de uitkomst van de t-toetsen toch dat de locatie Scharendijke verschilt van de locaties Dreischor en Herkingen. Dit wordt veroorzaakt doordat voor de variabele saliniteit de berekende varianties erg klein zijn waardoor een klein absoluut verschil in de gemiddelden dan al snel zal overeenkomen met een statistisch significant verschil.

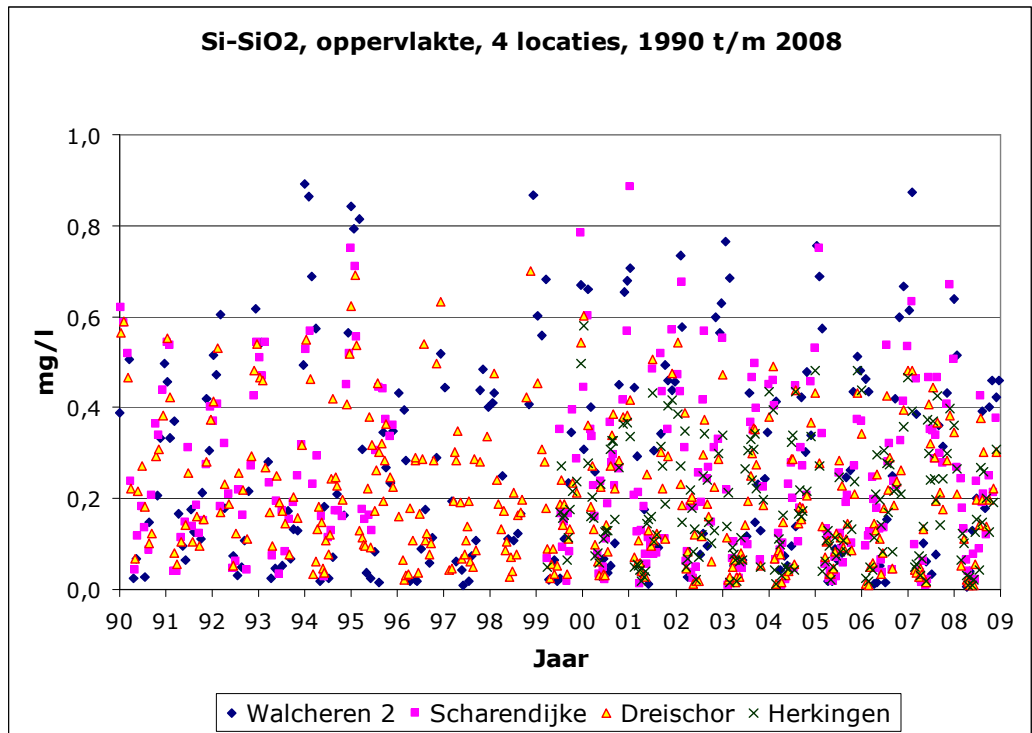
Voor fosfaat is de overeenkomst tussen de drie locaties in alle beschouwde perioden groot (zie verder bij 7.1.6 *Consequenties van het gewijzigde spuibeheer*). Opvallend is dat het beeld voor silicaat hetzelfde is als voor saliniteit, waarbij vooral de overeenkomst tussen Scharendijke en de beide andere locaties minimaal is te noemen, iets dat voor een opgeloste stof niet direct in de lijn der verwachting ligt. Dit beeld kan verklaard worden aan de hand van Figuur 6.17. In deze figuur is te zien dat de silicaat concentraties op de locatie Scharendijke de hogere concentraties op de Noordzee locatie Walcheren 2 volgen (en ook die van locatie Goeree 6, niet afgebeeld), maar dit wordt blijkbaar niet doorgezet tot bij de locatie Dreischor en al helemaal niet tot aan de locatie Herkingen. Op beide laatstgenoemde locaties blijven vooral de winter concentraties lager dan die op de locatie Scharendijke maar zijn onderling wel van dezelfde orde van grootte.

Voor de overige variabelen doorzicht, zwevend stof, POC en chlorofyl-a geldt dat alleen voor Drei-Herk 1999/2000-2008 een goede overeenkomst wordt gevonden.

Samengevat komt het er op neer dat de jaargemiddelden van de locatie Dreischor goed vergelijkbaar zijn met die van de locatie Herkingen en dat de jaargemiddelden van de locatie Scharendijke niet goed vergelijkbaar zijn met die van de locaties Dreischor en Herkingen. De meest waarschijnlijke oorzaak voor deze verschillen is dat na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis in 1999, de dynamiek (in het oppervlakte water) beperkt blijft tot het meest westelijke deel van het Grevelingenmeer.

Figuur 6.17

Silicaat concentraties (oppervlakte) op de locaties Walcheren 2 (1990 t/m 2008), Scharendijke (1990 t/m 1995 en 1999 t/m 2008), Dreischor (1990 t/m 2008) en Herkingen (1999 t/m 2008).



7 Stratificatie en zuurstofdeficiëntie

Algemeen

De bovenste waterlaag van het Grevelingenmeer is het gehele jaar voor ca. 80% verzadigd met zuurstof (www.waterbase.nl). Het zuurstofgehalte van het oppervlaktewater op de locatie Dreischor varieerde in de periode 1990 t/m 2008 tussen 6 en 12 mg O₂/l, in een enkel geval iets lager of iets hoger (zie **6.3 Zuurstofgehalte**).

In diepere delen van het Grevelingenmeer kunnen evenwel zuurstofarme of zuurstofloze omstandigheden voorkomen. Twee aspecten zijn daarbij van belang: stratificatie en zuurstof consumerende processen:

Stratificatie (indeling in verschillende lagen) van de waterkolom (uit Bouma et al., 2008): Stratificatie komt doordat waterlagen verschillende dichtheden hebben als gevolg van verschillen in temperatuur en/of saliniteit. In het voorjaar warmt de zon de bovenste waterlaag op die hierdoor lichter wordt en gaat drijven op de waterlaag daaronder. Er vindt nu vrijwel geen uitwisseling van zuurstof meer plaats tussen de bovenste en onderste waterlaag, waardoor zuurstof in de onderste waterlaag uitgeput kan raken en er zuurstofloze condities ontstaan.

Zuurstof consumerende (afbraak) processen in en nabij de bodem (uit Bouma et al., 2008): Dood organisch materiaal uit de waterkolom, zoals bijvoorbeeld algen, zinkt naar de bodem en wordt daar afgebroken door allerlei (micro)organismen. Deze afbraak is een zuurstof consumerend proces. Bij grote hoeveelheden dood organisch materiaal op de bodem onttrekt dit proces zoveel zuurstof aan het water, dat er zuurstofloze condities ontstaan. Vooral dit tweede proces leidt ieder jaar tot zuurstofloosheid in en nabij de bodem, ook in minder warme jaren.

In de praktijk versterken de twee bovengenoemde processen elkaar.

GTSO-metingen

Het doel van de GTSO-metingen is het beschrijven van het optreden van stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer (Wijsman, 2002). Daartoe worden maandelijks (vanaf 1999 's zomers tweewekelijks) op twintig locaties in de hoofdgeul van oost naar west profielen van temperatuur, chloride en zuurstofgehalte bepaald (trajectmetingen). Vanuit deze verticale profielen is het mogelijk om de horizontale verspreiding van temperatuur, chloride en zuurstofgehalte te bepalen om bijvoorbeeld het percentage zuurstofloos bodemoppervlak te berekenen. Deze gegevens zijn onontbeerlijk om de toenemende zuurstofproblematiek bij de bodem ruimtelijk in beeld te brengen.

De temperatuur-, chloride- en zuurstofprofielen van de trajectmetingen zijn opgeslagen bij RWS Zeeland (HMCZ).

Bij het beheer van het Grevelingenmeer wordt ernaar gestreefd dat de oppervlakte zuurstofarme bodem < 5% van de totale oppervlakte bij NAP – 0.20 m is (zie 3 Gebiedsbeschrijving en beheer). Hierin is het niet altijd duidelijk wat met zuurstofarm wordt bedoeld. Over het algemeen wordt zuurstofloos gedefinieerd als <

1 mg O₂/l en zuurstofarm als < 3 mg O₂/l. In dit rapport wordt er van uitgegaan dat bij het beheer van het Grevelingenmeer er naar wordt gestreefd dat het zuurstofloze (< 1 mg O₂/l) oppervlak < 5% bedraagt. Voor de meeste bentische organismen geldt dat blootstelling aan zuurstof concentraties < 2 mg/l na ongeveer een week tot sterfte leidt (Gray et al., 2002). Ook bij een zuurstof concentratie van 3 mg/l gedurende enige tijd zullen veel bentische organismen niet overleven. Daarom zijn de berekeningen hierna van het maximale percentage zuurstofloze oppervlak, dus voor < 1 mg O₂/l, ook uitgevoerd voor < 3 mg O₂/l.

7.1 Resultaten GTSO-metingen

De resultaten van de GTSO-metingen worden in eerste instantie verwerkt tot transectmetingen, waarin per meettocht de chloride-, temperatuur en zuurstofprofielen van de bodem tot aan het oppervlak langs het gevaren en doorgemeten transect worden gepresenteerd.

Deze transectmetingen kunnen voor de gehele periode van GTSO-metingen ook worden weergegeven als putmetingen, waarbij per put een beeld wordt gegeven van de jaarlijkse successie in chloride-, temperatuur- en zuurstofprofielen van de bodem tot aan het oppervlak in de desbetreffende putten.

Tabel 7.1

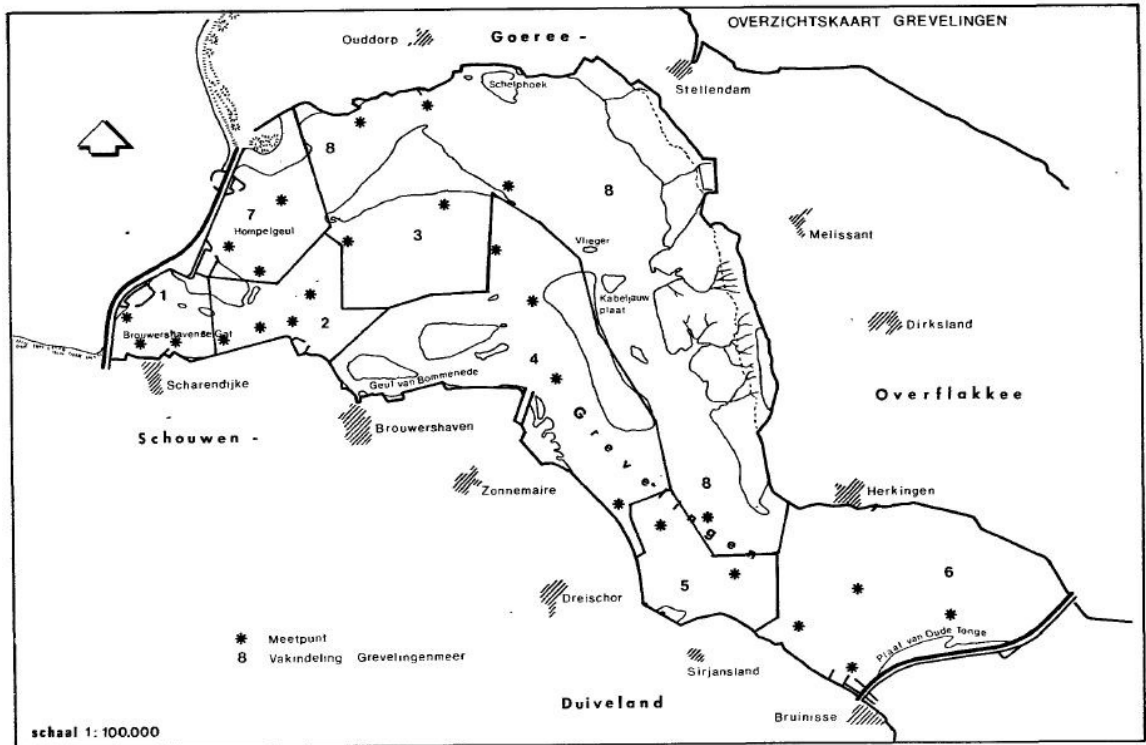
Overzicht van de putten en vakken in de zuidelijke hoofdgeul (vakken 1 t/m 6) en in de noordelijke hoofdgeul (vakken 7 en 8) in het Grevelingenmeer. Diepte = het diepste punt van de metingen.

Profielmeting	Putnaam	Diepte (m)	Gebruikt voor vaknummer	Oppervlakte (ha)
GTSO3	Scharendijke	47.1	1	389
GTSO6	Den Osse	38.1	2	639
GTSO9	Hoofdgeul	22.1	3	924
GTSO13	Dreischor	25.0	4	1500
GTSO15	Herkingen	18.2	5	658
GTSO18	Oude Tonge	12.7	6	1364
			7	
			8	

Gekozen is voor een uitwerking en presentatie van de zuidelijke hoofdgeul met daarin zes putten en het bij elke put horende oppervlak (zie Tabel 7.1 en Figuur 7.1). De namen zijn gekozen in analogie met in vorige bekkenrapportages gekozen namen. Deze zes putten vormen ook steeds het diepste punt van de zes vakken van de zuidelijke hoofdgeul. Voor elke genoemde put is het % zuurstofloos bodemoppervlak bepaald en met behulp van de oppervlakten van de deelvakken het % zuurstofloos bodemoppervlak van het zuidelijk deel van het Grevelingenmeer (vak 1 t/m 6) en van het natte bodemoppervlak van het gehele Grevelingenmeer. Wat betreft het laatste is gebruik gemaakt van de kombergingsfuncties van de vakken 1 t/m 8 en van de al eerder voor dit doel gebruikte 10800 ha. Er is gekozen voor beide mogelijkheden omdat sommatie voor vak 1 t/m 8 (vak 7 en 8 beslaan de noordelijke geul en ondieptes) bij NAP - 0.20 m 8105 ha oplevert en geen 10800 ha, een oppervlakte die steeds in de literatuur wordt genoemd. Daarbij wordt er dan weer van uit gegaan dat vak 7 en 8 nooit zuurstofloos worden en dat is voor vak 7 en het meest westelijke deel van vak 8 eigenlijk niet juist (zie 7.1.3 % zuurstofloos bodemoppervlak).

Figuur 7.1

Vakindeling (vak 1 t/m 8) van het Grevelingenmeer. Zie ook in de tekst voor een nadere uitleg van de vakindeling. Bron: Pieters et al. (1985).



7.1.1 *Transectmetingen*

Van het Grevelingenmeer zijn transectmetingen beschikbaar vanaf 1978. Dit hangt samen met het in gebruik nemen van de spuisluis in de Brouwersdam. Voor dit rapport is gebruik gemaakt van de transectmetingen van de jaren 1990 t/m 2009 (Tabel 7.2).

Tabel 7.2

Aantal beschikbare GTSO transectmetingen in de periode 1990 t/m 2009.

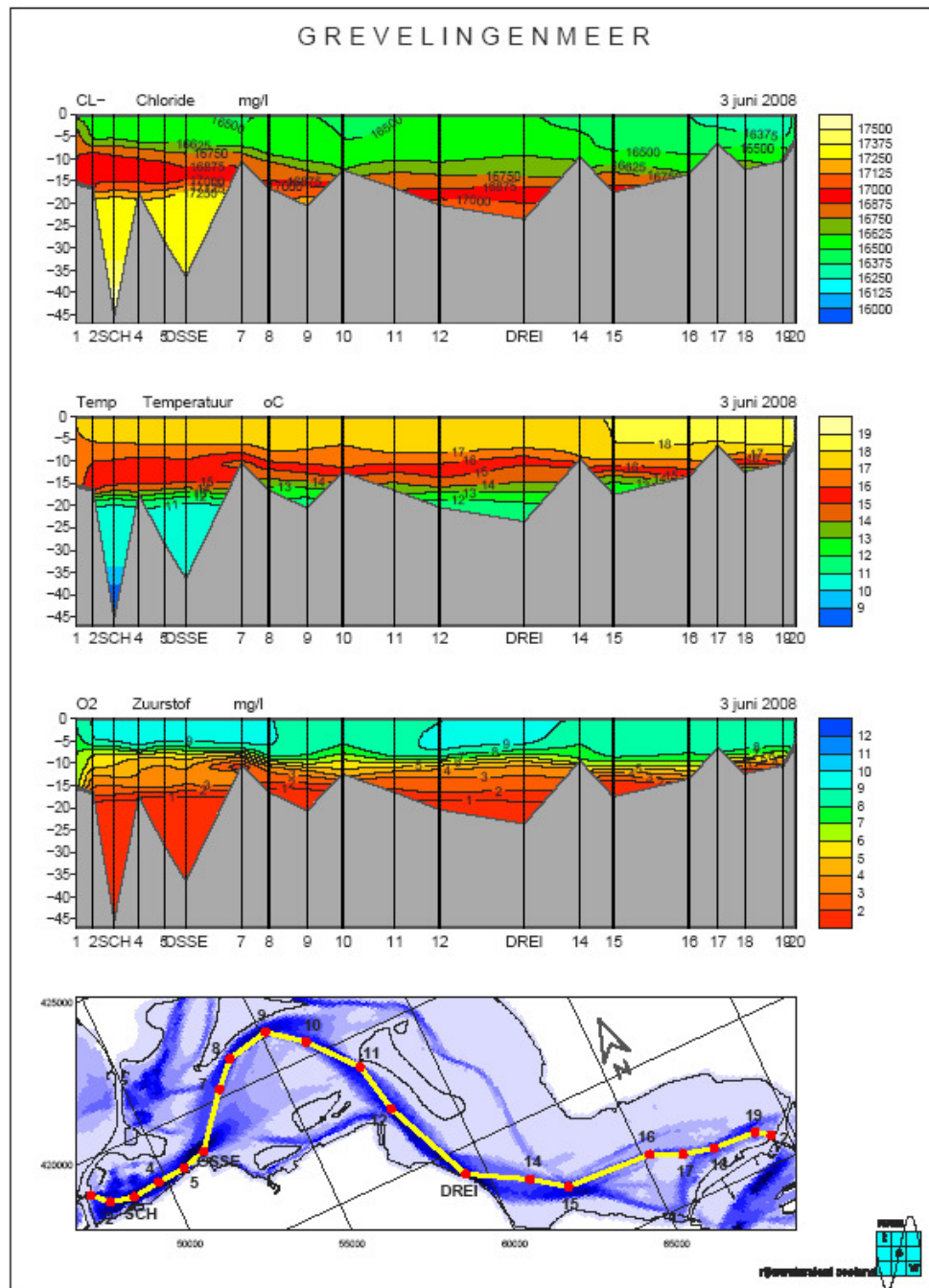
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Jan		1	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Feb				1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mrt		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Apr		1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
Mei	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
Jun	1	2	2	1		1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
Jul		1	3		1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3
Aug		2	1		4	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	3	3	2	2
Sep		2	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Okt	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
Nov	1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dec	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	5	14	14	7	11	12	14	11	12	18	19	18	18	18	18	17	20	19	18	20

Een voorbeeld van een transectmeting (van 3 juni 2008) wordt gegeven in Figuur 7.2. Daarin is bijvoorbeeld te zien dat het chlorideverschil tussen oppervlakte- en bodemwater in de diepe putten Scharendijke en Den Osse slechts 750 mg/l

bedraagt, er zich een temperatuursprong van 4 à 5 °C heeft opgebouwd en dat op een diepte van ca. 15 m het water al zuurstofarm (< 3 mg O₂/l) is en vanaf ca. 17.5 m zelfs zuurstofloos (< 1 mg O₂/l).

Figuur 7.2

Voorbeeld van een GTSO transectmeting. Van boven naar beneden: verticale verdeling van chloride, temperatuur en zuurstof op 3 juni 2008.



7.1.2 Putoverzichten

Van de beschikbare GTSO transectmetingen is voor elke put de ontwikkeling van de chloride-, temperatuur- en zuurstofprofielen voor de periode 1990 t/m 2009 in beeld gebracht. Om de ontwikkelingen te bespreken zijn de putoverzichten van put 3 – Scharendijke (diepte 47.1 m) en put 13 – Dreischor (diepte 25.0 m) hier opgenomen (Figuren 7.3 en 7.4). Deze keuze is gemaakt omdat de ontwikkelingen in de diepe put Scharendijke (47.1 m) overeenkomstig zijn met de ontwikkelingen in de diepe put Den Osse (38.1 m) en datzelfde geldt voor de ondiepe put Dreischor (25.0 m) in vergelijking met de ondiepe putten Hoofdgeul (22.1 m), Herkingen (18.2 m) en Oude Tonge (12.7 m).

In grote lijnen zijn de ontwikkelingen voor de put Scharendijke (Figuur 7.3) als volgt te omschrijven:

Er is in de periode 1990 t/m 1998 geen grote chloride stratificatie, het verschil tussen oppervlaktewater en bodemwater is vrijwel altijd $< 2 \text{ g Cl}^{-1}/\text{l}$; dat geldt ook voor de periode 1999 t/m 2009. Toch kan een klein verschil in saliniteit al belangrijk zijn omdat het een sterke trigger vormt om een spronglaag op te bouwen. In de periode 1990 t/m 1998 is er elk jaar een goed ontwikkelde temperatuursstratificatie met een temperatuursprong van ca. $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$; in de periode 1999 t/m 2009 is er eigenlijk geen sprake meer van een temperatuursstratificatie, behalve in 2005 en een begin van een opbouw van een temperatuursstratificatie in sommige jaren, bijvoorbeeld 2004. Voor wat betreft zuurstof is te zien dat in de periode 1990 t/m 1998 de zuurstofloze oppervlakken beneden de 15 m blijven, en dit is in grote lijnen ook zo in de periode 1999 t/m 2009; opvallend is verder dat de tijdsduur van optredende zuurstofloosheid in de periode 1999 t/m 2009 waarneembaar korter is dan in de periode 1990 t/m 1998.

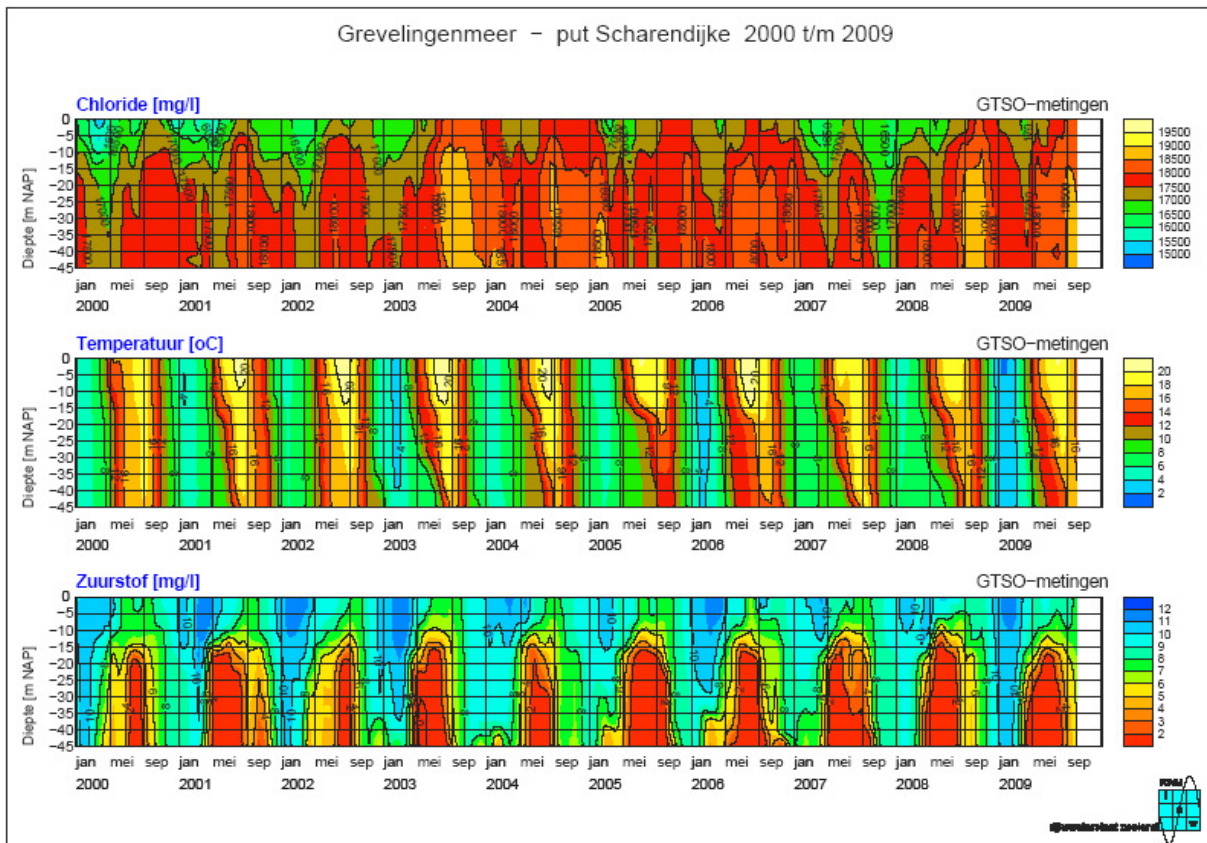
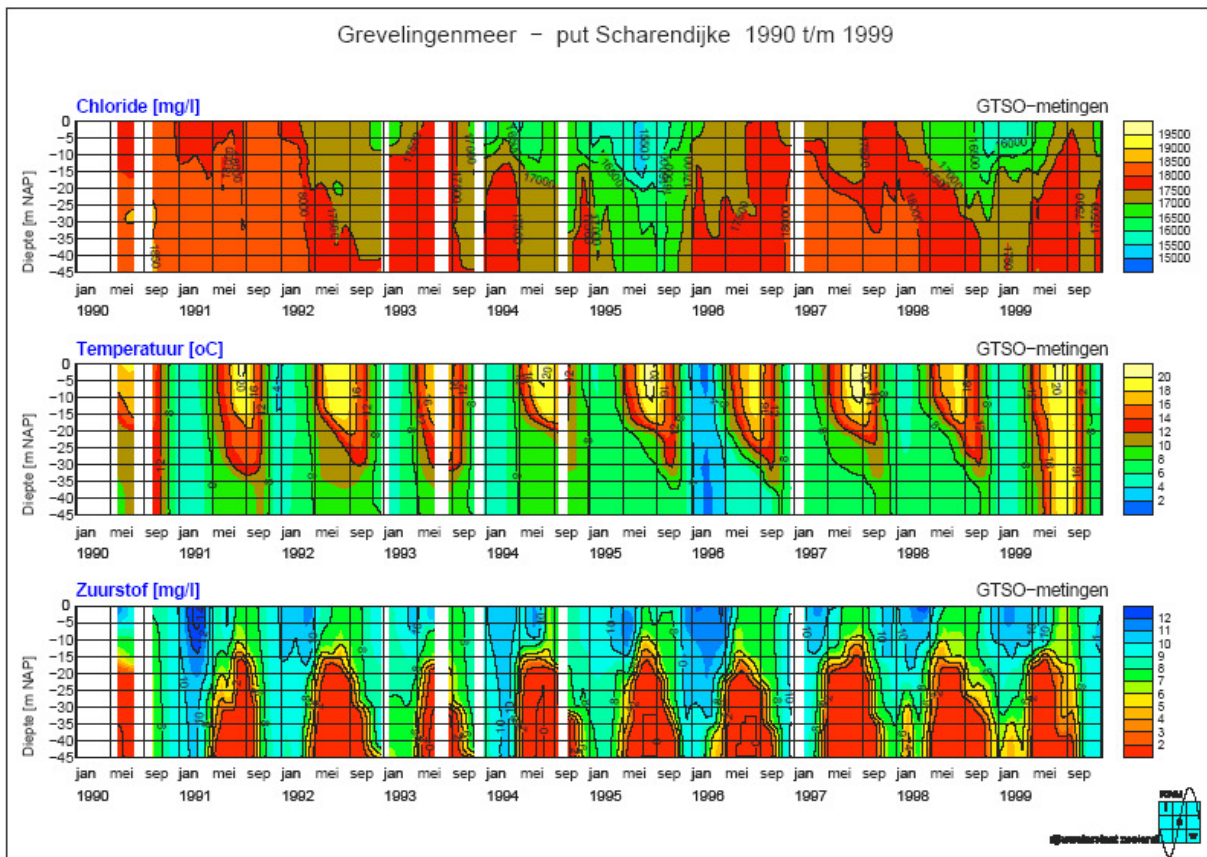
In grote lijnen zijn de ontwikkelingen voor de put Dreischor (Figuur 7.4) als volgt te omschrijven:

Er is in de periode 1990 t/m 1998 geen chloride stratificatie, het verschil tussen oppervlaktewater en bodemwater is vrijwel altijd $< 2 \text{ g Cl}^{-1}/\text{l}$; dat geldt ook voor de periode 1999 t/m 2009. In de periode 1990 t/m 1998 is voor wat betreft de temperatuur de waterkolom vrijwel steeds volledig gemengd en dat is ook het geval voor de periode 1999 t/m 2009. In de periode 1990 t/m 1998 is er elk jaar sprake van zuurstofarme condities op dieptes $> 10 \text{ m}$; vanaf 1999 komen zuurstofarme condities ook voor op geringere diepten dan 10 m. Verder is in de periode 1999 t/m 2009 de tijdsduur van optredende zuurstofarmoede dan wel zuurstofloosheid waarneembaar langer dan in de periode 1990 t/m 1998.

De ingezette trend is voor de periode 1999 t/m 2001 al beschreven in Wijsman (2002) en deze trend heeft zich dus voortgezet t/m 2010. De algemene trend vanaf 1999 bestaat daaruit dat in de diepe vakken 1 (Scharendijke) en vak 2 (Den Osse) de zuurstof situatie iets verbeterd is in de zin dat de zuurstofloze perioden korter duren dan voor 1999. Maar de situatie in deze twee vakken blijft slecht. Voor de ondiepe vakken 3 (Hoofdgeul), 4 (Dreischor), 5 (Herkingen) en 6 (Oude Tonge) geldt dat de situatie verslechterd is omdat na 1998 er elk jaar (vak 3, 4 en 5 (behalve 2004)) of vrijwel elk jaar (vak 6) en gedurende langere tijd dan voorheen zuurstofloze bodems voorkomen.

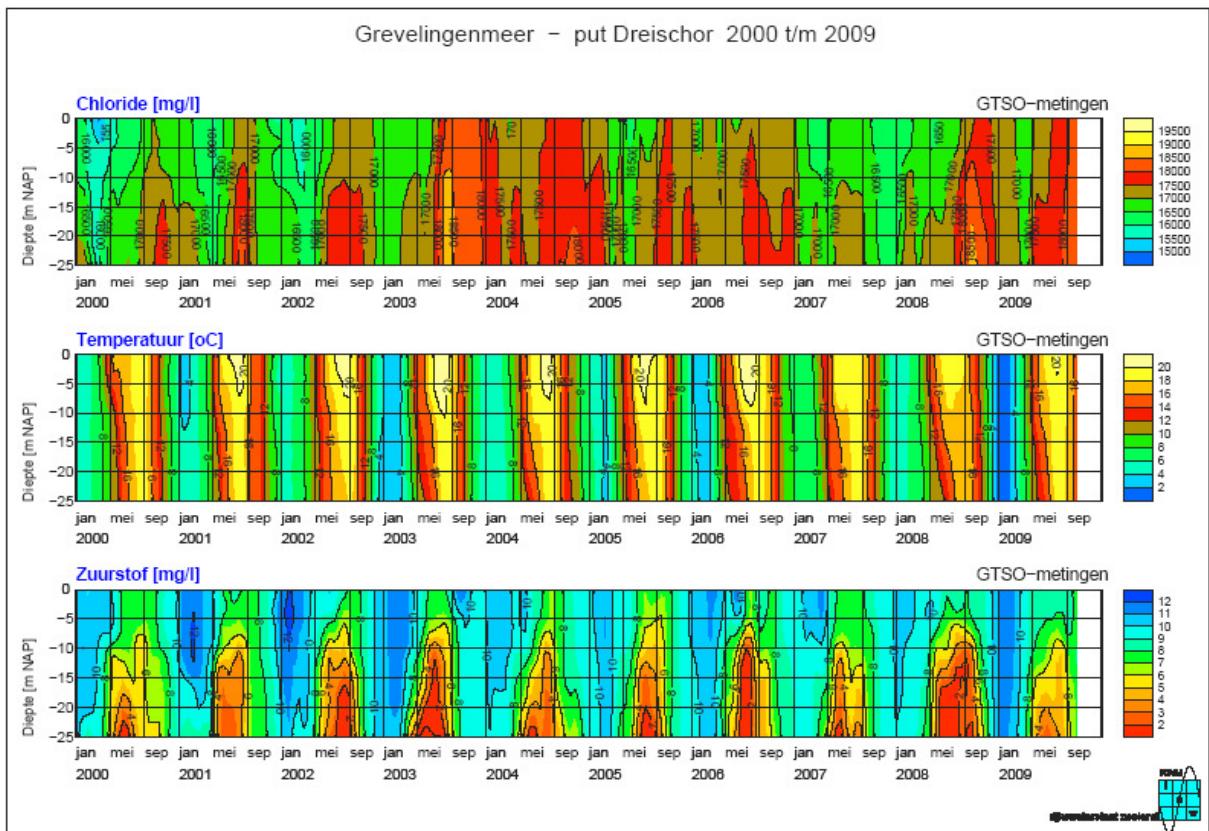
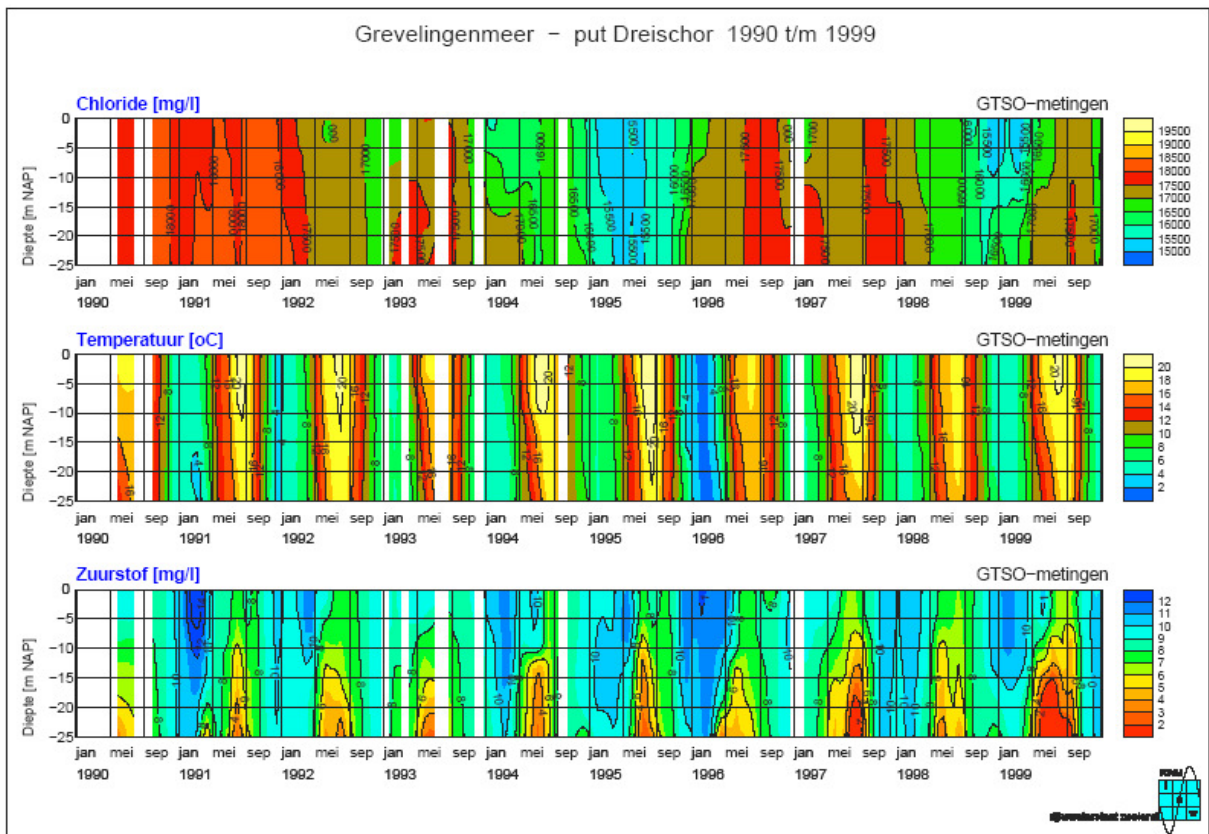
Figuur 7.3

Seizoensontwikkeling van chloride, temperatuur en zuurstof in put Scharendijke in de perioden 1990 t/m 1999 en 2000 t/m 2009.



Figuur 7.4

Seizoensontwikkeling van chloride, temperatuur en zuurstof in put Dreischor in de perioden 1990 t/m 1999 en 2000 t/m 2009.



Om de waargenomen verschillen tussen de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2009 ook statistisch te kunnen toetsen zijn uit de beschikbare GTSO-gegevens een aantal zaken berekend:

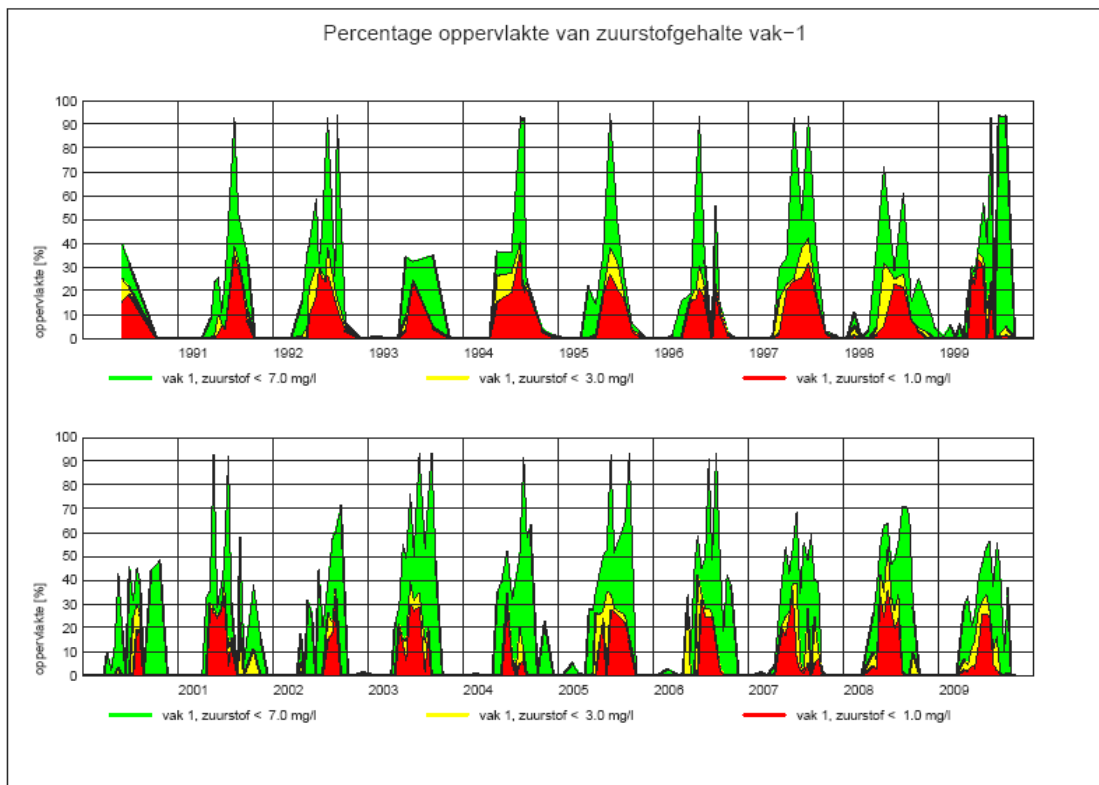
- 1) Het % zuurstofloos (< 1 mg O₂/l) en zuurstofarm (< 3 mg O₂/l) bodemoppervlak per put en ten opzichte van het gehele natte oppervlak, alsmede het % bodemoppervlak bepaald bij < 7 mg O₂/l. Het % bodemoppervlak met < 7 mg O₂/l is verder niet uitputtend uitgewerkt.
- 2) Hoeveel dagen het percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l (en < 3 mg O₂/l) > 5% was.
- 3) Vanaf welke diepte onder het wateroppervlak de zuurstof concentratie < 1 mg O₂/l, respectievelijk < 3 mg O₂/l is op de dag van de GTSO-meting.

7.1.3 % zuurstofloos bodemoppervlak

Voor elk van de zes vakken van de zuidelijke hoofdgeul (zie 5.1) is het % zuurstofloos bodemoppervlak bepaald bij de waarden 1, 3 en 7 mg O₂/l. Ter illustratie zijn alleen de figuren voor vak 1 (put 3 - Scharendijke) en vak 4 (put 13 - Dreischor) opgenomen (Figuren 7.5 en 7.6). Deze keuze is gemaakt om dezelfde redenen als genoemd in 7.1.2 *Putoverzichten*.

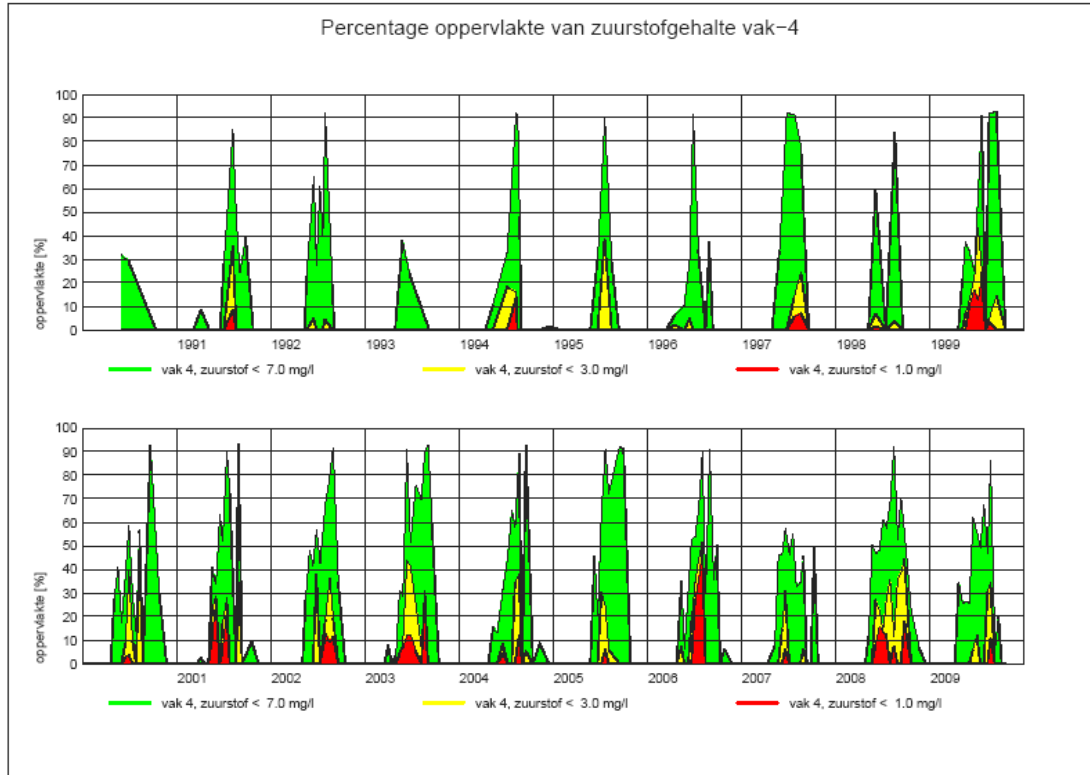
Figuur 7.5

Percentage van oppervlakte van vak 1 (389 ha) met zuurstof concentraties <7, <3 en <1 mg O₂/l in de periode 1990 t/m 2009.



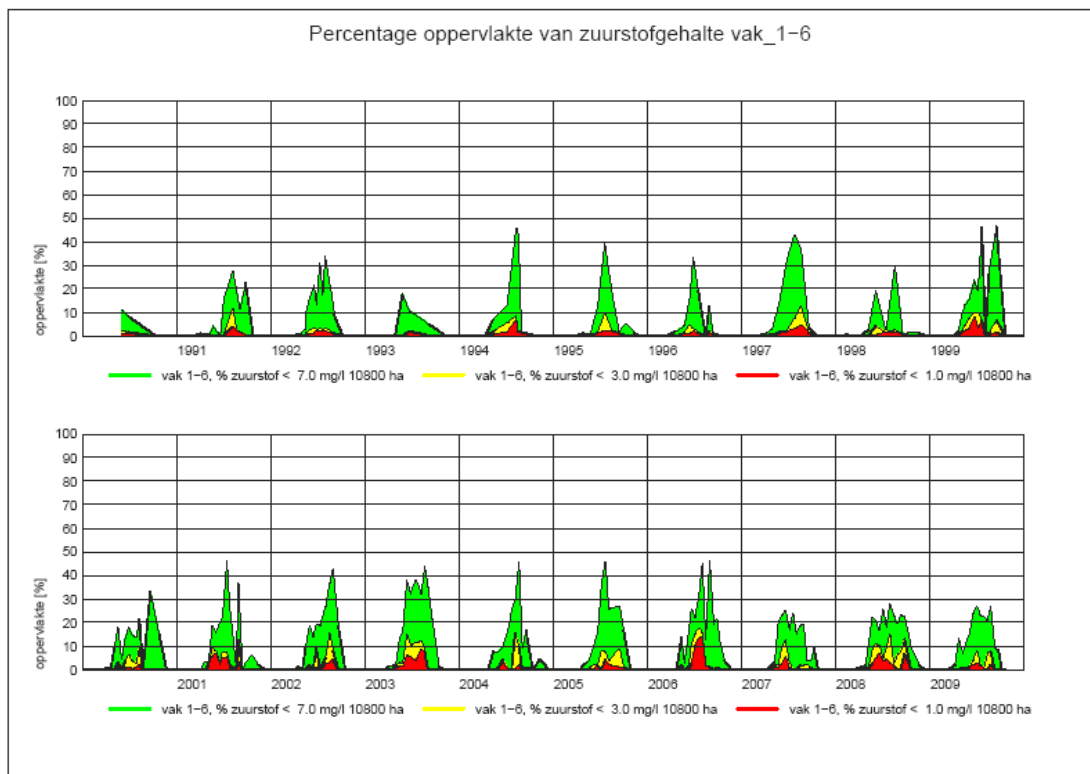
Figuur 7.6

Percentage van oppervlakte van vak 4 (1500 ha) met zuurstof concentraties <7, <3 en <1 mg O₂/l in de periode 1990 t/m 2009.



Figuur 7.7

Percentage van oppervlakte van vak 1-6 (5475 ha) t.o.v. 10800 ha met zuurstof concentraties <7, <3 en <1 mg O₂/l in de periode 1990 t/m 2009.



Voor het totaal van de zes vakken is vervolgens het zuurstofloze oppervlak bij NAP – 0.20 m bepaald als percentage van 5475 ha = oppervlak van vakken 1 t/m 6, als percentage van 8105 ha = oppervlak van vakken 1 t/m 8 en als percentage van 10800 ha (Figuur 7.7) = oppervlak totale Grevelingenmeer (het tot nu toe altijd gebruikte oppervlak van het Grevelingenmeer).

Voor elke GTSO-meting is het percentage oppervlak met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ in de vakken 1, 2, 3, 4, 5 en 6 bepaald en gerelateerd aan het oppervlak bij NAP – 0.20 m van het betreffende vak. Dit is ook gedaan voor de vakken 1 t/m 6 gerelateerd aan:

- 1) Het totale oppervlak bij NAP – 0.20 m van de vakken 1 t/m 6 (5475 ha).
- 2) Het totale oppervlak van vak 1 t/m 8 (Vak 7 en 8 beslaan de noordelijke geul en ondieptes, 8105 ha).
- 3) Het bij alle eerdere studies gebruikte oppervlak van 10800 ha.

De mogelijkheid 2 is ook doorgerekend omdat de som van de berekende oppervlakten van vakken 1 t/m 8 bij NAP – 0.20 m een andere waarde, 8105 ha, opleverde dan de bij eerdere studies gebruikte waarde van 10800 ha. Voor elk vak zijn de kombergingsfuncties gebruikt zoals ooit gepubliceerd door de Jong (1987). Opgemerkt dient te worden dat bij de laatste twee rekenwijzen er van uitgegaan wordt dat in de noordelijk geul en ondieptes geen concentraties $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ voorkomen. Het is echter bekend uit oudere metingen uit juni en juli 1979 (Pieters et al., 1985) dat in vak 7 en het meest westelijke deel van vak 8 ook zuurstofloosheid kan voorkomen, al waren de omstandigheden voor wat betreft het spuiregiem toen natuurlijk anders. Ook Lengkeek et al. (2007) vonden in vak 7 (Springersdiep) ook aanwijzingen voor effecten van zuurstofloosheid. Dit betekent dat er bij de laatste twee rekenwijzen een (kleine) onderschatting van het percentage oppervlak met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ wordt (en werd) gemaakt. En ook bij de sinds lange tijd voor het eerst weer uitgevoerde GTSO-metingen in de noordelijke geul werden op 26 juli 2010 in vak 7 en in het meest westelijke deel van vak 8 vanaf 8 m onder de waterspiegel zuurstof concentraties van $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$ gemeten.

De maanden juni en juli 2010 waren erg warm en er ontwikkelde zich voor wat betreft de temperatuur(stratificatie) en zuurstof snel een slechte situatie in het Grevelingenmeer (Figuur 7.8, alleen de transectmetingen voor temperatuur en zuurstof van 28 juni, 12 juli en 27 juli zijn afgebeeld).

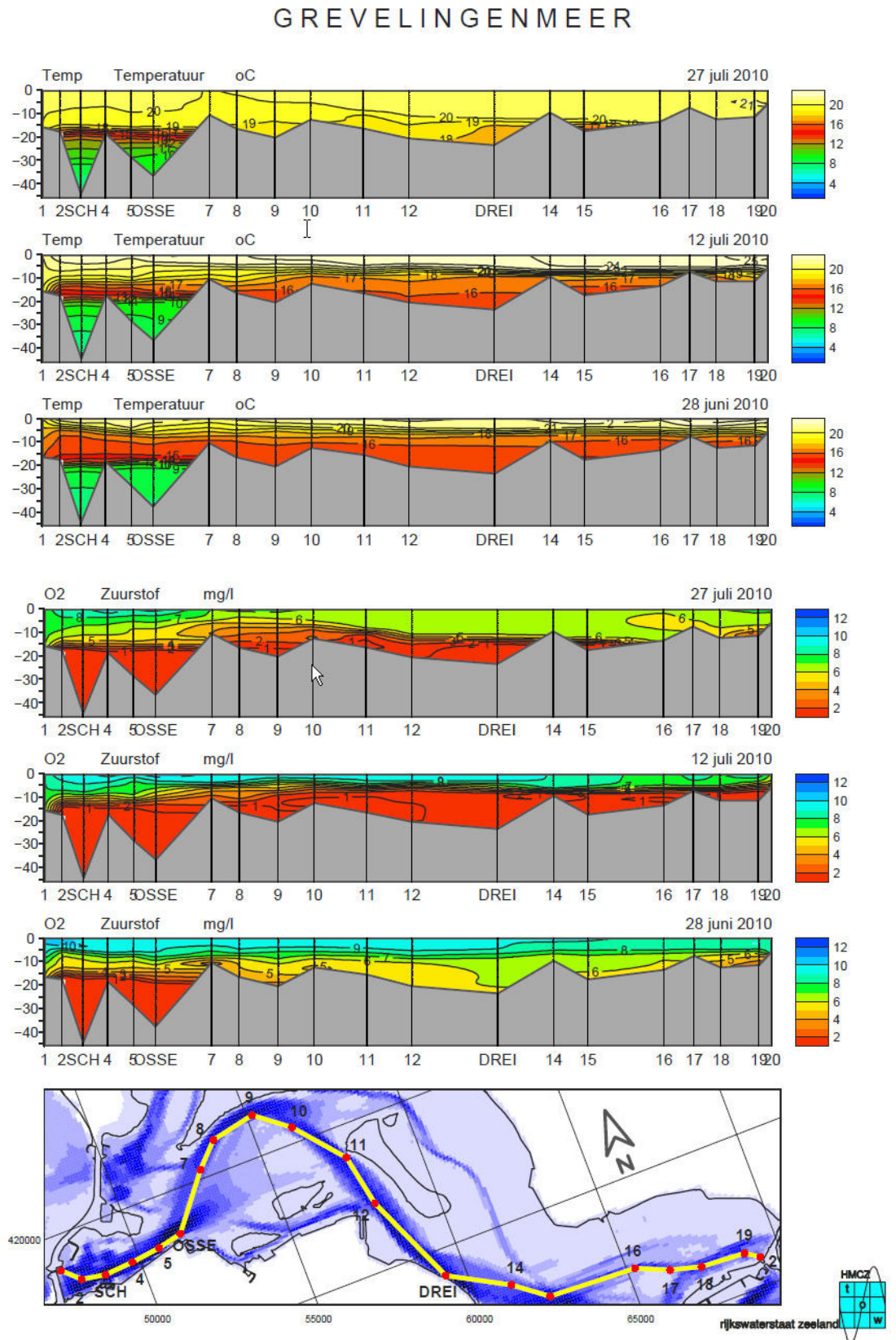
Voor wat betreft chloride waren de maximale verschillen tussen bodem- en oppervlaktewater in de diepe putten Scharendijke en Den Osse niet groot: 28 juni: bodem \rightarrow oppervlakte 17500 \rightarrow 17000 mg/l; 12 juli: 17250 \rightarrow 17000 mg/l en 27 juli: 17750 \rightarrow 17500 mg/l.

In de warme maand juni ontwikkelde zich een temperatuur spronglaag waarbij het verschil in temperatuur tussen bodem- en oppervlaktewater in de twee diepe putten al $12 \text{ }^\circ\text{C}$ en in de ondiepere delen $5 \text{ }^\circ\text{C}$ bedroeg. Door de extreme warmte eind juni en begin juli werd deze temperatuur spronglaag nog eens versterkt waarbij op 12 juli de temperatuur van het oppervlaktewater al $24 \text{ }^\circ\text{C}$ bedroeg en het verschil in temperatuur tussen bodem- en oppervlaktewater in de twee diepe putten opliep tot $15 \text{ }^\circ\text{C}$ en in de ondiepere delen tot $8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Voorals gevolg van de sterke temperatuur stratificatie ontwikkelde de zuurstoftoestand zich dramatisch. Op 28 juni kwamen zuurstof concentraties $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$ alleen voor in de twee diepe putten vanaf ongeveer 15 m diepte. Op 12 juli kwamen zuurstof concentraties $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$ al voor op 10 m ter hoogte van de twee diepe putten en vanaf de Hompelvoet tot aan de Grevelingendam al op 7.5 m, met als gevolg ook bodemdiersterfte vanaf deze dieptes (PZC, 19 juli 2010). Na twee wat

Figuur 7.8

GTSO transectmetingen van 28 juni, 12 juli en 27 juli 2010. Van boven naar beneden de drie temperatuur transecten, de drie zuurstof transecten en de zuidelijke geul met de GTSO locaties in het Grevelingenmeer.



minder warme weken was de situatie verbeterd, al waren onder de 15 m de zuurstof concentraties nog < 3 mg O₂/l. Op 10 augustus had de situatie zich meer verbeterd met uitzondering van de twee diepe putten Scharendijke en Den Osse (niet afgebeeld).

In Tabel 7.3 worden de berekende maximale percentages oppervlak met < 1 mg O₂/l (en < 3 mg O₂/l) voor alle vakken en combinaties daarvan gegeven. Voor de vakken 1 en 2 worden voor alle jaren hoge percentages berekend. Duidelijk is ook te zien dat in de periode 1999 t/m 2010 in de vakken 3 t/m 6 voor vrijwel elke combinatie van jaar en vak hoge percentages worden berekend, in tegenstelling tot de periode 1990 t/m 1998. De tabel laat ook zien dat in de periode vanaf 1999 ten opzichte van de oppervlakte van 10800 ha voor bijna elk jaar veel hogere percentages dan het streefpercentage van 5% worden berekend. De twee meest slechte jaren voor wat betreft de zuurstofomstandigheden waren 2006 en 2010.

7.1.4 *Aantal zuurstofloze dagen*

Vervolgens werd door middel van lineaire interpolatie van de beschikbare gegevens voor elk jaar in de gehele periode 1990 t/m 2009 berekend hoeveel dagen het percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l (en < 3 mg O₂/l) > 5% was voor elk vak en combinaties daarvan (Tabel 7.4). Ook uit deze tabel blijkt dat voor de Vakken 3 t/m 6 vanaf 1999 de zuurstof omstandigheden zijn verslechterd.

Uit de onderliggende gegevens van Tabel 7.4 is ook voor elk vak en jaar nagegaan of er sprake was van één aaneengesloten periode of meerdere perioden waarin de zuurstof concentraties < 1 mg O₂/l, respectievelijk < 3 mg O₂/l waren. De resultaten staan in de Tabellen 7.5 en 7.6. Daaruit blijkt dat de zuurstofloze en ook de zuurstofarme perioden vrijwel altijd langer dan één week duren. Voor de meeste bentische organismen geldt dat blootstelling aan zuurstof concentraties < 2 mg/l na ongeveer een week tot sterfte leidt (Gray et al., 2002). Ook bij een zuurstof concentratie van 3 mg/l gedurende enige tijd zullen veel bentische organismen niet overleven. De lage zuurstofconcentraties zullen in het Grevelingenmeer dus op dieptes waar in het algemeen bodemdieren voor (kunnen) komen tot sterfte hebben geleid.

Tabel 7.3

Maximaal percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l (< 3 mg O₂/l) in de vakken 1, 2, 3, 4, 5 en 6 afzonderlijk, in de vakken 1 t/m 6, in de vakken 1 t/m 8 en t.o.v. 10800 ha in de periode 1990 t/m 2010. De maximale percentages > 5% en met < 1 mg O₂/l ten opzichte van 10800 ha (tot nu toe gebruikt) zijn rood en vet aangegeven. Alle waarden bij NAP - 0.20 m.

Vak	Vak 1	Vak 2	Vak 3	Vak 4	Vak 5	Vak 6
ha	389	639	924	1500	658	1364
Jaar						
1990	18.8 (25.5)	10.9 (14.6)	0.0 (3.5)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
1991	35.4 (38.9)	26.1 (34.7)	0.0 (10.8)	8.7 (35.8)	0.0 (5.6)	0.0 (18.5)
1992	29.3 (38.8)	19.2 (23.6)	0.0 (4.0)	0.0 (4.9)	0.0 (11.8)	0.0 (0.0)
1993	23.7 (25.0)	15.7 (19.9)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
1994	37.0 (40.6)	29.1 (32.4)	12.4 (18.4)	13.6 (18.5)	13.7 (18.8)	0.0 (0.0)
1995	27.0 (38.2)	19.8 (29.3)	1.0 (2.5)	0.0 (39.3)	0.0(15.1)	0.0 (0.0)
1996	21.5 (30.5)	13.3 (24.7)	5.3 (7.2)	0.0 (4.9)	0.0 (13.4)	0.0 (10.3)
1997	31.9 (42.5)	22.9 (37.9)	2.3 (22.8)	7.3 (25.0)	12.1 (27.4)	0.0 (13.6)
1998	23.0 (31.8)	13.6 (19.7)	0.0 (4.1)	1.7 (7.1)	0.0 (11.5)	0.0 (0.0)
1999	33.0 (36.0)	31.8 (36.6)	17.2 (25.6)	22.3 (44.2)	19.9 (33.3)	11.1 (18.6)
2000	19.5 (30.1)	12.5 (26.0)	3.8 (11.8)	3.9 (44.9)	10.5 (18.5)	10.1 (17.4)
2001	33.8 (40.1)	26.8 (41.3)	10.0 (11.7)	26.5 (34.9)	16.7 (31.4)	22.8 (29.5)
2002	29.7 (36.3)	8.7 (20.3)	5.7 (19.5)	12.7 (38.6)	12.8 (46.6)	7.4 (40.0)
2003	30.4 (39.5)	20.6 (29.1)	7.8 (20.3)	27.7 (44.3)	39.5 (53.9)	47.0 (51.8)
2004	30.1 (34.6)	21.9 (24.0)	7.6 (10.9)	11.9 (38.5)	0.0 (40.4)	0.0 (46.3)
2005	27.9 (35.4)	20.8 (25.0)	3.4 (6.3)	6.1 (30.5)	12.7 (47.1)	0.0 (30.4)
2006	32.0 (42.4)	17.4 (27.6)	15.9 (25.8)	48.9 (52.3)	49.0 (51.5)	20.2 (33.1)
2007	36.1 (39.2)	20.4 (31.1)	12.9 (20.3)	6.2 (31.2)	17.6 (32.8)	0.0 (18.4)
2008	36.1 (54.7)	25.7 (35.0)	12.4 (19.5)	18.3 (45.2)	27.8 (38.6)	18.2 (29.1)
2009	26.1 (34.2)	22.5 (24.1)	7.4 (18.2)	11.3 (34.5)	8.8 (27.4)	0.0 (11.7)
2010	35.6 (39.0)	20.9 (38.2)	6.8 (38.0)	46.7 (51.8)	32.0 (44.5)	24.1 (30.3)

Vak	Vak 1 t/m 6	Vak 1 t/m 8	
ha	5475	8105	10800
Jaar			
1990	2.6 (4.0)	1.8 (2.7)	1.3 (2.0)
1991	7.9 (23.1)	5.4 (15.6)	4.0 (11.7)
1992	4.3 (6.9)	2.9 (4.7)	2.2 (3.5)
1993	3.5 (4.1)	2.4 (2.8)	1.8 (2.1)
1994	13.5 (16.5)	9.1 (11.2)	6.8 (8.4)
1995	4.2 (19.2)	2.8 (12.9)	2.1 (9.7)
1996	3.9 (8.8)	2.6 (5.9)	2.0 (4.5)
1997	8.8 (24.5)	5.9 (16.6)	4.5 (12.4)
1998	3.2 (8.6)	2.2 (5.8)	1.6 (4.3)
1999	15.9 (19.6)	10.8 (13.2)	8.1 (9.9)
2000	3.8 (19.3)	2.6 (13.0)	1.9 (9.8)
2001	13.7 (24.9)	9.3 (16.8)	7.0 (12.6)
2002	8.7 (30.3)	5.9 (20.5)	4.4 (15.4)
2003	16.9 (29.8)	11.4 (20.1)	8.6 (15.1)
2004	7.2 (30.6)	4.8 (20.7)	3.6 (15.5)
2005	8.2 (17.1)	5.5 (11.6)	4.2 (8.7)
2006	28.0 (34.9)	18.9 (23.6)	14.2 (17.7)
2007	10.9 (24.5)	7.4 (16.6)	5.5 (12.4)
2008	13.5 (29.3)	9.1 (19.8)	6.8 (14.9)
2009	5.7 (15.8)	3.9 (10.7)	2.9 (8.0)
2010	28.8 (40.7)	19.4 (27.5)	14.6 (20.6)

Tabel 7.4

Aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met < **1 mg O₂/l > 5% (< 3 mg O₂/l > 5%)** is in de vakken 1, 2, 3, 4, 5 en 6 afzonderlijk, in de vakken 1 t/m 6, in de vakken 1 t/m 8 en t.o.v. 10800 ha in de periode 1990 t/m 2009. Alle waarden bij NAP - 0.20 m.

Vak	Vak 1	Vak 2	Vak 3	Vak 4	Vak 5	Vak 6
ha	389	639	924	1500	658	1364
Jaar						
1990	126 (134)	86 (117)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
1991	96 (130)	71 (74)	0 (26)	20 (41)	0 (5)	0 (35)
1992	137 (147)	97 (123)	0 (0)	0 (0)	0 (14)	0 (0)
1993	100 (117)	73 (82)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
1994	187 (192)	126 (158)	25 (67)	27 (80)	27 (31)	0 (0)
1995	127 (131)	117 (120)	0 (0)	0 (48)	0 (37)	0 (0)
1996	144 (149)	107 (118)	2 (10)	0 (0)	0 (22)	0 (18)
1997	166 (189)	146 (158)	0 (68)	40 (70)	58 (67)	0 (36)
1998	122 (159)	83 (122)	0 (0)	0 (20)	0 (39)	0 (0)
1999	94 (100)	94 (134)	28 (41)	68 (128)	53 (143)	35 (66)
2000	34 (50)	26 (45)	0 (18)	0 (64)	37 (65)	14 (29)
2001	108 (165)	89 (115)	14 (29)	61 (93)	58 (112)	29 (33)
2002	60 (65)	30 (59)	4 (35)	53 (84)	32 (92)	9 (41)
2003	127 (134)	88 (124)	11 (69)	80 (107)	86 (91)	49 (85)
2004	55 (81)	37 (71)	14 (40)	16 (57)	0 (38)	0 (25)
2005	135 (156)	100 (129)	0 (12)	5 (48)	18 (92)	0 (48)
2006	79 (118)	71 (85)	59 (62)	52 (72)	52 (79)	56 (68)
2007	99 (150)	78 (132)	22 (35)	5 (40)	20 (48)	0 (31)
2008	95 (152)	91 (106)	43 (107)	96 (148)	79 (138)	39 (107)
2009	67 (138)	49 (84)	9 (35)	16 (62)	12 (50)	0 (24)

Vak	Vak 1 t/m 6	Vak 1 t/m 8	
ha	5475	8105	10800
Jaar			
1990	0 (0)	0 (0)	0 (0)
1991	25 (42)	5 (36)	0 (31)
1992	0 (55)	0 (0)	0 (0)
1993	0 (0)	0 (0)	0 (0)
1994	35 (85)	25 (66)	15 (46)
1995	0 (51)	0 (43)	0 (34)
1996	0 (34)	0 (11)	0 (0)
1997	57 (79)	21 (69)	0 (59)
1998	0 (43)	0 (13)	0 (0)
1999	69 (126)	50 (104)	30 (83)
2000	0 (76)	0 (44)	0 (28)
2001	77 (100)	56 (87)	39 (73)
2002	39 (74)	9 (62)	0 (50)
2003	89 (112)	83 (90)	56 (87)
2004	13 (56)	0 (41)	0 (30)
2005	16 (96)	4 (91)	0 (71)
2006	55 (65)	51 (62)	48 (59)
2007	21 (44)	13 (38)	4 (34)
2008	97 (158)	71 (149)	33 (136)
2009	9 (68)	0 (52)	0 (40)

Tabel 7.5

Aantal aaneengesloten dagen per periode waarbij het percentage oppervlak met **< 1 mg O₂/l > 5%** is in de vakken 1, 2, 3, 4, 5 en 6 afzonderlijk, in de vakken 1 t/m 6, in de vakken 1 t/m 8 en t.o.v. 10800 ha in de periode 1990 t/m 2009. Alle waarden bij NAP - 0.20 m.

Vak	Vak 1	Vak 2	Vak 3	Vak 4	Vak 5	Vak 6
ha	389	639	924	1500	658	1364
Jaar						
1990	126	86	0	0	0	0
1991	3, 93	71	0	20	0	0
1992	137	97	0	0	0	0
1993	100	73	0	0	0	0
1994	187	126	25	27	27	0
1995	127	117	0	0	0	0
1996	99, 45	84, 23	2	0	0	0
1997	166	146	0	40	58	0
1998	122	83	0	0	0	0
1999	72, 22	71, 23	28	68	53	35
2000	34	26	0	0	26, 11	14
2001	82, 26	89	14	35, 26	34, 25	9, 20
2002	60	30	4	53	32	9
2003	108, 20	8, 62, 18	11	59, 21	86	18, 31
2004	40, 15	34, 3	14	16	0	0
2005	34, 101	17, 82	0	5	18	0
2006	79	71	59	52	52	56
2007	82, 17	77, 2	22	5	20	0
2008	95	91	29, 15	56, 10, 30	17, 16, 13, 34	10, 30
2009	67	49	9	16	12	0

Vak	Vak 1 t/m 6	Vak 1 t/m 8	
ha	5475	8105	10800
Jaar			
1990	0	0	0
1991	25	5	0
1992	0	0	0
1993	0	0	0
1994	35	25	15
1995	0	0	0
1996	0	0	0
1997	57	21	0
1998	0	0	0
1999	69	32, 18	23, 7
2000	0	0	0
2001	40, 33, 5	31, 25	22, 0, 17
2002	39	9	0
2003	89	43, 40	23, 33
2004	13	0	0
2005	16	4	0
2006	55	51	48
2007	21	13	4
2008	71, 26	52, 18	22, 11
2009	9	0	0

Tabel 7.6

Aantal aaneengesloten dagen per periode waarbij het percentage oppervlak met $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l} > 5\%$ is in de vakken 1, 2, 3, 4, 5 en 6 afzonderlijk, in de vakken 1 t/m 6, in de vakken 1 t/m 8 en t.o.v. 10800 ha in de periode 1990 t/m 2009. Alle waarden bij NAP - 0.20 m.

Vak	Vak 1	Vak 2	Vak 3	Vak 4	Vak 5	Vak 6
ha	389	639	924	1500	658	1364
Jaar						
1990	134	117	0	0	0	0
1991	130	74	26	41	5	35
1992	147	123	0	0	14	0
1993	117	82	0	0	0	0
1994	192	158	67	80	31	0
1995	131	120	0	48	37	0
1996	101, 48	89, 28	10	0	22	18
1997	189	158	68	70	67	36
1998	3, 156	122	0	20	39	0
1999	100	98, 36	41	78, 50	80, 63	25, 41
2000	50	45	16, 2	41, 23	46, 19	20, 9
2001	111, 19, 35	104, 11	2, 15, 12	38, 34, 21	91, 21	12, 21
2002	2, 63	59	8, 27	24, 60	25, 24, 43	15, 26
2003	134	104, 20	22, 47	107	91	15, 20, 50
2004	48, 33	36, 35	18, 22	18, 37, 2	38	25
2005	156	129	12	48	92	48
2006	25, 93	85	62	9, 63	61, 19	68
2007	94, 24, 33	88, 16, 28	35	35, 6	37, 11	31
2008	132, 20	106	45, 34, 28	148	36, 102	44, 25, 39
2009	19, 120	84	27, 8	25, 37	14, 36	16, 8

Vak	Vak 1 t/m 6	Vak 1 t/m 8	
ha	5475	8105	10800
Jaar			
1990	0	0	0
1991	42	36	31
1992	20, 18, 17	0	0
1993	0	0	0
1994	85	66	46
1995	51	43	34
1996	34	11	0
1997	79	69	59
1998	41, 3	13	0
1999	82, 43	74, 30	66, 17
2000	7, 69	25, 19	13, 15
2001	80, 20	37, 32, 18	31, 27, 15
2002	20, 54	16, 46	13, 38
2003	112	90	87
2004	20, 36	8, 33	30
2005	96	39, 52	32, 39
2006	65	62	59
2007	44	38	34
2008	158	93, 56	47, 39, 50
2009	35, 33	24, 28	17, 23

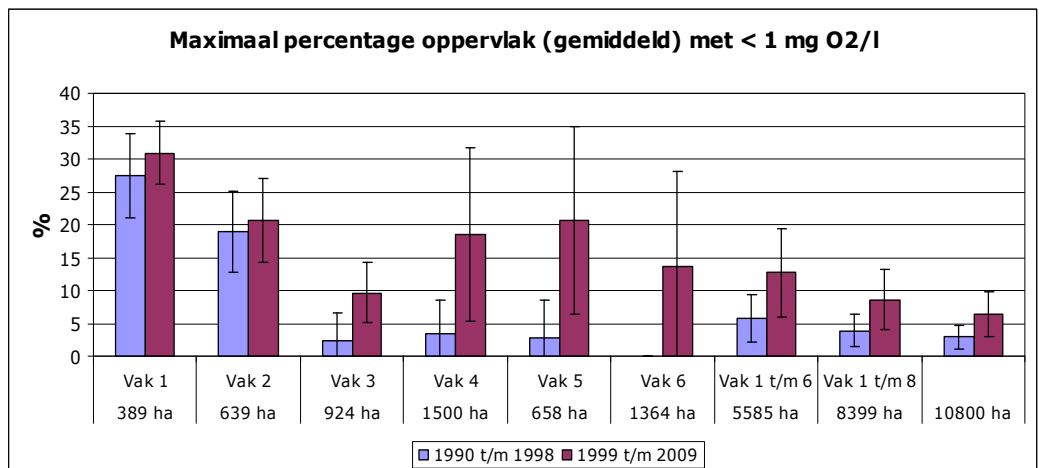
In een volgende stap werden voor de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2009 1) de gemiddelde waarden voor het maximaal percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l (Figuur 7.9) en 2) het aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l > 5% is (Figuur 7.10) met elkaar vergeleken. Voor beide aspecten werd gebruik gemaakt van een t-test (two-tail en ongelijke varianties). Alhoewel voor het jaar 1990 weinig gegevens beschikbaar zijn is dit jaar toch meegenomen omdat weglaten de uiteindelijke resultaten nauwelijks beïnvloedde.

1) Het resultaat voor de vakken 1 en 2 is dat er geen significant verschil is tussen de gemiddelde waarden voor het maximaal percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l van de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2009 (p>0.05) (Figuur 7.9). Voor de vakken 3 t/m 5 en combinaties van de vakken is het resultaat dat de gemiddelde waarden voor beide perioden significant verschillen, dat wil zeggen dat ze in de periode 1999 t/m 2009 hoger zijn dan in de periode 1990 t/m 1998 (p<0.05) (Figuur 7.9). Toetsing voor de waarden van vak 6 was niet mogelijk omdat de onderliggende waarden van de periode 1990 t/m 1998 alle nul zijn.

Figuur 7.9

Gemiddelde waarden ± standaardafwijking voor het maximaal percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l voor de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2009 (zie legenda). Alle waarden bij NAP - 0.20 m. Resultaten t-test (two-tail) voor elk vak (p-waarde steeds tussen haakjes):

Vak 1 (p=0.2728),
 Vak 2 (p=0.5171),
 Vak 3 (p=0.0020),
 Vak 4 (p=0.0055),
 Vak 5 (p=0.0031),
 Vak 6 (geen toetsing mogelijk),
 Vak 1 t/m 6 (p=0.0173),
 Vak 1 t/m 8 (p=0.0170),
 10800 ha (p=0.0173).

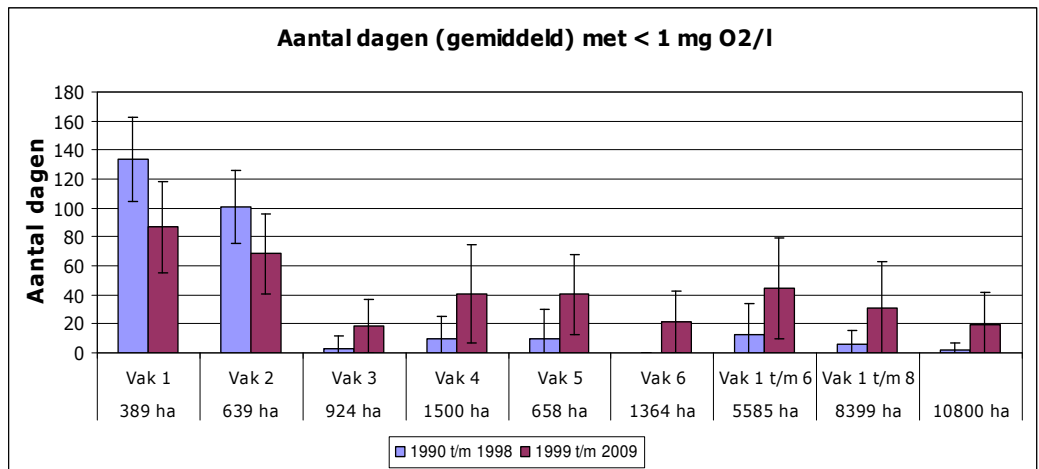


2) Het resultaat voor de vakken 1 en 2 is dat de gemiddelde waarde voor het aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l > 5% is in de periode 1999 t/m 2008 significant afgenomen is met 30% ten opzichte van de periode 1990 t/m 1998 (p<0.05) (Figuur 7.10). Voor de vakken 3 t/m 5 en combinaties van de vakken is het resultaat dat de gemiddelde waarden voor beide perioden significant verschillen, dat wil zeggen dat ze in de periode 1999 t/m 2009 hoger zijn dan in de periode 1990 t/m 1998 (p<0.05) (Figuur 7.10). Toetsing voor de waarden van vak 6 was niet mogelijk omdat de onderliggende waarden van de periode 1990 t/m 1998 alle nul zijn.

Figuur 7.10

Gemiddelde waarden \pm standaardafwijking voor het aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l} > 5\%$ is voor de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2009 (zie legenda). Alle waarden bij NAP - 0.20 m. Resultaten t-test (two-tail) voor elk vak (p-waarde steeds tussen haakjes):

Vak 1 ($p=0.0025$),
 Vak 2 ($p=0.0146$),
 Vak 3 ($p=0.0256$),
 Vak 4 ($p=0.00148$),
 Vak 5 ($p=0.0093$),
 Vak 6 (geen toetsing mogelijk),
 Vak 1 t/m 6 ($p=0.0250$),
 Vak 1 t/m 8 ($p=0.0300$),
 10800 ha ($p=0.0285$).



Samengevat komt het er op neer dat vanaf 1999 voor de vakken 1 en 2 de situatie verbeterd is doordat de tijdsduur met zuurstof concentraties $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ bij een percentage oppervlak $> 5\%$ met ca. 30% is afgenomen.

Voor de situatie ten aanzien van de tijdsduur met zuurstof concentraties $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ bij een percentage oppervlak $> 5\%$ is in de vakken 3 t/m 6 de situatie echter ernstig verslechterd met toenames van tussen ca. 410 en 630%. Gerelateerd aan de oppervlaktes van vakken 1 t/m 6, van vakken 1 t/m 8 en 10800 ha bedragen deze toenames tussen ca. 340 en 950%.

Bij bovenstaande resultaten moet wel bedacht worden dat GTSO-metingen in de periode 1990 t/m 1998 minder vaak werden uitgevoerd dan in de periode 1999 t/m 2009 (Tabel 7.2), desalniettemin zijn de t-test resultaten toch significant.

Voor het maximaal percentage oppervlak met $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$ en voor het aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l} > 5\%$ is, zijn bovenstaande vergelijkingen tussen de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2008 niet doorgerekend, maar de uitkomsten daarvan zullen natuurlijk in dezelfde richting wijzen.

7.1.5 Diepte waar vanaf zuurstofloos

De vraag rijst natuurlijk hoe erg dit allemaal is. Daartoe is ook berekend vanaf welke diepte onder het wateroppervlak de zuurstof concentratie $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ dan wel $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$ wordt tijdens de GTSO-metingen waarbij het maximaal percentage oppervlak (zie Tabel 7.3) met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ($< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$) is vastgesteld (Tabel 7.7). Uit Figuur 8.4.8 (zie later) blijkt dat de grootste biomassa aan bodemdieren wordt aangetroffen op diepte 2-6 m, maar ook op grotere diepten komen bodemdieren voor. Uit de MWTL-gegevens blijkt dat tot 22.5 m in nog een enkel monster bodemdieren zijn aangetroffen. Uit een scatterplot (niet afgebeeld) van de biomassa's van elke aangetroffen soort/taxon in alle monsters van het voorjaar en het najaar uit het westelijk en oostelijk deel in de periode 1990 t/m 1998, dus voor het jaarrond open zetten van de Brouwerssluis, blijkt dat van de monsters met een bodemdier biomassa van enige importantie verreweg het grootste aantal tot een diepte van 12.5 m wordt aangetroffen.

Wanneer dan als criterium wordt aangehouden dat tot 12.5 m bodemdieren met biomassa van enige importantie zouden moeten kunnen voorkomen, dan blijkt, dat voor zuurstof concentraties < 1 mg O₂/l in vak 6 geldt dat in de jaren 1999 t/m 2003, 2006 en 2010 de zuurstof omstandigheden zeer slecht zijn geweest en verder ook voor vak 3 in 1999, voor vak 4 in 2006 en 2010 en voor vak 5 in 2003, 2006, 2008 en 2010.

Voor zuurstof concentraties < 3 mg O₂/l geldt dat voor de vakken 3 t/m 6 voor veel jaren de zuurstof omstandigheden slecht zijn geweest, met name in de jaren vanaf 1999, en dat geldt ook, maar in mindere mate, voor de vakken 1 en 2.

Wordt ook het aantal dagen met zuurstofloosheid (zie Tabellen 7.4 t/m 7.6) in ogenschouw genomen, dan kan het haast niet anders zijn dat de enorme achteruitgang van de bodemdierbiomassa samenhangt met de lage zuurstof concentraties.

Tabel 7.7

Diepte ten opzichte van NAP – 0.20 m waar vanaf de zuurstof concentratie < 1 mg O₂/l (< 3 mg O₂/l) is tijdens de GTSO-metingen in de periode 1990 t/m 2010 waarbij het maximaal percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l (< 3 mg O₂/l) is vastgesteld (Tabel 7.3). Dieptes minder dan 12.5 m vanaf de oppervlakte waar dit optreedt zijn rood en vet weergegeven. nvt betekent: geen zuurstofloze (< 1 mg O₂/l) of zuurstofarme (< 3 mg O₂/l) condities aangetroffen.

Diepte t.o.v. NAP – 0.20 m van waaraf < 1 mg O ₂ /l (< 3 mg O ₂ /l)						
Jaar	Vak 1	Vak 2	Vak 3	Vak 4	Vak 5	Vak6
1990	20.4 (17.5)	21.2 (19.2)	nvt (18.1)	nvt (nvt)	nvt (nvt)	nvt (nvt)
1991	13.9 (12.9)	14.7 (12.2)	nvt (14.5)	19.0 (10.6)	nvt (17.9)	nvt (8.9)
1992	16.0 (12.9)	17.2 (15.6)	nvt (17.8)	nvt (21.1)	nvt (15.3)	nvt (nvt)
1993	18.2 (17.6)	18.7 (16.9)	nvt (nvt)	nvt (nvt)	nvt (nvt)	nvt (nvt)
1994	13.4 (12.4)	13.8 (12.8)	14.0 (12.1)	16.9 (15.2)	14.6 (13.1)	nvt (nvt)
1995	16.8 (13.1)	17.0 (13.7)	20.7 (18.9)	nvt (9.9)	nvt (14.2)	nvt (nvt)
1996	19.1 (15.6)	19.9 (15.2)	17.0 (16.0)	nvt (21.1)	nvt (14.8)	nvt (10.9)
1997	15.1 (11.8)	15.8 (11.3)	19.1 (11.1)	19.7 (13.3)	15.2 (11.0)	nvt (10.0)
1998	18.5 (15.1)	19.7 (17.0)	nvt (17.7)	23.8 (19.8)	nvt (15.4)	nvt (nvt)
1999	14.7 (13.8)	13.0 (11.6)	12.5 (10.4)	14.0 (8.9)	12.8 (9.8)	10.6 (8.9)
2000	20.1 (15.7)	20.3 (14.7)	17.9 (14.2)	21.8 (8.8)	15.8 (13.2)	10.9 (9.1)
2001	14.5 (12.5)	14.5 (10.5)	14.8 (14.2)	12.9 (10.8)	13.7 (10.1)	8.1 (7.0)
2002	15.9 (13.7)	22.6 (16.8)	16.8 (11.9)	17.2 (10.0)	14.9 (7.3)	11.8 (5.6)
2003	15.6 (12.7)	16.7 (13.8)	15.8 (11.7)	12.6 (8.9)	8.6 (6.2)	4.7 (4.2)
2004	15.7 (14.2)	16.2 (15.4)	15.8 (14.5)	17.5 (10.1)	nvt (8.4)	nvt (4.8)
2005	16.5 (13.9)	16.6 (15.1)	18.2 (16.5)	20.3 (11.9)	15.0 (7.2)	nvt (6.8)
2006	15.1 (11.9)	18.0 (14.2)	12.9 (10.4)	8.0 (7.3)	6.9 (6.5)	8.6 (6.5)
2007	13.7 (12.8)	16.7 (13.2)	13.8 (11.7)	20.3 (11.7)	13.5 (9.9)	nvt (8.9)
2008	13.7 (8.7)	14.8 (12.1)	13.9 (11.9)	15.3 (9.9)	10.9 (8.7)	nvt (7.0)
2009	17.2 (14.3)	15.9 (15.4)	15.9 (12.2)	17.8 (10.9)	16.4 (11.0)	nvt (10.5)
2010	13.9 (12.9)	16.5 (11.2)	16.2 (8.0)	8.4 (7.4)	10.0 (7.7)	7.8 (6.9)

In het bovenstaande wordt de situatie in de zuidelijke geul en ondiepten beschreven. Het is niet bekend hoe de situatie ten aanzien van zuurstof zich in de noordelijke geul en ondiepten (over de gehele periode 1990 t/m 2009) heeft ontwikkeld. Alleen in 2010 is op 26 juli weer een GTSO-meting in de noordelijke geul uitgevoerd waarbij,

zoals al eerder vermeld, in vak 7 en in het meest westelijke deel van vak 8 vanaf 8 m onder de waterspiegel zuurstof concentraties van < 3 mg O₂/l werden gemeten.

7.1.6 *Consequenties van het gewijzigde spuibeheer*

Het is duidelijk dat het veranderde spuibeheer consequenties heeft voor de stratificatie en zuurstofdeficiëntie in de diepe putten van het Grevelingenmeer, maar ook in de ondiepere delen tot aan de Grevelingendam. Het is niet bekend hoe de situatie ten aanzien van zuurstof zich in de noordelijke geul en ondiepten (over de gehele periode 1990 t/m 2009) heeft ontwikkeld.

Onderstaande is gecompileerd uit Hoeksema (2002), Wijsman (2002), de in dit rapport beschreven ontwikkelingen en eigen uitwerkingen van *Phaeocystis*-gegevens uit de MWTL-biomonitoring en het project MONISNEL.

Stratificatie en zuurstofdeficiëntie

In de diepe putten van Scharendijke en Den Osse trad voor 1999 stratificatie doorgaans op van mei t/m augustus en soms tot in september, op een diepte van 15 à 20 m. Vóór 1999 wordt de stratificatie in de diepe putten voornamelijk bepaald door een verschil in temperatuur. Additioneel is er een gering verschil in zoutgehalte van ongeveer 1 tot 2 g chloride per liter tussen de oppervlaktelaag en de diepe laag. In de ondiepere putten Hoofdgeul, Dreischor, Herkingen en Oude Tonge treedt voor 1999 geen temperatuur stratificatie op.

Door het jaarrond inlaten en spuien door de Brouwerssluis wordt gedurende de zomer relatief warm, zout Noordzeewater ingelaten. Omdat dit water zouter is dan het water in het Grevelingenmeer, en ook zuurstofrijker, zakt dit water naar de bodem van de put van Scharendijke. Het zuurstofarme water in de put van Scharendijke wordt door het ingelaten water over de zadels verder oostelijk het Grevelingenmeer ingeduwde. Hierdoor wordt de temperatuurstratificatie verminderd en gedurende de zomer grotendeels en in sommige jaren geheel opgeheven. In eerste instantie verplaatst het zuurstofarme water zich richting put Den Osse en vervolgens ook naar de meer oostelijk gelegen diepe putten.

Als gevolg van dit mechanisme is er in de vakken 1 en 2 (waarin de diepe putten Scharendijke en Den Osse gelegen zijn) geen significant verschil gevonden tussen de gemiddelde waarden voor het maximaal percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l van de perioden 1990 t/m 1998 en 1999 t/m 2009. Voor de vakken 3 t/m 6 (waarin de ondiepere putten Hoofdgeul, Dreischor, Herkingen en Oude Tonge gelegen zijn) is dit maximaal percentage significant toegenomen, hetgeen wil zeggen dat in de periode 1999 t/m 2009 hogere waarden worden gevonden dan in de periode 1990 t/m 1998. In de periode 1990 t/m 1998 werd het streefbeeld waarbij niet meer dan 5% van het totale bodemoppervlak van het Grevelingenmeer zuurstofarm mag worden in de periode 1990 t/m 1998 niet gehaald in 1994 en in de periode 1999 t/m 2009 werd dit streefbeeld niet gehaald in de jaren 1999, 2001, 2003 en 2006 t/m 2008.

In de vakken 1 en 2 is de gemiddelde waarde voor het aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l > 5% in de periode na de verandering in het spuibeheer significant afgenomen met 30%. In de vakken 3 t/m 6 is het percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l > 5% na de verandering in het spuibeheer significant toegenomen met toenames van 410 tot 630%.

De diepte waarop zuurstofloosheid optreedt is na de verandering in het spuibeheer in de diepe vakken 1 en 2 nauwelijks veranderd, maar heeft in de ondiepere vakken 3 t/m 6 na de verandering zelfs dieptes tussen 5 en 10 m bereikt.

Alhoewel het instromende Noordzeewater relatief zout is, is er geen toename in de zoutgradiënt waar te nemen in de eerste twee diepe putten. Dit is te verklaren doordat het zoutgehalte van het inkomende Noordzeewater niet veel verschilt van het vrij zoute water van de diepe laag. Deze geringe zoutstratificatie is echter veel minder sterk dan de temperatuurstratificatie.

Samengevat komt het er op neer dat na de verandering van het spuibeheer in 1999 voor de vakken 1 en 2 de situatie iets verbeterd is doordat de tijdsduur dat de zuurstof concentraties $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ en het percentage oppervlak $> 5\%$ met ca. 30% is afgenomen. De bodemdieren profiteren hier overigens niet van omdat de veranderingen in vakken 1 en 2 zich afspelen op dieptes waar geen of nauwelijks bodemdieren voorkomen. Voor de vakken 3 t/m 6 is de situatie echter ernstig verslechterd met een enorme toename van het zuurstofloze oppervlak, terwijl de zuurstofloze laag ($< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$) in sommige jaren al op dieptes kleiner dan 10 m vanaf het wateroppervlak wordt aangetroffen. Wordt de situatie beschouwd voor zuurstofarme concentraties ($< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$) dan blijkt dat de maximaal percentages nog veel hoger uitkomen dan 5%, het aantal dagen zuurstofarm hoger uitkomt dan het aantal dagen zuurstofloos en dat de zuurstofarme laag vanaf 1999 in sommige jaren, met name in vakken 5 en 6, zelfs dieptes van 4 tot 6 m t.o.v. het wateroppervlak bereikt.

Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis zal onder het huidige beheer naar verwachting geen grote veranderingen in de zuurstofhuishouding tot gevolg hebben. Op basis van bovengenoemde informatie werd verwacht dat de zuurstofproblematiek in de toekomst (na 2001) verder toe zal nemen en zich in sommige gebieden verder uit zal breiden naar ondiepere delen van het meer. Nu er veel meer gegevens uit latere jaren beschikbaar zijn, blijkt dat deze ontwikkeling zich inderdaad heeft doorgezet.

Samengevat komt het er op neer dat in de periode 1999 t/m 2010 het beleidsstreven dat niet meer dan 5% van het bodemoppervlak zuurstofloos wordt bij lange na niet is gehaald: in slechts 5 van de 12 jaar (42%) werd dit streven wel gehaald. In de periode 1990 t/m 1998 werd dit beleidsstreven nog in 8 van de 9 jaar (89%) gehaald.

Nutriënten concentraties

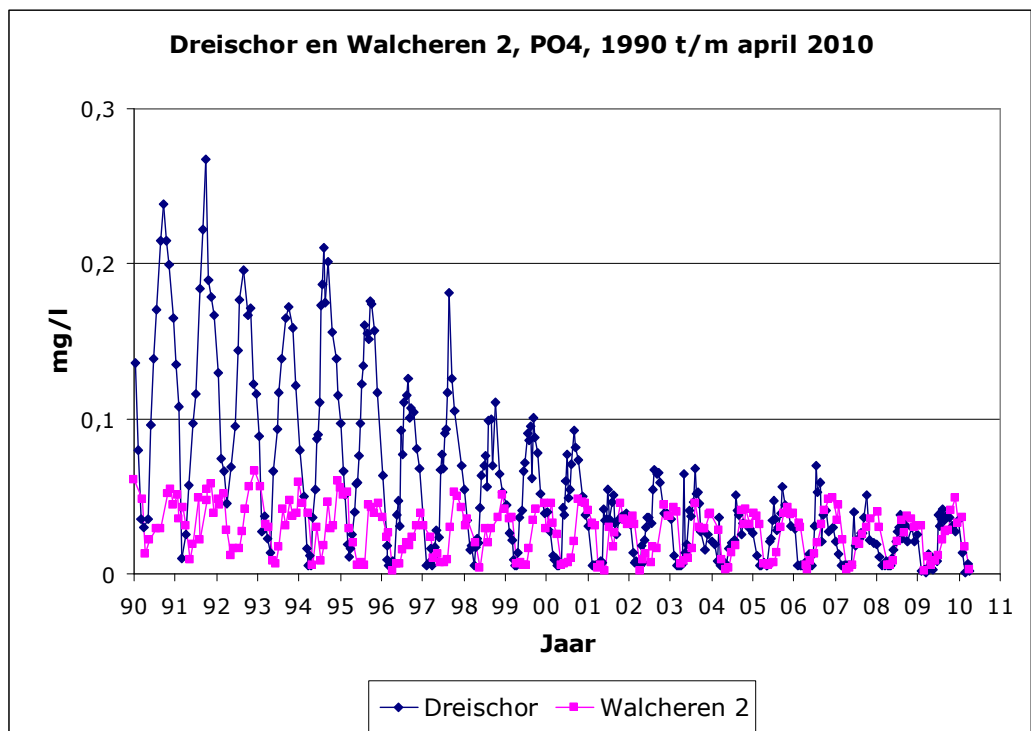
De meest waarschijnlijke oorzaak voor de minder snelle afname van de fosfaat concentraties in de waterkolom in de periode na 1999 t.o.v. de snelle afname in de periode voor 1999 kan gevonden worden in het verloop van de fosfaat concentraties in de kustzone. Voor een vergelijking met Dreischor is daartoe gekeken naar de fosfaatconcentraties op de MWTL-locaties Goeree 2, Goeree 6 en Walcheren 2. Voor Goeree 2 zijn op Waterbase.nl alleen gegevens voor de periode 2007 t/m april 2010 beschikbaar (Goeree 2 is pas sinds 2007 een kustnabije MWTL/KRW-locatie). Voor Goeree 6 en Walcheren 2 zijn op Waterbase.nl in ieder geval gegevens beschikbaar van 1990 t/m april 2010. Regressie van de fosfaat gegevens van Goeree 2 en Walcheren 2 voor de periode 2007 t/m april 2010 leverde het volgende op: $y=0.9556x$, $R^2=0.9370$ en $p=8.46E-23$ (door $y=0$ geforceerd). Regressie van de fosfaat gegevens van Goeree 6 en Walcheren 2 voor dezelfde periode leverde het volgende op: $y=0.9309x$, $R^2=0.9363$ en $p=1E-136$ (eveneens door $y=0$ geforceerd). Hieruit blijkt dat voor een vergelijking met de fosfaat gegevens van Dreischor zowel de gegevens van Goeree 2/6 dan wel Walcheren 2 gebruikt kunnen worden. Gekozen

is voor een vergelijking met fosfaat gegevens van de locatie Walcheren 2. Figuur 7.11 laat het resultaat zien van deze vergelijking.

Aanvankelijk zijn de fosfaat concentraties op de locatie Dreischor vier tot vijf keer zo hoog als op de locatie Walcheren 2 om in het tweede deel van de getoonde periode te eindigen op hetzelfde niveau. De fosfaat concentraties worden vooral bepaald door accumulatie van fosfaat in de bodem bij lagere temperaturen in de winter en het voorjaar en vrijkomen van fosfaat uit de bodem bij hogere temperaturen in de zomer en de herfst. Het vrijkomen van fosfaat uit de bodem is zelfs groter dan de opname door fytoplankton, waardoor in de zomer en de herfst de fosfaat concentraties weer toenemen, nadat eerst door de voorjaarsbloei van fytoplankton fosfaat opgenomen is. In de periode 1990 t/m 2000 wordt de fosfaat concentratie op de locatie Dreischor nog vooral aangestuurd door het hiervoor genoemde proces waarbij gaandeweg het vrijkomen van fosfaat uit de bodem steeds kleiner geworden is totdat in 2001 de concentraties van de kustzone zijn bereikt. Vanaf 2001 volgen de fosfaat concentraties in het Grevelingenmeer dus gewoon de concentraties van de kustzone. Ook het feit dat vanaf 1999 het Grevelingenmeer vaker met Noordzeewater wordt verversd draagt daar natuurlijk aan bij. Opvallend daarbij is overigens dat voor wat betreft de timing van het nalevergedrag van fosfaat de verschillen die nog zichtbaar zijn in de periode 1990 t/m 2002 daarna niet meer zichtbaar zijn.

Figuur 7.11

Vergelijking van de fosfaat (PO₄) concentraties op de locaties Dreischor en Walcheren 2 in de periode 1990 t/m april 2010.



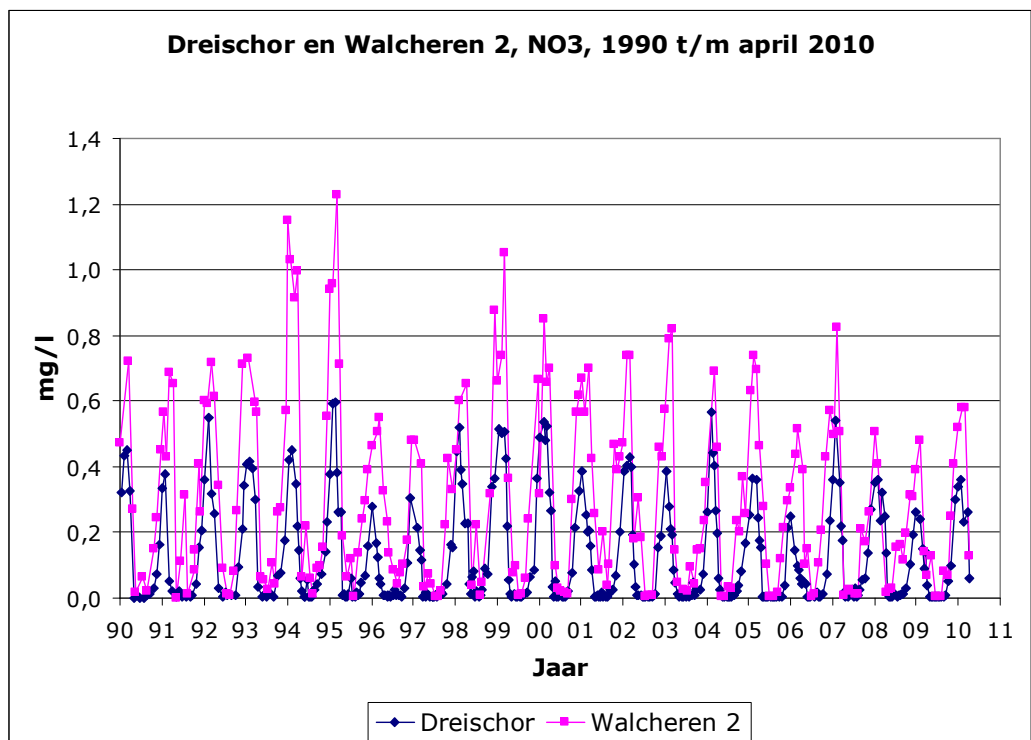
Er is gerapporteerd (Bouma et al., 2008) dat de veranderde zuurstofconcentraties van het bodemwater effect kunnen hebben op de nalevering van stoffen vanuit de bodem. In theorie kan het optreden van zuurstofdeficiëntie in diepe putten als gevolg hebben dat al het in de toplaag van de waterbodem aanwezige ijzerhydroxide wordt gereduceerd waarbij opgelost ijzer uit de bodem de waterkolom in kan diffunderen. Ook wordt aan ijzer gebonden fosfaat gemobiliseerd wat kan leiden tot een

explosieve nalevering van fosfaat aan de waterkolom. Vermoedelijk is dit proces, als het al optreedt, in vergelijking met het effect van de menging met kustwater van een veel kleinere orde van grootte.

Op dezelfde wijze als hierboven omschreven is ook naar het verloop van de nitraat concentraties op de locaties Dreischor en Walcheren 2 gekeken. Regressie van de gegevens van Goeree 2 en Walcheren 2 voor de periode 2007 t/m april 2010 leverde het volgende op: $y=1.1865x$, $R^2=0.7689$ en $p=3.61E-13$ (door $y=0$ geforceerd). Regressie van de nitraat gegevens van Goeree 6 en Walcheren 2 voor dezelfde periode leverde het volgende op: $y=1.0257x$, $R^2=0.8520$ en $p=2.48E-96$ (eveneens door $y=0$ geforceerd). Hieruit blijkt dat ook hier gekozen kan worden met een vergelijking van de nitraatgegevens van Dreischor met die van Walcheren 2. Figuur 7.12 laat het resultaat zien van deze vergelijking.

Figuur 7.12

Vergelijking van de nitraat (NO_3) concentraties op de locaties Dreischor en Walcheren 2 in de periode 1990 t/m april 2010.



Aanvankelijk zijn de maximale nitraat concentraties op de locatie Walcheren 2 zo'n twee keer zo hoog als op de locatie Dreischor en in grote lijnen blijft dit ook zo in het tweede deel van de getoonde periode. Ook dit resultaat wijst erop dat menging van het oppervlaktewater beperkt blijft tot het meest westelijke deel van het Grevelingenmeer.

Het verloop van de silicaat concentraties in de periode 1990 t/m 2008 op de locaties Walcheren 2, Scharendijke, Dreischor en Herkingen en hun onderlinge vergelijkbaarheid zijn reeds besproken in **6.11 Vergelijking Dreischor met Scharendijke en Herkingen** (Figuur 6.17).

Watertemperatuur en mineralisatie

De temperatuur van het ingelaten Noordzeewater neemt in het voorjaar snel toe tot boven de temperatuur van het water in de diepe put. Het inlaten tijdens de zomer leidt daardoor tot een toename van de watertemperatuur in de putten. Voor 1999 was de temperatuur van het bodemwater in de putten gedurende de zomer lager dan 8 °C. Na 1999 bereikt de temperatuur van het bodemwater in de putten waarden tussen 14 en 18 à 20 °C. Deze hogere temperaturen leiden tot hogere afbraaksnelheden van gesedimenteed organisch materiaal (o.a. *Phaeocystis*, zie hierna), waardoor de zuurstofconsumptie tijdens de zomer toeneemt. Door de verminderde temperatuurgradiënt wordt de stratificatie minder stabiel waardoor deze makkelijker kan worden verbroken door turbulentie veroorzaakt door wind.

Phaeocystis

Met het innemen van Noordzeewater kunnen grote hoeveelheden *Phaeocystis* binnengelaten worden. De *Phaeocystis* kolonies kunnen zich in de min of meer stagnante waterkolom niet handhaven en zakken uit naar in eerste instantie de bodem van de diepe put Scharendijke en (vermoedelijk ook) Den Osse. De afbraak van dit organische materiaal zorgt voor een verhoogde zuurstofconsumptie, te meer omdat de temperatuur van het bodemwater in de putten in zomers na 1999 hogere waarden bereikt, waardoor de kans op zuurstofdeficiëntie toeneemt. Er is gerapporteerd dat tot voor 1999 de bloei van *Phaeocystis* op de Noordzee geen effect had op het Grevelingenmeer omdat de bloei van *Phaeocystis* in de kustzone altijd in april en/of mei optreedt, en men er van uit ging dat in die periode de Brouwerssluis dichtstond, maar dit verdient wat verdere nuancering (zie later). Tijdens de grote *Phaeocystis* bloeien van 1999 en 2001 (zie ook Wetsteijn, 2009) in de Voordelta is het algenmateriaal massaal in het Grevelingenmeer terechtgekomen. De totale zuurstofloze oppervlakte in deze jaren was dan ook aanzienlijk groter dan in 2000 (zie Tabel 7.8), in welk jaar een *Phaeocystis* bloei in de Voordelta is uitgebleven (zie ook Wetsteijn, 2009).

In Tabel 7.8 zijn voor de periode 1990 t/m 2009 de gegevens van de inlaatdebieten van de Brouwerssluis in april en mei (uit gegevens gebruikt voor Figuur 5.2), het maximaal percentage oppervlak t.o.v. 10800 ha met < 1 mg O₂/l (< 3 mg O₂/l) (uit Tabel 7.3), het aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met 1 mg O₂/l (< 3 mg O₂/l) > 5% is (uit Tabellen 7.4 t/m 7.6), aangevuld met de seizoensfluctuatie in aantallen in de bloeien van *Phaeocystis* op de locatie Wissenkerke (in de monding van de Oosterschelde) in de periode 1990 t/m 2007 (Figuur 8 in Wetsteijn (2009)) en MWTL-gegevens uit 2008 en 2009. Het doel hiervan is om na te gaan of bloeien van *Phaeocystis* in de Voordelta van invloed kunnen zijn geweest op de ernst van de optredende zuurstofarme omstandigheden.

1990 t/m 1994:

In tegenstelling tot wat er in het vorige bekkenrapport staat vermeld is er in de periode 1990 t/m 1998 in april en mei wel degelijk Noordzeewater ingelaten via de Brouwerssluis, met name in de periode 1990 t/m 1994. Wordt als streefbeeld het maximaal percentage oppervlak met < 1 mg O₂/l is > 5% aangehouden, dan valt op dat in de in deze periode vallende jaren 1990 t/m 1992, elk met een grote *Phaeocystis* voorjaarsbloei (10 – 50 miljoen cellen/l) in de Voordelta de maximale percentages < 5% blijven. In deze periode zijn er echter voor 1990 weinig GTSO-metingen beschikbaar. In 1993 is bij geen *Phaeocystis* voorjaarsbloei het maximale

percentage < 5%, terwijl in 1994 bij geen *Phaeocystis* voorjaarsbloeï het maximale percentage > 5% is, maar 1994 was dan weer wel een uitzonderlijk warm jaar (zie 4 Meteo, Tabel 4.1).

1995 t/m 1998:

Geen maximale percentages > 5% in deze periode bij geen inlaten door de Brouwerssluis, dus geen effect van de grote *Phaeocystis* voorjaarsbloeï in de Voordelta in 1997 en 1998.

1999 t/m 2009:

Maximale percentages > 5% in 1999, 2001, 2003, 2007 en 2008 **en** grote *Phaeocystis* voorjaarsbloeï in de Voordelta, maar maximaal percentage < 5% in 2004 bij een grote *Phaeocystis* voorjaarsbloeï in de Voordelta en maximaal percentage > 5% (14.2%) bij afwezigheid van een grote *Phaeocystis* voorjaarsbloeï

Tabel 7.8

Vergelijking van de inlaatdebiëten (in 10⁶ m³ per maand) van de Brouwerssluis in april en mei met Maximaal percentage oppervlak met **< 1 mg O₂/l (< 3 mg O₂/l)** t.o.v. 10800 ha en Aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met **< 1 mg O₂/l > 5% (< 3 mg O₂/l > 5%)** is t.o.v. 10800 ha en de seizoensfluctuatie in de bloeien van *Phaeocystis globosa* op de MWTL-locatie Wissenkerke in de maanden april en mei in de jaren 1990 t/m 2009. De maximale percentages > 5% en met < 1 mg O₂/l ten opzichte van 10800 ha (tot nu toe gebruikt) zijn rood en vet aangegeven; alle waarden bij NAP – 0.20 m.

Inlaatdebiëten Brouwerssluis in 10 ⁶ m ³ per maand in april en mei.			Maximale percentages oppervlak met < 1 mg O ₂ /l (< 3 mg O ₂ /l) t.o.v. 10800 ha.	Aantal dagen waarbij het percentage oppervlak met < 1 mg O ₂ /l (< 3 mg O ₂ /l) ≥ 5%.	Seizoensfluctuatie in de bloeien van <i>Phaeocystis</i> op de locatie Wissenkerke* (monding Oosterschelde) in de eerste en tweede helft van april en mei. Aantallen in miljoen cellen/l, gm = geen meting.			
Jaar	April	Mei	%	Aantal dagen	1-15 April	16-30 April	1-15 Mei	16-31 Mei
1990	323	0	1.3 (2.0)	0 (0)	<1	<1	10-50	<1
1991	130	25	4.0 (11.7)	0 (31)	<1	10-50	10-50	<1
1992	262	29	2.2 (3.5)	0 (0)	<1	10-50	<1	<1
1993	269	260	1.8 (2.1)	0 (0)	<1	<1	1	<1
1994	287	37	6.8 (8.4)	15 (46)	gm	<1	1	<1
1995	47	0	2.1 (9.7)	0 (34)	gm	1-10	1	<1
1996	0	0	2.0 (4.5)	0 (0)	<1	1-10	gm	<1
1997	12	0	4.5 (12.4)	0 (59)	10-50	10-50	<1	<1
1998	0	0	1.6 (4.3)	0 (0)	<1	10-50	10-50	<1
1999	284	289	8.1 (9.9)	30 (83)	<1	1-10	10-50	<1
2000	337	323	1.9 (9.8)	0 (28)	<1	<1	<1	<1
2001	302	318	7.0 (12.6)	39 (73)	1-10	10-50	10-50	<1
2002	317	357	4.4 (15.4)	0 (50)	<1	<1	<1	<1
2003	162	75	8.6 (15.1)	56 (87)	1-10	10-50	<1	<1
2004	251	120	3.6 (15.5)	0 (30)	<1	10-50	10-50	1-10
2005	148	94	4.2 (8.7)	0 (71)	<1	1-10	<1	<1
2006	219	208	14.2 (17.7)	48 (59)	<1	<1	<1	<1
2007	301	210	5.5 (12.4)	4 (34)	1-10	10-50	1-10	<1
2008	238	225	6.8 (14.9)	33 (136)	<1	10-50	10-50	1-10
2009	289	253	2.9 (8.0)	0 (40)	<1	<1	<1	<1
2010			14.6 (20.6)		10-50	10-50	1-10	<1

*De MWTL locatie Wissenkerke ligt in de monding van de Oosterschelde en de aantallen *Phaeocystis* op deze locatie hoeven niet direct hetzelfde te zijn als bij de Brouwerssluis. Echter, ten behoeve van het project MONISNEL zijn tijdens het voorjaar in de periode 2007 t/m 2010 *Phaeocystis* tellingen uitgevoerd op de landlocaties Roompotsluis en Brouwerssluis. Voor de jaren 2007, 2008 en 2010 met grote voorjaarsbloeïen van *Phaeocystis* (met 10 – 50 miljoen cellen/l op alle locaties) hebben deze tellingen een goede overeenkomst met de tellingen op de locatie Wissenkerke. Voor 2009 met nauwelijks een voorjaarsbloeï van *Phaeocystis* (met tot 5 miljoen cellen/l op de locatie Wissenkerke) is dit minder het geval.

in de Voordelta in 2006, maar 2006 was dan weer wel een extreem warm jaar (zie 4 Meteo, Tabel 4.1).

Wordt als streefbeeld het maximaal percentage oppervlak met $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$ is $> 5\%$ aangehouden, dan valt op dat elk jaar in deze periode wel boven de 5% uitkomt, ook in jaren dat er geen sprake is van een grote *Phaeocystis* voorjaarsbloei in de Voordelta (2000, 2002, 2005, 2006 en 2009).

2010:

Voor wat betreft de hoogte van het maximale percentage zuurstofloze bodem wordt in 2010 de sinds 1990 meest hoge waarde van 14.6% van de oppervlakte met $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ waargenomen. In 2010 was er een grote *Phaeocystis* voorjaarsbloei in de gehele Voordelta (en ook op de locatie Wissenkerke, zie Tabel 7.8), die ook door de Brouwerssluis gekomen zal zijn. Als gevolg van afbraak van gesedimenteerde *Phaeocystis* kolonies was de zuurstof concentratie vanaf 20 m in de diepe put Scharendijke op 4 mei al $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ en in de diepe put Den Osse al $< 3 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Op 18 mei was vanaf 20 m de zuurstof concentratie in beide putten al $< 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$. In de zeer warme maanden juni en juli 2010 ontwikkelde zich voor wat betreft temperatuur en zuurstof snel een slechte situatie voor het gehele Grevelingenmeer (7.1.3 % zuurstofloos bodemoppervlak, Figuur 7.8).

De (voorlopige) conclusie is dat na het volledig openzetten van de Brouwerssluis grote *Phaeocystis* voorjaarsbloeien in de Voordelta in veel jaren, maar niet in alle jaren, een versterkende rol zullen hebben gespeeld bij het optreden van maximale percentages $> 5\%$. Om daarover meer zekerheid te krijgen, zou nog eens naar de tijdsduur gekeken moeten worden waarbij het aantal *Phaeocystis* cellen meer dan 10 miljoen cellen/l bedraagt. De (voorlopige) conclusie wordt verder nog versterkt doordat in jaren zonder een grote *Phaeocystis* voorjaarsbloei (in april en/of mei) de eerste twee diepe putten Scharendijke en Den Osse pas na mei zuurstofloos worden, terwijl in jaren (bijvoorbeeld 2010) met een grote *Phaeocystis* voorjaarsbloei de eerste twee diepe putten al in april/mei zuurstofloos worden. Ook meteorologische omstandigheden (warm weer, weinig wind) zullen een rol blijven spelen bij de ontwikkeling/opbouw van een temperatuur spronglaag en daarmee van zuurstofarme omstandigheden.

Samenvattend lijkt het erop dat het in 1999 ingevoerde spuiregiem geen verbetering van de zuurstof situatie heeft opgeleverd ten opzichte van de periode daarvoor, waarbij het toelaten van sedimentatie en mineralisatie van *Phaeocystis* kolonies, afkomstig uit de Voordelta, de situatie zeker niet verbeterd heeft.

8 Biologie

8.1 Fytoplankton

Fytoplankton bestaat uit vrij in het water zwevend, microscopisch klein, plantaardig materiaal. Met behulp van fotosynthese is het in staat om kooldioxide om te zetten in organisch materiaal (biomassa). Fytoplankton vormt hiermee, samen met op of in de bodem levende algen (microfyto bentos), de basis van het mariene voedselweb in het Grevelingenmeer. Het is een belangrijke voedselbron voor zoöplankton en filterfeedende organismen van zacht en hard substraat.

Alle fytoplanktonsoorten bevatten het fotosynthese pigment chlorofyl-a en de hoeveelheid chlorofyl-a wordt beschouwd als een maat voor de aanwezige hoeveelheid fytoplankton. Monsternamen voor chlorofyl-a vindt plaats vanaf 1982 op de MWTL-locatie Dreischor, vanaf 1999 op de regionale meetlocatie Herkingen en vanaf 1978 t/m 1995 en vanaf 1999 op de regionale meetlocatie Scharendijke. De locaties Scharendijke en Herkingen zijn vanaf 2010 opgenomen in het MWTL-programma. Monsternamen voor de fytoplankton samenstelling vindt vanaf 1990 alleen plaats op de MWTL-locatie Dreischor.

8.1.1 Bemonstering

In grote lijnen bedroeg de monsterfrequentie voor chlorofyl-a op de locatie Dreischor 1x per maand in de periode 1990 t/m 1993, 1x per maand in de maanden oktober t/m februari en 2x per maand in de maanden maart t/m september in de periode 1994 t/m 2008.

Op de locatie Herkingen bedroeg de monsterfrequentie in grote lijnen 1x per maand in de maanden oktober t/m februari en 2x per maand in de maanden maart t/m september in de periode 1999 t/m 2008.

Op de locatie Scharendijke bedroeg de monsterfrequentie in grote lijnen 1x per maand in de periode 1990 t/m 1995 en 1x per maand in de maanden oktober t/m februari en 2x per maand in de maanden maart t/m september in de periode 1999 t/m 2008.

Op de drie locaties is de oppervlakte bij elke monsternamen bemonsterd en bij temperatuurstratificatie op de locatie Dreischor ook halvediepte/spronglaag en bodem + 1 m.

Zoals gezegd, vindt monsternamen (oppervlakte) voor de fytoplankton monitoring vanaf 1990 alleen plaats op de locatie Dreischor. Monsternamen vindt in de periode oktober t/m februari maandelijks plaats en in de periode maart t/m augustus tweewekelijks. Tijdens stratificatie in de zomer wordt op drie dieptes gemonsterd (oppervlakte, halve diepte/spronglaag en bodem + 1 m).

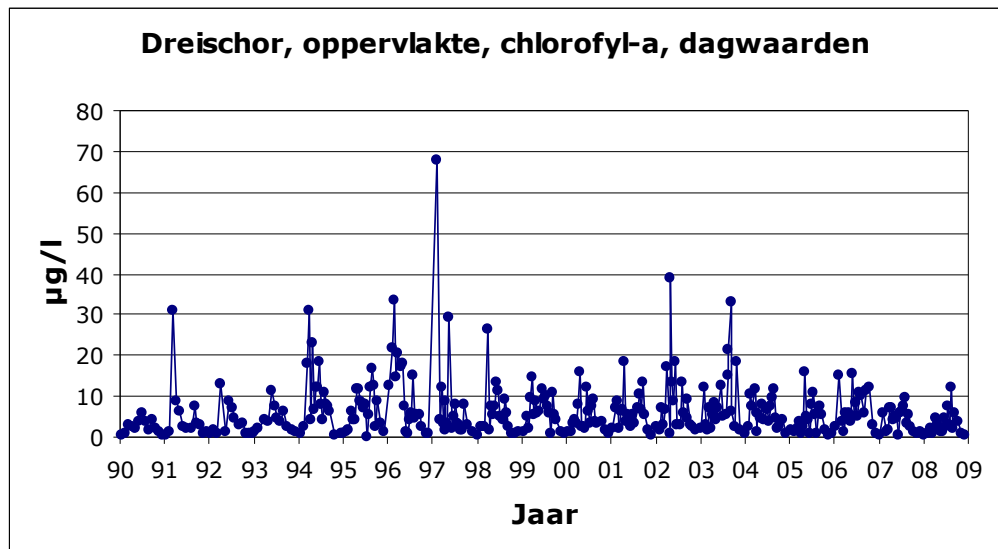
Met zure lugol gefixeerde monsters werden microscopisch geanalyseerd. De fytoplanktonontwikkeling (in alle Nederlandse zoute wateren) wordt in jaarlijkse rapportages beschreven. Alle data t/m 2007 zijn gerapporteerd en opgeslagen in DONAR, het officiële opslagsysteem van RWS.

8.1.2 Chlorofyl-a

Figuur 8.1.1 geeft het verloop van de gemeten chlorofyl-a concentraties (oppervlakte) op de MWTL-locatie Dreischor voor de periode 1990 t/m 2008.

Figuur 8.1.1

Gemeten chlorofyl-a concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008.



De gemeten chlorofyl-a concentraties variëren meestal tussen 0.1 en 20 µg/l. De extreem hoge waarde van 68.0 µg/l is gemeten in februari 1997. Vanwege ijsbedekking in januari is dit ook het eerste monster van 1997 geweest. Een periode van ijsbedekking resulteert in het uitzakken van zwevend materiaal, voor zover aanwezig, met als gevolg een verbeterd doorzicht, waardoor er in februari al een vroege en grote bloei optrad van diatomeeën. Van de 4.5×10^6 diatomeeën/l in februari 1997 bestond ruim de helft uit de soort *Detonula confervacea*. In Tabel 8.1 worden voor de locatie Dreischor van een aantal omgevingsvariabelen de gemeten waarden in de periode 9 december 1996 t/m 5 maart 1997 gegeven (voor de locaties Scharendijke en Herkingen zijn voor deze geen meetgegevens beschikbaar).

Tabel 8.1

Gemeten waarden van een aantal omgevingsvariabelen op de locatie Dreischor in de periode 9 december 1996 t/m 5 maart 1997.

Datum	Zicht	Chl-a	Si	POC	Npart	Ppart
	dm	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
09/12/96	60	0.74	0.63	0.23	0.04	0.004
Januari: geen monsternamen vanwege ijsbedekking						
12/02/97	10	68.0	0.04	1.58	0.31	0.039
05/03/97	40	4.02	0.05	0.48	0.11	0.018

Uit Tabel 8.1 blijkt dat silicaat in februari al bijna uitgeput is door de diatomeeënbloei, resulterend in hoge POC-, Npart- en Ppart waarden. De verhouding Npart/Ppart levert molair/molair de waarde 17.6 op, een waarde die niet veel afwijkt van 16, de Redfield-ratio van fytoplankton (zie 8.1.4). Op 12 februari 1997 was de koolstof/chlorofyl-a ratio ($1.58 \times 1000 / 68.0$) 23.3, een waarde vergelijkbaar met de range 23-37 voor gezonde mariene fytoplankton populaties onder normale (niet beperkende) omstandigheden (Antia et al., 1963). Samengevat komt het er op neer dat de gemeten hoge chlorofyl-a waarde het resultaat is van een vroege bloei van fytoplankton.

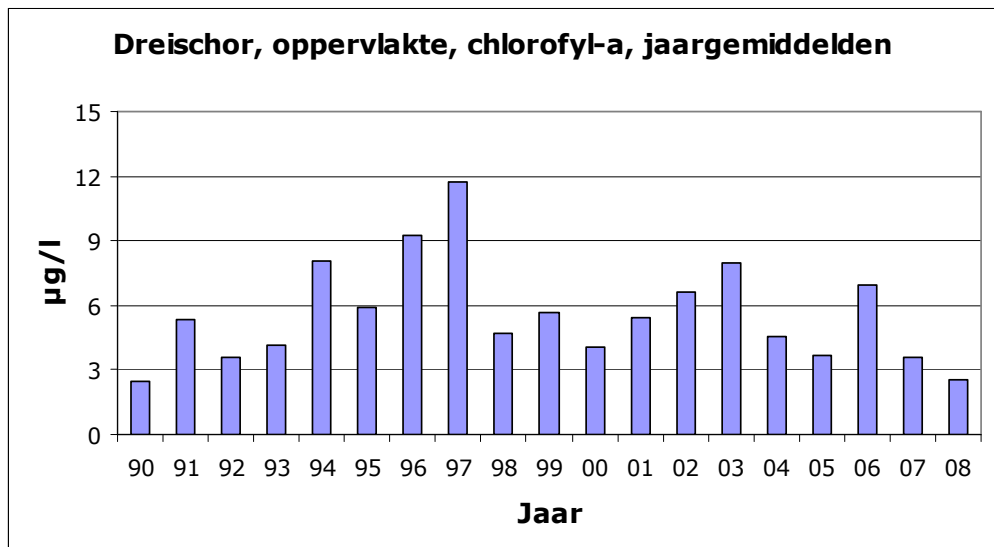
Daarnaast zijn er verder nog enkele hoge waarden tussen 20 en 40 µg/l. Meer dan 95% van de gemeten chlorofyl-a dagwaarden is echter <20 µg/l.

De gemeten chlorofyl-a dagwaarden laten voor de periode 1990 t/m 2008 geen speciale trend zien.

Figuur 8.1.2 geeft het verloop van de jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties (oppervlakte) op de MWTL-locatie Dreischor voor de periode 1990 t/m 2008.

Figuur 8.1.2

Jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties (oppervlakte) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008.



De jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties voor de periode 1990 t/m 1998 variëren tussen ca. 2.5 en 11.8 µg/l en voor de periode 1999 t/m 2008 tussen ca. 2.6 en 8.0 µg/l. De hoogste waarde in 1997 is een rechtstreeks gevolg van de (enkele) hoge waarde van 68.0 µg/l in februari van dat jaar; zonder deze waarde zou het jaargemiddelde op 5.5 µg/l zijn uitgekomen.

De jaargemiddelden voor de periode 1990 t/m 1997 laten een stijgende trend zien. In de periode 1998 t/m 2008 is geen duidelijke trend te onderkennen.

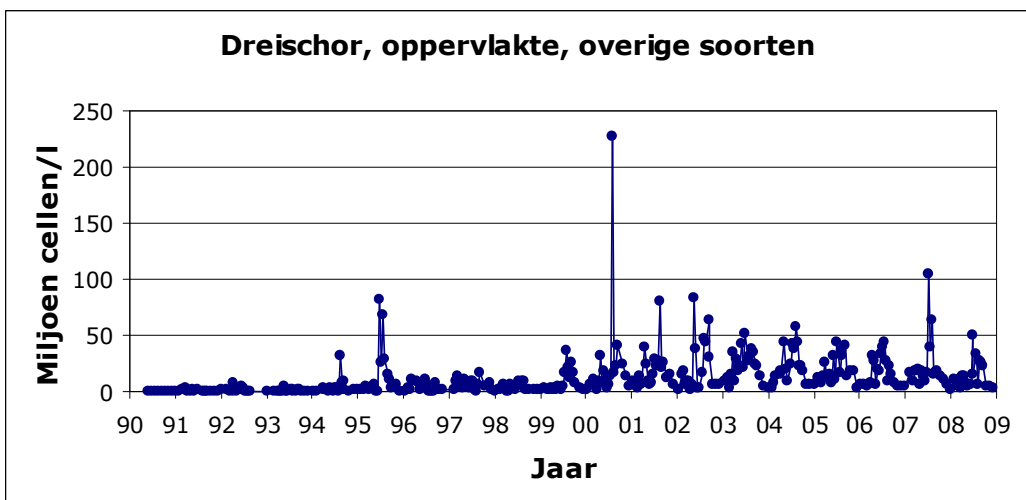
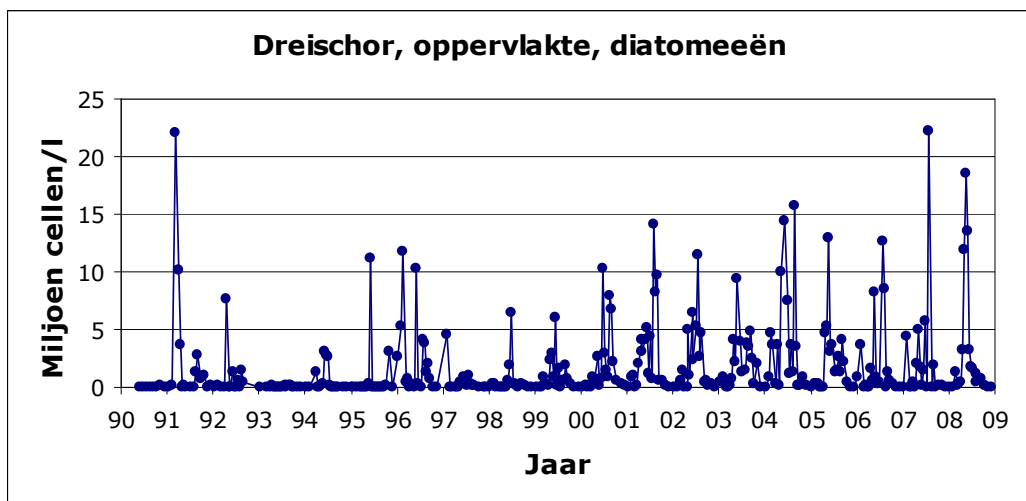
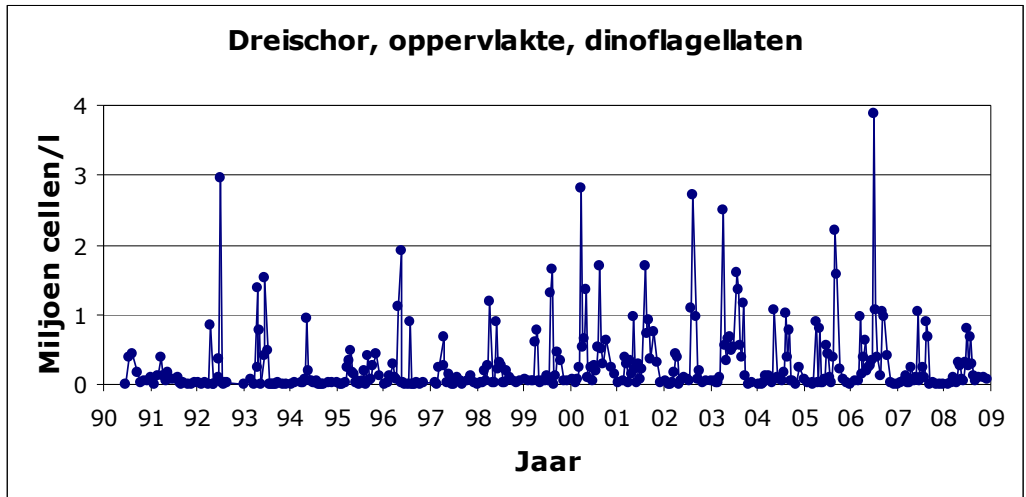
Voor een vergelijking met de jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties van de locaties Scharendijke en Herkingen zie 6.11 Vergelijking Dreischor met Scharendijke en Herkingen.

8.1.3 *Fytoplankton dynamiek*

Figuur 8.1.3 geeft de fytoplankton dynamiek van de drie belangrijkste groepen binnen het fytoplankton voor de periode 1990 t/m 2008 in oppervlakte-monsters van de locatie Dreischor. Daarbij is onderscheid gemaakt in dinoflagellaten, diatomeeën en overige soorten.

Figuur 8.1.3

Aantallen dinoflagellaten, diatomeeën en overige soorten in oppervlaktemonsters van de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. NB: verschillende schalen voor de drie genoemde groepen.



Het verloop van de aantallen dinoflagellaten, diatomeeën en overige soorten laat in de periode 2000 t/m 2008 meer pieken en hogere aantallen zien dan in de periode 1990 t/m 1999. In eerste instantie lijkt dit eerder een trendbreuk te zijn dan een toename in de fytoplankton groepen, omdat de fytoplankton monsters uit de periode vanaf 2000 door een ander bureau zijn geanalyseerd dan in de periode voor 2000. Omdat dit verschijnsel ook wordt waargenomen op andere locaties, waarvan het fytoplankton wordt geanalyseerd, is het geen gevolg van een grotere menging met Noordzeewater, te meer omdat er in het chlorofyl-a beeld geen veranderingen opvallen.

Pieken in aantallen dinoflagellaten met meer dan twee miljoen cellen/l komen voor in de jaren 1992, 2000, 2002, 2003, 2005 en 2006, in zowel voorjaar als in de zomer. De pieken worden gevormd door kleine soorten dinoflagellaten als *Katodinium rotundatum*, kleine heterotrofe *Gymnodinium* spp., *Heterocapsa minima* (Figuur 8.1.4), *Prorocentrum minimum* en *Prorocentrum triestinum*.

Figuur 8.1.4

Heterocapsa minima, een belangrijke kleine dinoflagellaat uit het Grevelingenmeer. Totale maatstreef = 2 µm. Foto: Koeman & Bijkerk, Haren.



Pieken in aantallen diatomeeën met meer dan 10 miljoen cellen/l komen voor in de jaren 1991, 1995, 1996, 2000, 2001, 2002 en 2004 t/m 2007, in zowel winter, voorjaar en zomer. De pieken worden gevormd door vooral soorten als *Chaetoceros socialis*, centrale diatomeeën < 10 µm, *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus* spp. en *Thalassiosira* spp.

Pieken in aantallen overige soorten met meer dan 50 miljoen cellen/l komen voor in de jaren 1995, 2000 t/m 2004 en 2007, met name in de zomer. De pieken worden gevormd door kleine (< 10 µm) niet nader te determineren algen, *Cryptophyceae*, kleine *Prasinophyceae*, *Cryptomonadales*, *Chlorophyceae* en *Chrysochromulina* spp.

8.1.4 Nutriëntenbeperking

Voor verschillende nutriënten zijn er dalende trends waargenomen: ammonium met voor de dagwaarden en jaargemiddelden een significant dalende trend (Figuur 6.6a); nitraat met voor de dagwaarden en jaargemiddelden een dalende niet-significante trend (Figuur 6.6b); nitriet met voor de dagwaarden en jaargemiddelden een

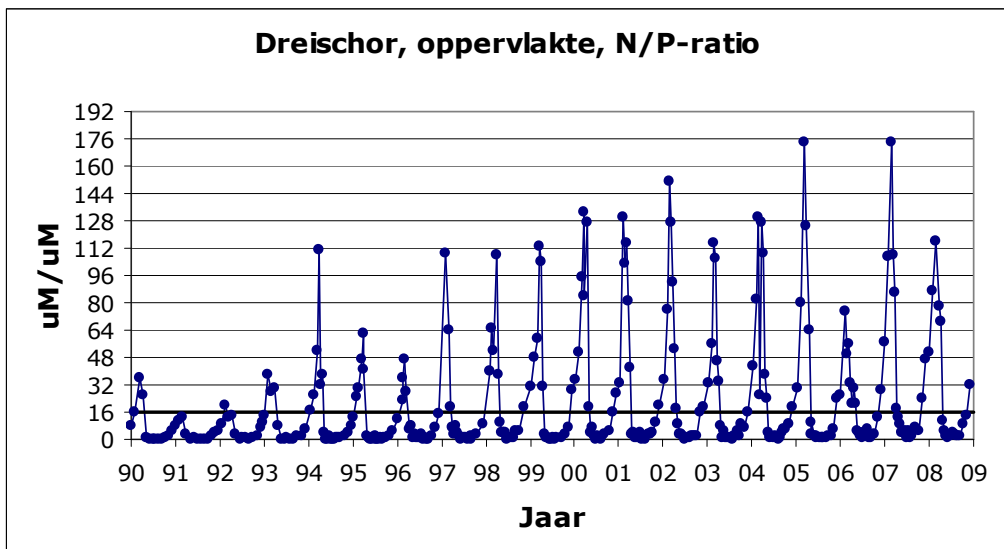
significant dalende trend (Figuur 6.6c); fosfaat met voor de dagwaarden en jaargemiddelden een significant dalende trend (Figuur 6.6f) en silicaat met voor de dagwaarden en jaargemiddelden een significant dalende trend (Figuur 6.6h). Daarnaast worden voor de meeste nutriënten de minimum concentraties in het voorjaar en in de zomer steeds lager. Er zijn dus meerdere redenen om in het licht van mogelijke nutriëntenbeperking voor het fytoplankton eens goed naar de lager wordende nutriënten concentraties te kijken.

Ondanks de nalevering van fosfaat uit de bodem zijn in de jaren 2000 de zomerwaarden fosfaat over een langere periode erg laag geworden, waarbij in veel gevallen de detectiegrens van 0.005 mg/l wordt bereikt. Dit is vooral het geval in de tweede helft van de jaren 2000. De halfverzadigingswaarde voor nutriëntopname (de nutriënt concentratie waarbij de opnamesnelheid is afgenomen tot de helft van de maximale opnamesnelheid) door natuurlijke fytoplankton populaties bedraagt voor fosfaat 0.1-0.5 μM (Fisher et al., 1988). In bijvoorbeeld de jaren 2006 t/m 2008 is gedurende de maanden februari t/m juni de fosfaat concentratie < 0.01 mg/l en vaak zelfs < 0.005 mg/l. Omgerekend is dit < 0.32 en < 0.16 μM , zodat het fytoplankton gedurende deze periode fosfaat-gelimiteerd kan zijn (kan zijn omdat ook naar de stikstof en N/P-ratio en silicaat gekeken moet worden).

De gemiddelde molaire nutriënten samenstelling van fytoplankton is P:N:Si = 1:16:16 (Gillbricht, 1988). Verondersteld wordt dat deze nutriënten ook in deze verhouding door het fytoplankton worden opgenomen. Deze nutriënten (Redfield) ratio's en de halfverzadigingswaarden voor nutriëntopname door natuurlijke fytoplankton populaties (fosfaat 0.1-0.5 μM , DIN 1-2 μM en silicaat 1-5 μM , Fisher et al., 1988) kunnen gebruikt worden om te bepalen welk nutriënt de groei van fytoplankton limiteert.

Figuur 8.1.5

N/P-ratio ($\mu\text{M}/\mu\text{M}$) op de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. De N/P-ratio voor fytoplankton (16) is aangegeven met een vette lijn.
 N/P < 16: N is relatief minder aanwezig dan P en dus het beperkende nutriënt.
 N/P > 16: P is relatief minder aanwezig dan N en dus het beperkende nutriënt.



In Figuur 8.1.5 is de (opgeloste) N/P-ratio ($\mu\text{M}/\mu\text{M}$) (N als DIN en P als PO_4) voor de locatie Dreischor afgebeeld voor de periode 1990 t/m 2008. Voor 1993 was de N/P-ratio vrijwel het gehele jaar < 16, hetgeen er op neerkomt dat stikstof het beperkende nutriënt voor het fytoplankton in het Grevelingenmeer was. Vanaf 1993

bereikt de N/P-ratio, als gevolg van de immer afnemende fosfaat concentraties, een deel van het jaar waarden > 16 , hetgeen er op neerkomt dat fosfaat dan het beperkende nutriënt voor fytoplankton is.

Ook de andere (opgeloste) nutriëntenratio's zijn berekend (niet afgebeeld). Voor de Si/P-ratio is het beeld dat vanaf 1996 de Si/P-ratio gedurende korte tijd (soms twee maanden) waarden > 16 bereikt, daarmee aangevend dat in die perioden fosfaat eerder beperkend zal zijn dan silicaat. Het beeld voor de Si/N-ratio ($=1$) is nauwelijks veranderd: in de zomermaanden is stikstof (DIN) meer beperkend voor het fytoplankton dan silicaat, in het voorjaar en in de herfst (en winter) is silicaat meer beperkend dan stikstof (DIN).

In Figuur 8.1.6 is de nutriëntenbeperking van de gemeten concentraties DIN, PO_4 en SiO_2 in relatie tot de halfverzadigingswaarden voor nutriëntopname door natuurlijke fytoplankton populaties (zie ook hierboven) in beeld gebracht voor de locatie Dreischor in de periode 1990 t/m 2008. Hiertoe zijn de ranges voor de halfverzadigingswaarden voor nutriëntopname door natuurlijke fytoplankton populaties (fosfaat 0.1-0.5 μM , DIN 1-2 μM en silicaat 1-5 μM , Fisher et al., 1988) arbitrair ingedeeld in drie ranges met de volgende kwalificaties: niet beperkend, licht beperken en zwaar beperkend (zie legenda in Figuur 8.1.6).

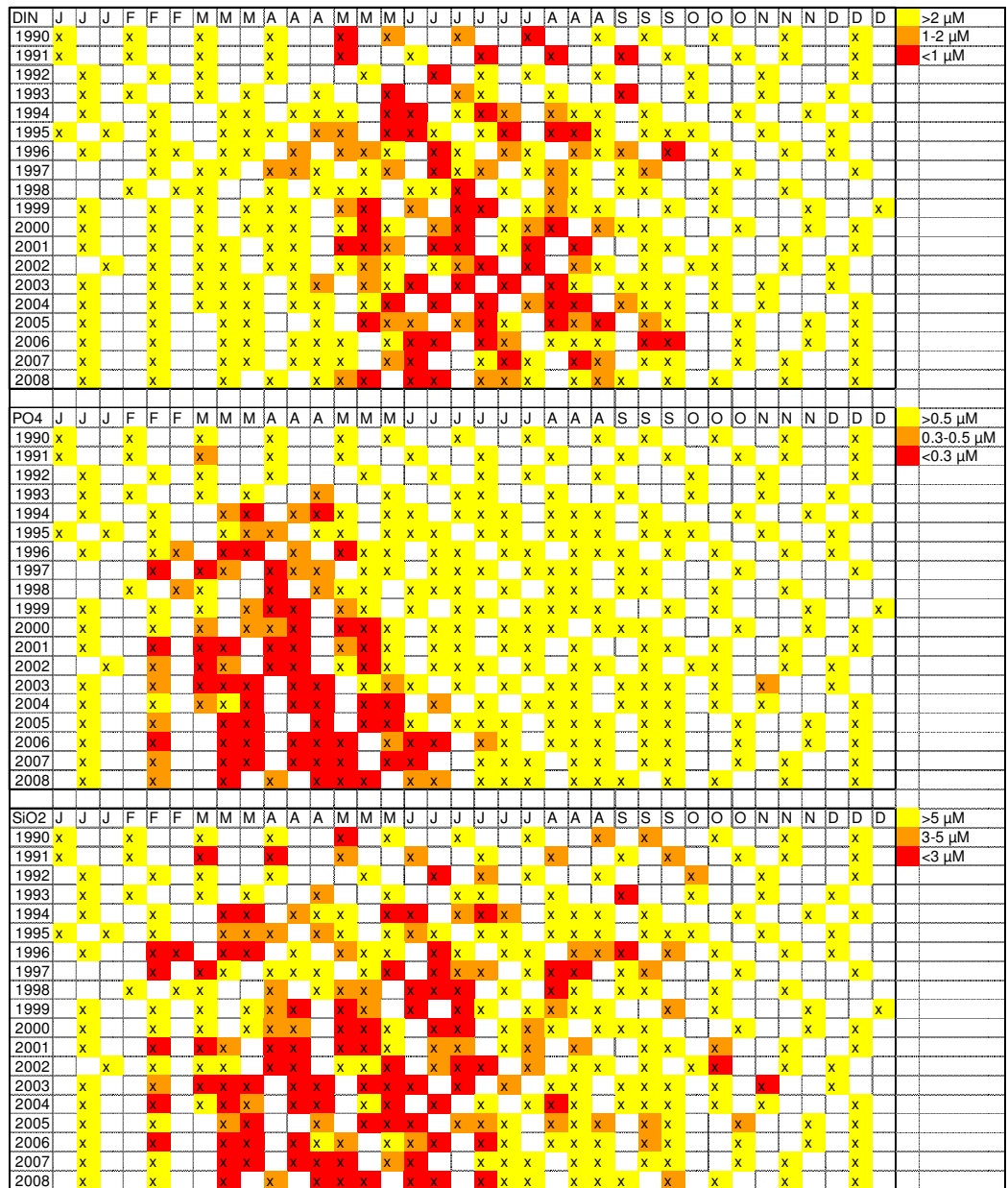
Nutriëntenbeperking van de gemeten concentraties DIN (μM), PO_4 (μM) en SiO_2 (μM) in relatie tot de halfverzadigingswaarden voor nutriëntopname door natuurlijke fytoplankton populaties in beeld gebracht. Elke maand is opgedeeld in drie decaden en voor ieder gekleurd vakje is een meetwaarde bekend in die decade. Geel: geen beperkende concentratie; oranje: licht beperkende concentratie; rood: zwaar beperkende concentratie (zie de legenda's bij de figuren).

In Figuur 8.1.6 is te zien dat de monsterfrequentie in de periode 1990 t/m 2003 maandelijks was. Vanaf 1994 is in grote lijnen de monsterfrequentie in de maanden maart t/m september tweewekelijks. In grote lijnen blijkt uit de figuur dat DIN in de maanden mei t/m september regelmatig licht tot zwaar beperkend is voor het fytoplankton. Voor silicaat blijkt dat gedurende de gehele periode 1990 t/m 2008 in de maanden februari t/m augustus beperkende concentraties voor het fytoplankton voorkomen, waarbij vanaf 1998 de beperking steeds vaker zwaar beperkend is dan in de jaren voor 1998. Stikstof en silicaat werden ook in de tachtiger jaren al beschouwd als beperkende factoren voor het fytoplankton in de zomer (Bakker & de Vries, 1984). Fosfaat is t/m 1993 niet beperkend voor het fytoplankton. Vanaf 1994 echter bereikt fosfaat steeds meer zwaar beperkende concentraties voor het fytoplankton, aanvankelijk in de periode februari t/m april en vanaf 2000 uitbreidend t/m juni.

De vraag is natuurlijk of er als gevolg van nutriëntenbeperking al iets te merken is aan de productiviteit van het fytoplankton. Het verloop van de aantallen dinoflagellaten, diatomeeën en overige soorten laat voor de periode 1990 t/m 2008 geen achteruitgang in aantallen zien (Figuur 8.1.3). Wel zijn vanaf 2000 de aantallen hoger dan voor 2000, maar dat lijkt eerder een trendbreuk te zijn als gevolg van een wisseling van analyserende bureaus. Uiteraard zijn aantallen nog iets anders dan biomassa, maar daar staat tegenover dat er in grote lijnen ook geen verschuivingen in de drie fytoplankton groepen zijn waar te nemen.

Figuur 8.1.6

Nutriëntenbeperking van de gemeten concentraties DIN (μM), PO_4 (μM) en SiO_2 (μM) in relatie tot de halfverzadigingswaarden voor nutriëntopname door natuurlijke fytoplankton populaties in beeld gebracht. Elke maand is opgedeeld in drie decaden en voor ieder gekleurd vakje is een meetwaarde bekend in die decade. Geel: geen beperkende concentratie; oranje: licht beperkende concentratie; rood: zwaar beperkende concentratie (zie de legenda's aan de rechterkant bij de figuren).



Ook het verloop van de gemeten dagwaarden voor chlorofyl-a (Figuur 8.1.1) laat geen grote veranderingen zien als (mogelijk) gevolg van een toenemende nutriëntenbeperking. De jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties laten voor de periode 1990 t/m 2008 ook geen duidelijke veranderingen zien. Wel zijn er steeds korte perioden waarin de chlorofyl-a concentratie afneemt. Zo ook voor de periode 2006 t/m 2008. Het zou interessant zijn om nog na te gaan hoe de chlorofyl-a concentraties in 2009 en 2010 zijn geweest.

Er zijn situaties waarin een ecosysteem toch productief kan zijn/blijven bij lage/afnemende nutriënten concentraties. Wanneer de turnover snelheid (de snelheid van opnemen van nutriënten door fytoplankton, mineralisatie van fytoplankton en voor het fytoplankton weer ter beschikking komen van nutriënten) hoog is, dan kan de productiviteit van het fytoplankton ook bij lage nutriënten concentraties hoog

zijn/blijven. Voor een al wat oudere periode is voor het Grevelingenmeer bekend dat de productiviteit van het fytoplankton bij relatief lage chlorofyl-a en nutriënten concentraties toch hoog is.

Samengevat komt het er op neer dat nutriënten steeds beperkender worden voor het fytoplankton, dat fosfaat een steeds belangrijker rol hierin gaat spelen, dat er nog geen duidelijke effecten te zien zijn aan de aantallen fytoplankton en aan de chlorofyl-a concentraties en dat dit mogelijk het gevolg is van een hoge turnover snelheid van nutriënten.

De aanbeveling is dan wel om met het oog op nutriëntenbeperking van het fytoplankton de ontwikkeling van de nutriënten concentraties nauwlettend te volgen.

8.1.5 Fytoplankton en KRW

Binnen de Kaderrichtlijn Water (KRW) wordt het Grevelingenmeer gerekend tot de zoute meren (M32). Voor de zoute meren wordt het kwaliteitselement fytoplankton beoordeeld op twee criteria: abundantie (mate van voorkomen) en soortensamenstelling met de daarbij behorende maatlatten. Abundantie wordt beoordeeld aan de hand van de 90-percentiel van de zomer chlorofyl-a concentraties (gemeten op locatie Dreischor). Als indicator voor soortensamenstelling wordt de ongewenste bloei van *Phaeocystis* ($> 10^6$ cellen/liter) gemeten als het aantal maanden per jaar dat een bloei geconstateerd is (in procenten) op locatie Dreischor. Voor beide criteria worden monitoring gegevens van locatie Dreischor gebruikt. Uit het gewogen gemiddelde van de scores voor abundantie en soortensamenstelling komt de maatlatscore voor fytoplankton. De bloei van *Phaeocystis* telt echter niet mee wanneer deze hoger scoort dan de deelmaatlat chlorofyl-a. Zie ook 9.1 Brondocumenten waarin ook de resultaten van KRW-toetsingen aan de orde komen.

8.2 Macroalgen

Onderzoek naar het voorkomen van macrofyten (wieren of macroalgen en zeegrassen) is vanaf 1989 in het Grevelingenmeer uitgevoerd als onderdeel van het biomonitoringsprogramma van Rijkswaterstaat. Tijdens de jaren 1989 t/m 2007 (niet in alle jaren) werd tijdens de inventarisaties van zeegrassen ook gekeken naar de aanwezigheid van de begeleidende wieren.

In de jaren 1989 (Apon, 1990) en 1994 t/m 1998 (Verschuure 1994-1998) bestonden de begeleidende wieren uit de bruinwieren Gaffelwier *Dictyota dichotoma* en Japans bessenwier *Sargassum muticum*, uit de groenwieren vederwier *Bryopsis* spp., borstelwier *Chaetomorpha* spp., Viltwier *Codium fragile*, darmwier *Enteromorpha* spp. en zeesla *Ulva* spp. en, in veel mindere mate, roodwieren.

Bij de inventarisaties in 2000 en 2003 (Verschuure, 2000, 2003) werd in de voormalige zeegrassvelden geen zeegras meer aangetroffen, maar wel grote hoeveelheden Japans bessenwier *Sargassum muticum*, grote hoeveelheden Viltwier *Codium fragile* en zeesla *Ulva* spp. en, in beperkte hoeveelheden, roodwieren. Vooral zeesla *Ulva* spp. lijkt in deze jaren toe te nemen.

Bij de laatste inventarisatie naar zeegrassen in 2007 in gebieden waar in 1989 nog zeegrassvelden voorkwamen (1567 ha) blijkt dat de voormalige zeegrassvelden nu bedekt worden door uitgebreide velden van macroalgen, voornamelijk groenwieren

en, in mindere mate, roodwieren en bruinwieren (wiersoorten verder niet gespecificeerd) (Engelberts et al., 2007). Er is in dat jaar dus geen onderzoek gedaan naar het voorkomen van zeesla en andere wieren in de overige deelgebieden van het Grevelingenmeer.

De aanwezigheid van veel zeesla kan leiden tot problemen. Afhankelijk van de wind kan zeesla in grote hoeveelheden aanspoelen, bijvoorbeeld op recreatiestranden en achter oeververdedigingen, waar het aangespoelde materiaal gaat rotten en stankoverlast veroorzaakt (Sierdsma & van den Broek, 2007). Bij aanhoudende westenwind wordt het meeste zeesla naar het oostelijk deel van het meer gevoerd (Sierdsma & van den Broek, 2007). Afbraak van afgezonken zeesla op de bodem zal ter plekke ook zuurstof verbruiken. Echter, in de jaren 2007 t/m 2009 was er niet hinderlijk veel zeesla in het Grevelingenmeer aanwezig (de Kraker, 2010b).

Macroalgen worden in het huidige biomonitoringsprogramma niet meer gemonitord, dus recente informatie over het voorkomen van zeesla is schaars. Tijdens een onderzoek naar de verspreiding van witte bacteriematten en zichtbare schade aan bodemleven in het Grevelingenmeer in de periode 25 augustus t/m 1 september 2010 documenteerden Lengkeek et al. (2010) (zie 8.4.3 *Effecten van zuurstofloosheid op bodemleven + witte matten*) ook het voorkomen van zeesla. De resultaten hiervan werden echter niet inhoudelijk besproken, maar wel bijgevoegd als bijlagen. Op 46 van de 198 onderzochte locaties werd zeesla aangetroffen met als bedekkingspercentages 0% op 152 locaties, 1-25% op 32 locaties, 26-50% op 9 locaties, 51-75% op 2 locaties en 76-100% op 3 locaties.

8.3 Zeegras

Zeegrassen hebben een wereldwijde verspreiding in ondiepe kustgebieden en zeegrasvelden behoren tot de meest productieve habitats in de wereld. In de Nederlandse wateren komen twee soorten voor: Groot zeegras (*Zostera marina*) (Figuur 8.3.1) en Klein zeegras (*Zostera noltii*).

Figuur 8.3.1

Groot zeegras, Yderfjorden, Denemarken, omstreeks 1990. Bron: Marieke van Katwijk, Radboud Universiteit Nijmegen.



De zeegrasvelden in het Grevelingenmeer waren van groot belang als voedsel voor ongewervelde dieren als vooral de Zeeuwse pissebed (*Idotea chelipes*). De Zeeuwse pissebed werd vooral gegeten door grondels (*Pomatoschistus* soorten), kleine zeer talrijk in het Grevelingenmeer voorkomende vissoorten, die weer als belangrijk voedsel dienden voor Futen (*Podiceps cristatus*) en Middelste zaagbekken (*Mergus serrator*) en ook voor Paling (*Anguilla anguilla*). Een ander deel van het voedselweb

wordt gevormd door plantenetende vogels als knobbelzwaan (*Cygnus olor*), Rotgans (*Branta bernicia*), Meerkoet (*Fulica atra*) en Smient (*Anas penelope*). Het dode zeegras wordt afgebroken en komt via omwegen weer ten goede aan het ecosysteem. Daarnaast boden de zeegrasvelden in het Grevelingenmeer beschutting aan de Kruiskwal (*Gonionemus vertens*), aasgarnalen (*Praunus flexuosus*) en kleine vissoorten als grondels (*Pomatoschistus* soorten) en Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*).

8.3.1 Opkomst en ondergang

Er is weinig bekend over de verspreiding van zeegrassen in de Grevelingen voor de afsluiting aan de landzijde met de Grevelingendam in 1964 (Wijggers & van Katwijk, 1993). Na deze afsluiting ontwikkelde zich in het oostelijke deel van de Grevelingen (Herkingen) een zeegrassenpopulatie van Groot zeegras (*Zostera marina*) en klein zeegras (*Zostera noltii*). In 1968 bedroeg de oppervlakte met een bedekking van > 5% reeds ca. 1200 ha (Nienhuis & de Bree, 1977). Na de aanleg van de Brouwersdam aan de Noordzeekant in 1971 nam de oppervlakte van de zeegrasvelden vanuit het oosten explosief toe en in de zomer van 1978 is een gebied van ruim 4600 ha bedekt met zeegras met een bedekking van > 5% (Nienhuis et al., 1996) en zijn vrijwel alle potentiële habitats in het Grevelingenmeer begroeid (Nienhuis, 1985). Door het ontbreken van getijbeweging na 1971 is het Klein zeegras verdwenen. Na 1978 neemt de bedekking met Groot zeegras weer sterk af tot 2671 ha in 1980 om vervolgens weer sterk toe te nemen tot 4115 ha in 1983 (Nienhuis, 1985). Na 1985 volgt een gestage afname van de bedekking tot < 100 ha in 1993 (Nienhuis et al., 1996). Bij een inventarisatie in 1989 kwam het Klein zeegras nog op een beperkt aantal plaatsen voor (Apon, 1990). De bedekking en biomassa van zeegras in de periode 1968 t/m 1993 wordt samengevat in Nienhuis et al. (1996). Ook in de periode 1994 t/m 1998 werd het oppervlak aan zeegrasvelden met een bedekkingspercentage van > 5% geïnventariseerd (Verschuure, 1994 t/m 1998). In 1998 werd nog slechts 2.8 ha aangetroffen. Bij nog latere inventarisaties in 2000 (Verschuure, 2000), 2003 (Verschuure, 2003) en 2007 (Engelberts et al., 2007) werd geen zeegras meer aangetroffen. Omdat bij de inventarisaties vanaf 2000 gericht gezocht werd in de gebieden waar in 1989 nog zeegrasvelden werden waargenomen, is het wel zeker dat zeegrassen vanaf 2000 definitief verdwenen zijn uit het Grevelingenmeer. De plaats van de zeegrassen is nu ingenomen door uitgebreide velden van macroalgen, voornamelijk groenwieren (waarbij geen onderscheid werd gemaakt in zeesla en darmwier) en in mindere mate roodwieren en bruinwieren (Engelberts et al., 2007). Alle bekende oppervlaktes zeegras met bedekkingspercentages > 5% voor de periode 1968 t/m 2007 zijn samengevat in tabel 8.3.1.

Tabel 8.3.1

Oppervlakte Groot zeegras in het Grevelingenmeer met bedekkingspercentage > 5% in de periode 1968 t/m 2007.

- 1) Nienhuis et al. (1996),
- 2) Verschuure (1994),
- 3) Verschuure (1995),
- 4) Verschuure (1996),
- 5) Verschuure (1997),
- 6) Verschuure (1998),
- 7) Verschuure (2000),
- 8) Verschuure (2003),
- 9) Engelberts et al. (2007).

Jaar	Oppervlakte > 5% in ha	Bron
1968	± 1200*	1
1973	1735	1
1975	3100	1
1978	4613	1
1980	2671	1
1981	3363	1
1982	3589	1
1983	4115	1
1985	3802	1
1987	1740	1
1989	1567	1
1991	290	1
1992	< 250	1
1993	< 100	1
1994	59.0	2
1995	57.5	3
1996	34.7	4
1997	26.7	5
1998	2.8	6
2000	0.0	7
2003	0.0	8
2007	0.0	9

*Groot zeegras en Klein zeegras

8.3.2 Oorzaken voor afname

De plotselinge afname tussen 1978 en 1980 werd vermoedelijk veroorzaakt door de strenge winter van 1978-1979 met ijsbedekking tot maart 1979 (Nienhuis, 1983). Verder zou de toename in saliniteit na 1978 de kiemingssnelheid van de zaden significant hebben doen afnemen (Nienhuis et al., 1996). Als mogelijke speculatieve oorzaken voor de dramatische achteruitgang van het zeegras tussen 1985 en 1993 in het Grevelingenmeer worden door Nienhuis et al. (1996) genoemd: 1) De constant hoge saliniteiten die de kieming van de zeegras zaden onderdrukken, 2) De extreem lage ammonium concentraties in het oppervlaktewater na 1984 en 3) De twee opeenvolgende koude winters (na 1978-1979) van 1984-1985 en 1985-1986.

Uit een studie naar de mogelijke oorzaken van de afname van het Groot zeegras blijkt er een duidelijke relatie te zijn tussen de saliniteit van het water en de fluctuaties in de zeegraspopulatie (Wijgergangs & van Katwijk, 1993). Daarnaast heeft een hoge saliniteit een negatief effect op de zaadkieming. Tevens blijkt er een positieve relatie te zijn tussen het fosfaatgehalte in het water en het zeegrasareaal (Wijgergangs & van Katwijk, 1993 en referenties hierin). Daarnaast heeft het Grevelingenmeer een lage dynamiek waardoor de nutriëntenopname via de bovengrondse delen moeilijker wordt. Samengevat noemen Wijgergangs & van Katwijk (1993) de combinatie van hoge saliniteit en fosfaatlimitatie in een laag-dynamisch milieu de waarschijnlijke oorzaak van de achteruitgang van het Groot zeegras in het Grevelingenmeer.

Herman et al. (1996) onderzochten later nog eens de merkwaardige sterke en significante correlatie tussen opgelost silicium in de waterkolom en de bedekking met zeegras. Een vergelijkbare relatie tussen andere abiotische variabelen (opgelost ammonium, opgelost nitraat + nitriet, opgelost anorganisch fosfaat, saliniteit en Secchi diepte) werd niet gevonden. De silicium gehalten in zeegras bladeren uit het Grevelingenmeer waren wel aanzienlijk lager dan in zeegras bladeren verzameld in het Veerse Meer en in de Oosterschelde (Zandkreek), waar het zeegras niet zo'n grote terugval vertoonde. Uiteindelijk leidde dit tot de hypothese dat de afgenomen concentraties opgelost silicium, samengaand met eutrofiëring van kustwateren, een factor kan zijn in de wereldwijde afname van estuariene zeegras populaties, waarvan de betekenis tot nu toe is genegeerd.

Kamermans et al. (1999) deden onderzoek naar het effect van de silicium concentratie en saliniteit op de groei van Groot zeegras. Verhoging van de silicium concentratie resulteerde niet in een betere groei. Zeegras, gekweekt bij 22 psu liet een betere groei zien dan kweken bij een hogere saliniteit van 32 psu. Verder bleek uit metingen van de chlorofyl-a fluorescentie, gemeten met een PAM-fluorometer, een reductie van de fotosynthese bij kweken bij hogere saliniteit. Dus, lagere saliniteiten bevorderen de groei van Groot zeegras uit het Grevelingenmeer.

8.3.3 *Zeegras, MWTL en KRW*

Al vanaf einde jaren zestig vindt er onderzoek plaats naar het voorkomen van zeegrassen in het Grevelingenmeer. Vanaf in ieder geval 1989 worden deze inventarisaties gefinancierd vanuit het MWTL Biomonitoringsprogramma van Rijkswaterstaat. De laatste inventarisatie is uitgevoerd in 2007.

Zeegras is binnen de KaderRichtlijn Water (KRW) opgenomen als één van de soorten binnen het biologische kwaliteitselement macrofyten (macroalgen en angiospermen) voor grote brakke tot zoute wateren (M32), waaronder het Grevelingenmeer valt. De laatste stand van zaken met betrekking voor de toe te passen maatlat rekenregels (metrieken) wordt gegeven door de Jong (2007). Daarbij wordt een zeegrasveld gedefinieerd als een gebied met minimaal 5% bedekking door zeegras. Er wordt onderscheid gemaakt in een metriek Zeegras-kwantiteit (areaal) en een metriek Zeegras-kwaliteit. Voor de metriek Zeegras-kwaliteit geldt dat voor P-REF (Potentiële Referentie) dat 70% van het potentieel begroeibaar oppervlak is begroeid met zeegras; rekening houdend met natuurlijke schommelingen is hierop een marge gezet van 10% → ondergrens P-REF is 63%. Voor de metriek Zeegras-kwaliteit kan de relatieve verdeling van de bedekkingen worden genomen met als eis dat alle klassen moeten voorkomen, maar dat zeker de hoge bedekkingen voldoende aanwezig moeten zijn. Metriek wordt dan dat het relatief areaal met een zeegrasbedekking > 60% voor 50% deel uitmaakt van het areaal zeegras. Deze metrieken wijken af van de metrieken genoemd in van der Molen & Pot (2007). Er zijn, met behulp van deze metrieken, nog geen officiële deel-maatlatten voor zeegras vastgesteld.

Het zal niet verbazen dat de KRW-beoordelingen van de genoemde twee indicatoren slecht uit de bus komen. Voor de situatie 2005-2007 en de huidige situatie 2007 bedraagt de EKR (Ecologische Kwaliteits Ratio) voor macrofyten 0.00 (Bronnendocument, 2008), gebaseerd op de metrieken uit van der Molen & Pot (2007).

Zeegras is niet als plantensoort opgenomen in de Natura 2000 'doelen' (DPM, 2009).

8.3.4 *Toekomstverwachting*

Voor wat betreft de toekomst van Groot zeegras in het Grevelingenmeer is de verwachting dat herstel van de oorspronkelijke Groot zeegras populatie bevorderd zal worden bij terugkeer van de oorspronkelijke estuariene condities, of wanneer herintroductie programma's worden uitgevoerd met allochtone zeegras types die minder gevoelig zijn voor hoge saliniteiten (Kamermaans et al., 1999).

In het kader van de KRW, en in aansluiting daarop het BPRW (BeheersPlan RijksWateren), is er ruimte om een pilot uit te voeren waarin Groot zeegras wordt aangeplant in het Grevelingenmeer (en het Veerse Meer) (de Jong, 2009). Deze pilot is gepland voor de periode 2009 – 2015, waarbij in de periode 2011 – 2012 daadwerkelijke aanplant kan plaatsvinden, met daarop aansluitend monitoring t/m 2015. Het zoutgehalte is de laatste 5 tot 10 jaar gezakt tot een niveau waarop in principe weer goede mogelijkheden zijn voor Groot zeegras (de Jong, 2009). Uit Figuur 6.2 blijkt dat het zoutgehalte in de periode 1998 t/m 2002 inderdaad chloride gehalten $< 16 \text{ g Cl}^-/\text{l}$ (saliniteit < 28.9) bereikt, waarbij vroeger zeegrasarealen met een grote oppervlakte voorkwamen. Dit is ook wat in voorgaande referentie werd bedoeld (mondelinge mededeling Dick de Jong). In de genoemde periode 1998 t/m 2002 komen echter ook chloride gehalten $> 16 \text{ g Cl}^-/\text{l}$ voor en in de periode 2003 t/m 2008 blijft het chloride gehalte vrijwel steeds $> 16 \text{ g Cl}^-/\text{l}$. Uit literatuur en experimenten is bekend dat Groot zeegras uit de Delta het niet goed doet bij chloride gehalten $> 16 \text{ g Cl}^-/\text{l}$ (de Jong, 2009). Dit benadrukt nog eens dat het bij de pilot te gebruiken plantmateriaal mogelijk zelfs van buiten de Zeeuwse Delta (Kanaalzone Frankrijk en Engeland of Denemarken) zal moeten komen.

8.4 **Organismen van het zachte substraat**

8.4.1 *Monitoring*

In het Grevelingenmeer vormen bodemdieren van het zachte substraat een belangrijke voedselbron voor vissen en vogels. Een aantal soorten als Oester, Mosselen en Kokkels zijn ook commercieel van belang. Voor wat betreft voedingswijze wordt er onderscheid gemaakt in deposit feeders (sedimenteters) zoals wormen en filter feeders zoals filtrerende schelpdieren.

In het kader van het MWTL biomonitoringsprogramma worden bodemdieren in het Grevelingenmeer vanaf 1990 tweemaal per jaar (voorjaar en najaar) bemonsterd in twee deelgebieden (westelijk en oostelijk plot) (Figuur 8.4.1). In elk deel worden drie dieptestrata bemonsterd: minder dan 2 m diep (ten opzichte van NAP + 0.10 m), 2 tot 6 m diep en dieper dan 6 m. Binnen ieder dieptestratum worden sinds najaar 1994 per deelgebied telkens dezelfde 10 locaties bemonsterd. In totaal worden er dus per jaar $2 \times 2 \times 3 \times 10 = 120$ bodemdiermonsters genomen. Alle locaties tot een diepte van 2 m zijn bemonsterd met een zogenaamde "flushing sampler". In de twee diepere strata werd op iedere locatie één Reineck box-corer bemonstering uitgevoerd.

Analyseresultaten (soortensamenstelling en biomassa) van elke seizoensbemonstering werden apart gerapporteerd, vanaf 2006 worden de analyseresultaten gecombineerd gerapporteerd.

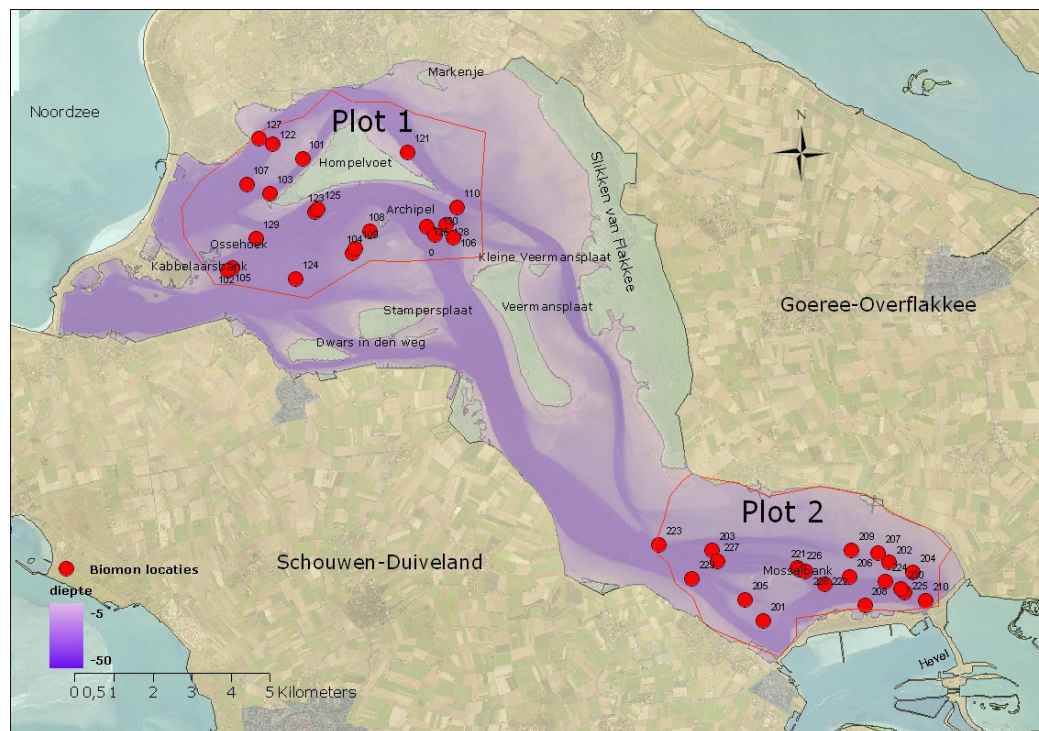
Alle data zijn opgeslagen bij het analyserende instituut NIOO-CEME in Yerseke; daarnaast is de Waterdienst bezig om alle data in haar eigen opslagsysteem opgenomen te krijgen.

Ten behoeve van het laatste bekkenrapport (Hoeksema, 2002) zijn de beschikbare biomonitoringsgegevens van de bodemdieren van zacht substraat uit de periode 1990 t/m 2000 in relatie met verschillende omgevingsvariabelen statistisch onderzocht en gerapporteerd (Schaub et al., 2002). Uit de Management Samenvatting van dit rapport:

“Uit deze analyse komt als belangrijkste conclusie naar voren dat er toch aanzienlijke verschuivingen zijn opgetreden in dichtheden en biomassa van een groot aantal soorten van het macrobenthos gedurende de periode 1990-2000. Van de 182 in het Grevelingenmeer aangetroffen macrobenthos taxa zijn 36 soorten (20%) significant in aantallen veranderd ($p < 0.05$). Sommige soorten, met name schelpdieren, zoals het Wadslakje *Hydrobia ulvae*, zijn nagenoeg verdwenen uit het Grevelingenmeer. Ook blijken soorten die commercieel van belang zijn zoals Mossel, Oester en Kokkel met exponentiële snelheid uit het systeem te verdwijnen. Andere soorten, zoals sommige wormachtigen – maar niet alle soorten –, zijn aanzienlijk in dichtheden toegenomen. Verder zijn er een aantal wormen soorten sterk in dichtheden afgenomen. Verklaringen zijn gezocht in een veranderende waterkwaliteit en/of veranderende bodemsamenstelling. Voor een verandering in bodemsamenstelling op systeemniveau zijn geen aanwijzingen gevonden, wel is de bodemsamenstelling van belang voor de verspreiding van macrobenthos.”

Figuur 8.4.1

Kaart van het Grevelingenmeer met de MWTL biomonitoring locaties waar bodemdieren van het zachte substraat worden bemonsterd. Alleen de locaties dieper dan 2 m waar met een boxcorer wordt bemonsterd zijn aangegeven (20 per plot). Op diepte < 2 m zijn per plot 10 locaties met een flushing sampler bemonsterd (niet aangegeven).



“Het Grevelingenmeer lijkt minder geschikt geworden voor een groot aantal soorten die voedsel uit het water filteren: een groot aantal soorten van verscheidene taxonomische groepen die er een filtrerende wijze van voedselvergaring op na houden gaan in dichtheden achteruit. Dit zou kunnen komen door de afsluiting van het gebied. Hierdoor is er minder waterbeweging en zakt het zwevend materiaal eerder naar de bodem. Voedsel lijkt eerder terecht te komen op en in de bodem waarvan organismen profiteren die van depositie leven (bijvoorbeeld wormen).”

“Van de zeven soorten Gastropoda zijn vier soorten sterk achteruit gegaan. Een effect van microverontreinigingen zoals de toxische stof tributyltin (TBT) op de ontwikkeling van o.a. schelpdieren kan nog steeds niet helemaal uitgesloten worden, ondanks het feit dat de belasting van het Grevelingenmeer sterk is afgenomen. Zet de trend door (exponentiële afname) dan wordt over ongeveer zes jaar een aanvaardbare situatie m.b.t. TBT verwacht. In de buurt van de havens is de concentratie van deze stof nog steeds boven de maximale niveaus waarop geen effect verwacht wordt. Daarbij komt dat er weinig bekend is over de lange termijn effecten van dit soort stoffen.”

“De consequenties van de veranderingen in het macrobenthos lijken te zijn dat voor schelpeneters, waaronder sommige soorten vogels (bijvoorbeeld duikeenden), de hoeveelheid voedsel vermindert in het gebied. Daarentegen lijkt de situatie voor weer andere soorten, zoals Geoorde futen, sterk verbeterd: er wordt een relatie gevonden tussen dichtheden aan kreeftachtigen en die van Geoorde futen. Deze relatie kan de toename van deze vogelsoort verklaren.”

De resultaten van de analyses van de bodemdiermonsters, genomen in de jaren 1990 t/m 2008 zijn gerapporteerd in Stikvoort & Brand (1991), Craeymeersch et al. (1992a,b t/m 1996a,b), Brummelhuis et al. (1997a,b t/m 1999a,b,c) en Sijm et al. (2000a,b t/m 2009).

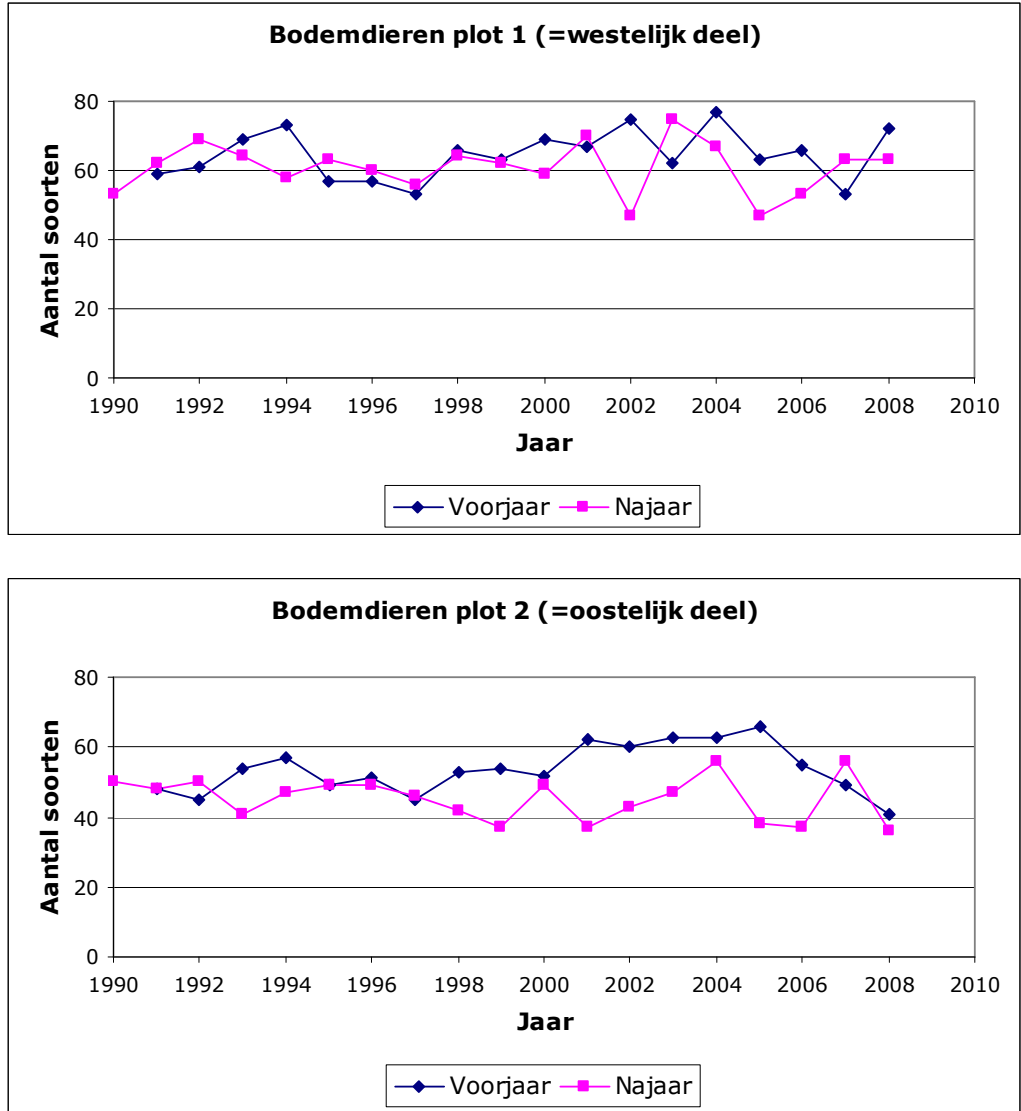
In de op één na laatste rapportage van Sijm et al. (2008) wordt gemeld dat in de periode 1990 t/m 1998 nauwelijks Japanse oesters in de monsters werden aangetroffen, terwijl vooral in de tweede helft van de periode 1999 t/m 2009 veel meer Japanse oesters in de monsters werden gevonden, ondanks het feit dat de gebruikte methode niet gezien wordt als een goede methode om betrouwbaar Japanse oesters te bemonsteren.

In de laatste rapportage (Sijm et al., 2009) wordt een trend gemeld waarbij vanaf 1996 t/m 2008 de aantallen bodemdieren en het asvrij drooggewicht in het Grevelingenmeer meer dan gehalveerd zijn. Voor de gepresenteerde figuur echter zijn alle gegevens van plot 1 (westelijk deel) en plot 2 (oostelijk deel) en alle dieptestrata samengenomen. Om inzicht te krijgen wat zich afspeelt in het westelijk deel en in het oostelijk deel en op elk dieptestratum zijn de gegevens uit de beschikbare rapportages nog eens als zodanig in beeld gebracht.

In het hiernavolgende worden de resultaten voor het totaal aantal dieren/m² en de totale biomassa van voorjaar en najaar uit de hierboven genoemde rapportages afgebeeld. Daarbij zijn de resultaten voor het westelijk deel en het oostelijk deel, alsmede de resultaten voor de verschillende dieptestrata steeds apart gehouden.

Figuur 8.4.2

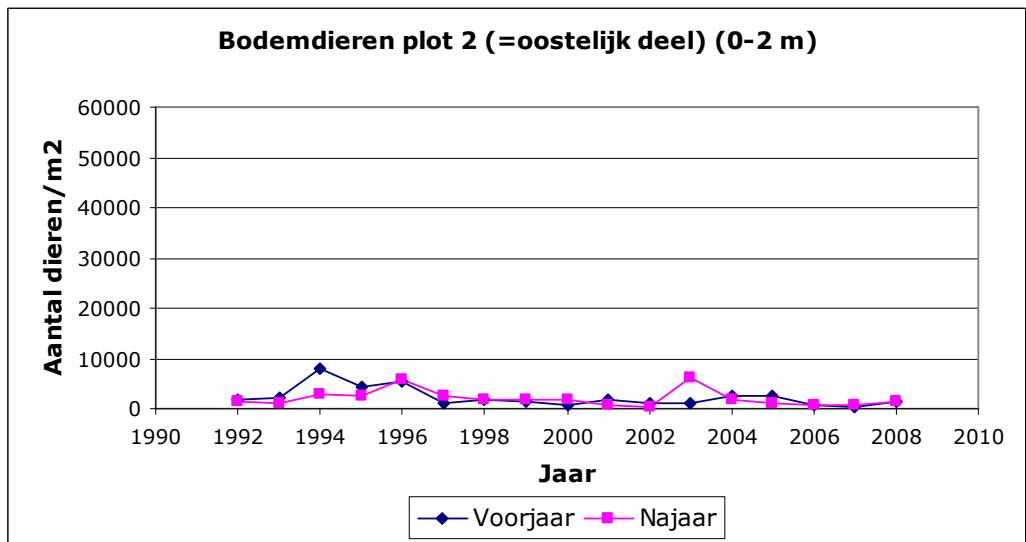
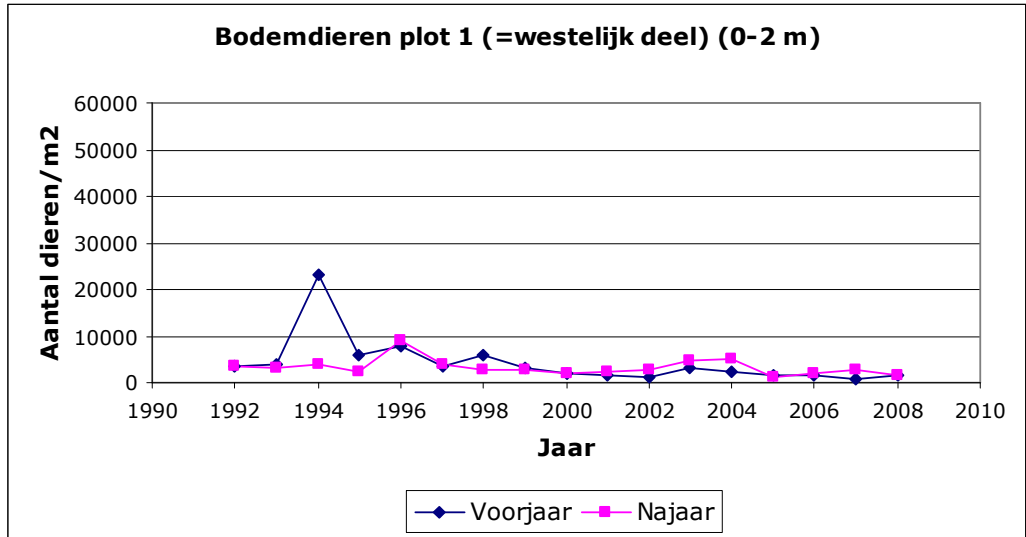
Aantal waargenomen soorten in de periode 1990 t/m 2008 in monsters van alle diepte strata in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



Het aantal "soorten" (ook genus sp als soort meegenomen) in het westelijk deel varieert tussen ca. 50 en 75 soorten, in het oostelijk deel tussen ca. 35 en 65 soorten (Figuur 8.4.2). Opvallend in het oostelijk deel is dat het aantal soorten in het najaar kleiner is dan in het voorjaar. Het grootste deel van de waargenomen soorten bestaat uit wormen, verder geleedpotigen, weekdieren en overige soorten. Wat betreft dichtheden waren/zijn wormen belangrijker dan weekdieren, geleedpotigen en overige soorten. In termen van biomassa waren/zijn weekdieren veel belangrijker dan wormen, geleedpotigen en overige soorten.

Figuur 8.4.3

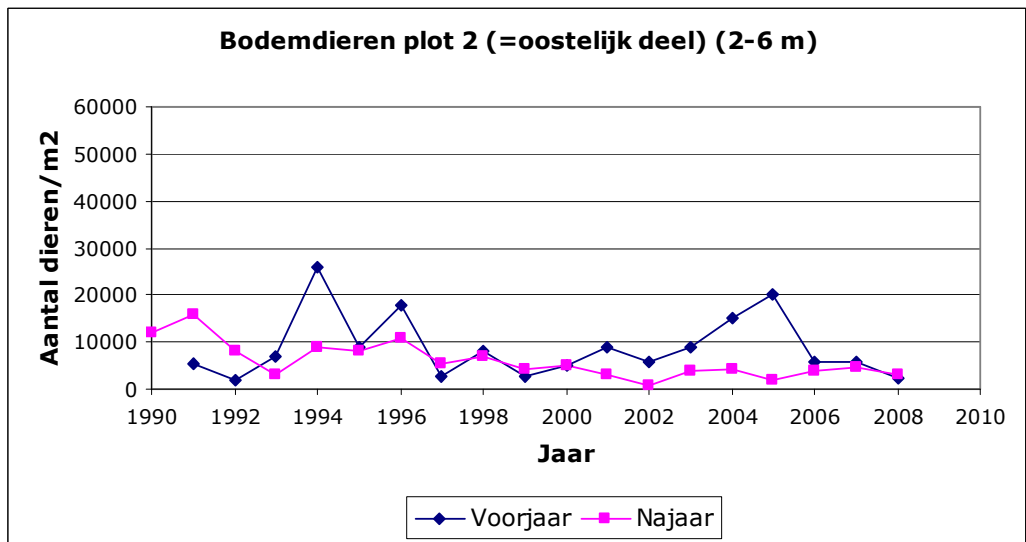
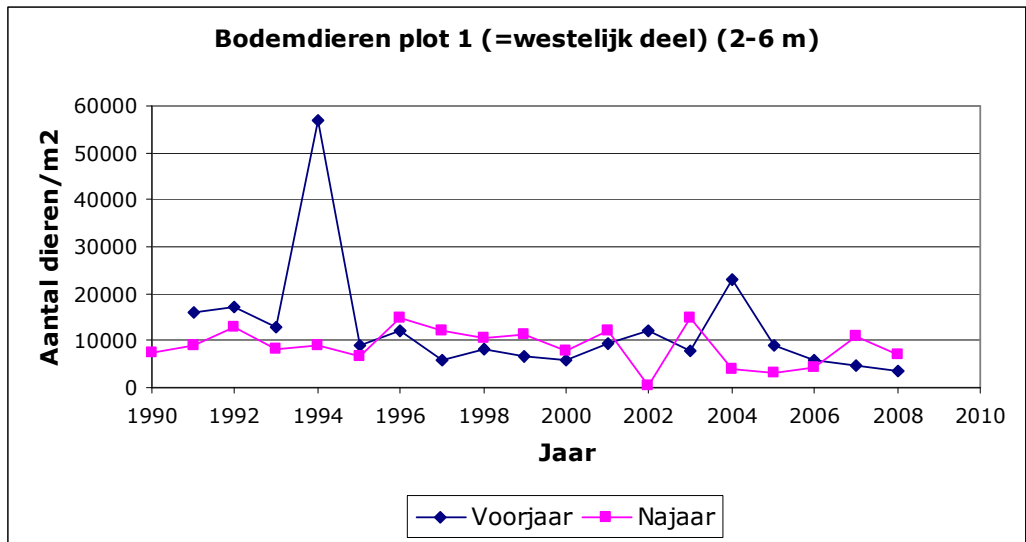
Aantal dieren/m² (0-2 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



Het aantal dieren/m² op 0-2 m in het westelijk en in het oostelijk deel bedraagt over het algemeen < 5000 dieren/m² (Figuur 8.4.3). De piek in voorjaar 1994 in het westelijk deel, en in veel mindere mate in het oostelijk deel, wordt veroorzaakt door het weekdier *Crepidula fornicata* (Muiltje), voornamelijk heel kleine dieren, net na een enorme broedval. Er is geen duidelijke trend in voor- en najaar.

Figuur 8.4.4

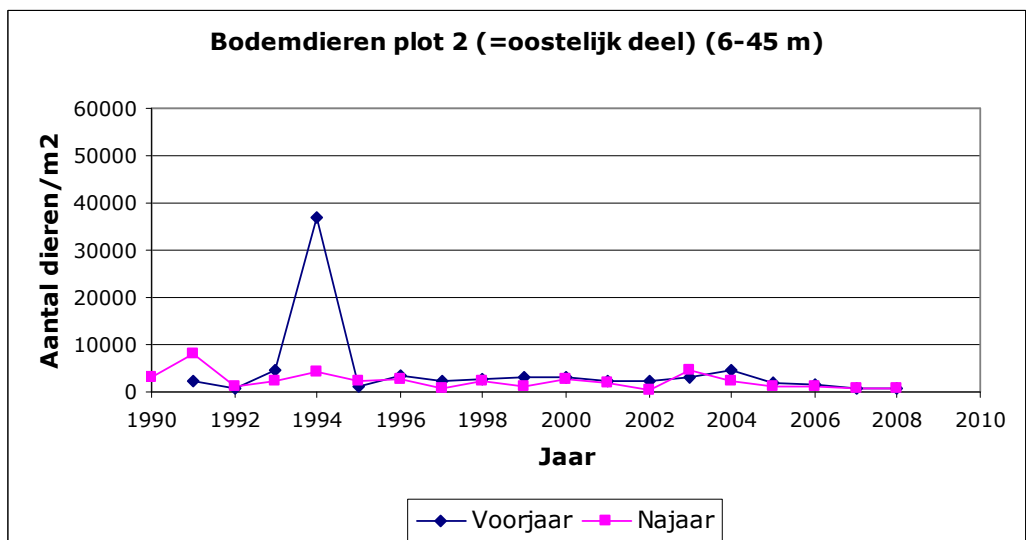
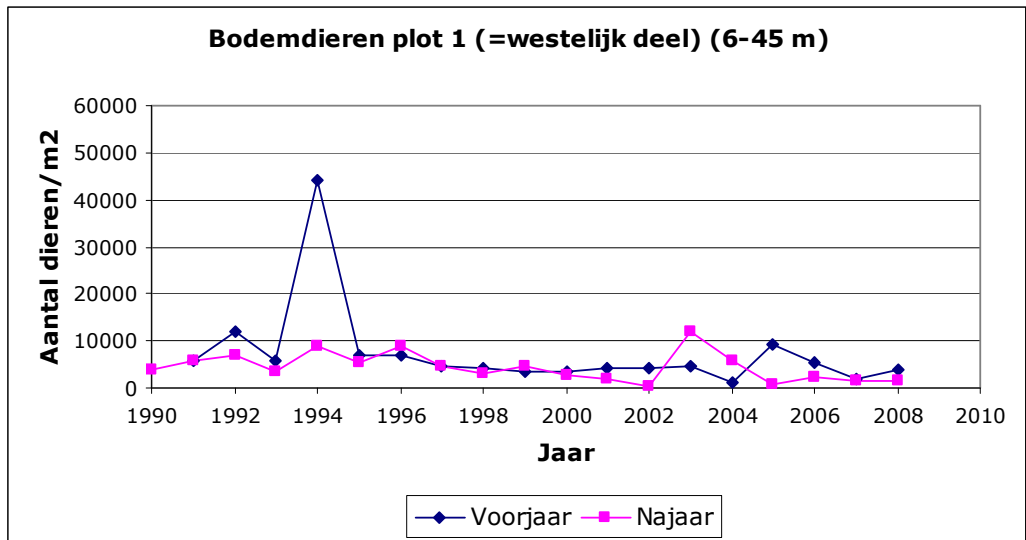
Aantal dieren/m² (2-6 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



Het aantal dieren/m² in het westelijk en in het oostelijk deel op 2-6 m is over het algemeen hoger dan op 0-2 m (Figuur 8.4.4) met waarden tot ca. 20000 dieren/m². De piek in het voorjaar van 1994 in het westelijk deel, en in mindere mate in het oostelijk deel, wordt veroorzaakt door het weekdier *Crepidula fornicata* (Muiltje). De pieken in voorjaar 2004 in het westelijk en oostelijk deel worden vooral veroorzaakt door de worm *Polydora*. De piek in voorjaar 2005 in oostelijk deel wordt vooral veroorzaakt door de wormen *Pygospio elegans* en *Oligochaeta*. Er is voor het voorjaar geen duidelijke trend voor het aantal dieren/m²; in het najaar is in het oostelijk deel de trend voor het aantal dieren/m² licht dalend.

Figuur 8.4.5

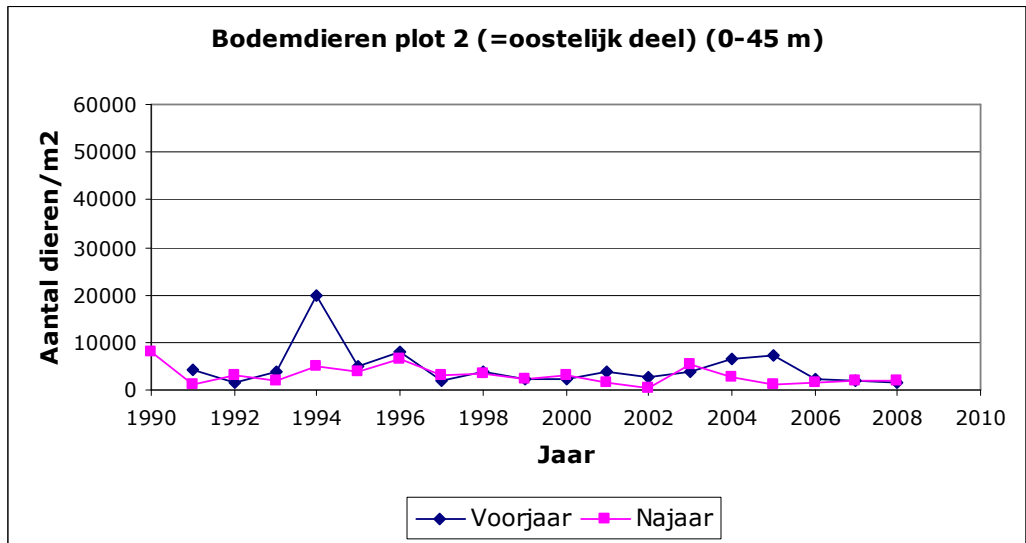
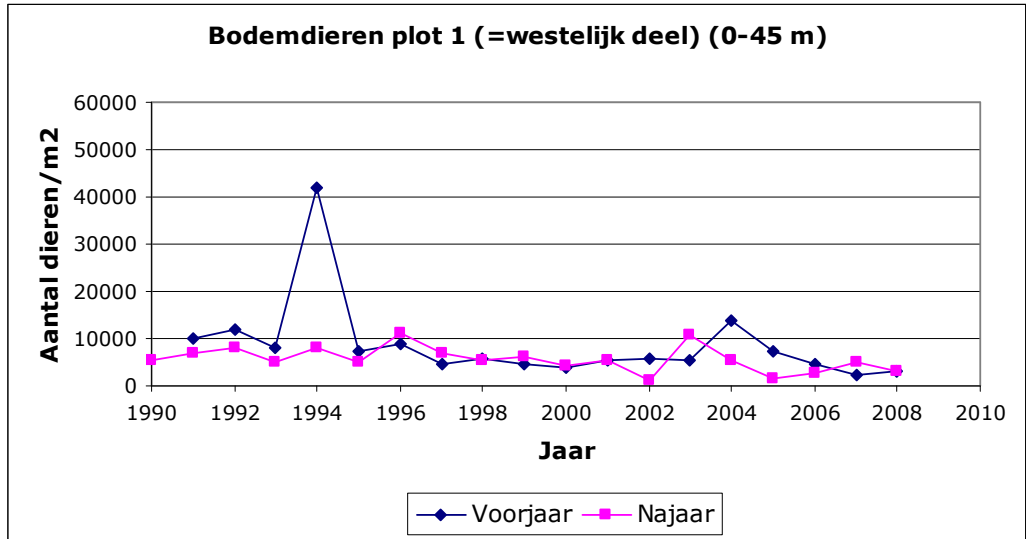
Aantal dieren/m² (6-45 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



Aantallen over het algemeen < 10000 dieren/m² in het westelijk deel en < 5000 dieren/m² in het oostelijk deel (Figuur 8.4.5). De pieken in voorjaar 1994 in het westelijk en oostelijk deel worden veroorzaakt door het weekdier *Crepidula fornicata* (Muiltje). De trend in het westelijk en oostelijk deel is vanaf 2003 licht dalend.

Figuur 8.4.6

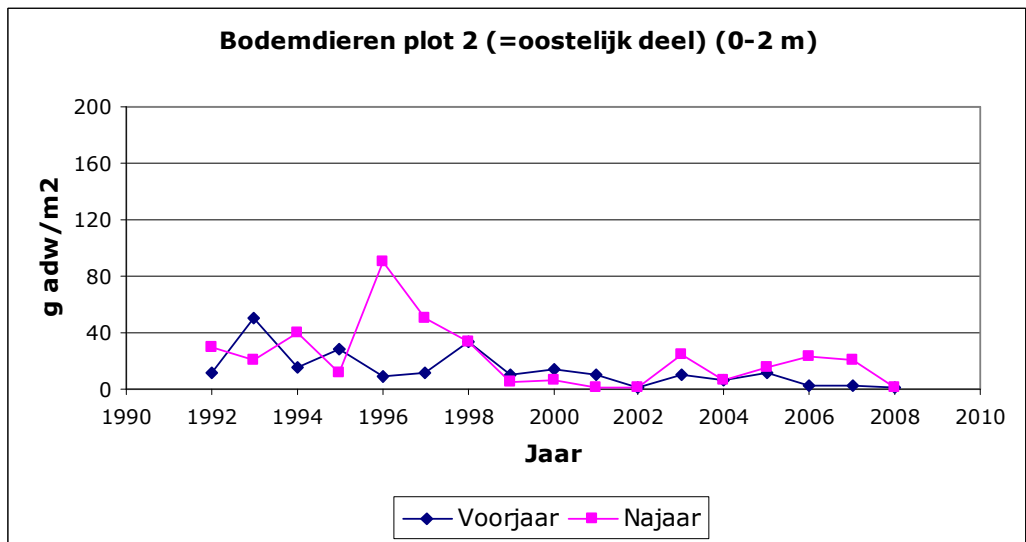
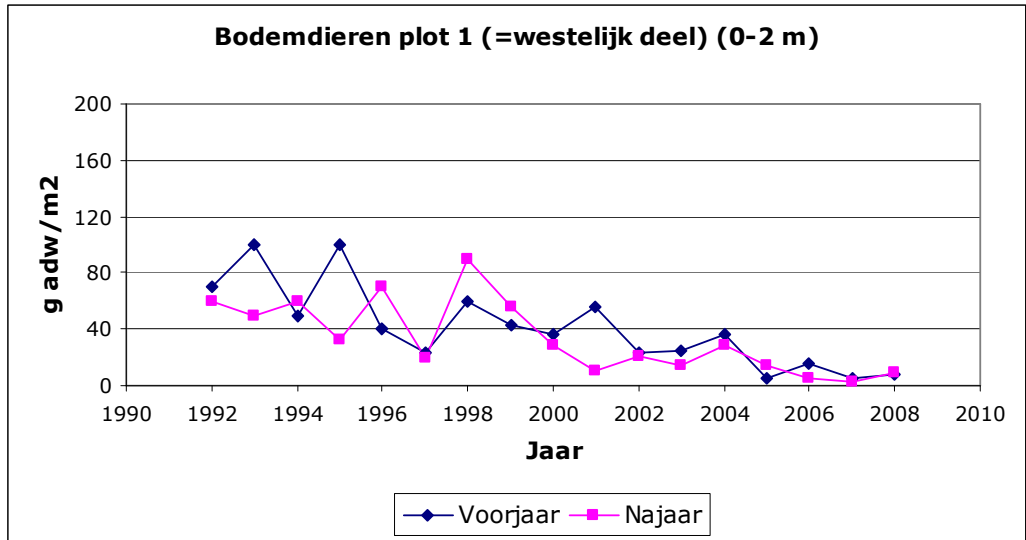
Aantal dieren/m² (0-45 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



Aantallen over het algemeen < 10000 dieren/m² in het westelijk deel en < 5000 dieren/m² in het oostelijk deel (Figuur 8.4.6). De pieken in voorjaar 1994 in het westelijk en oostelijk deel worden veroorzaakt door het weekdier *Crepidula fornicata* (Muiltje). De trend in het westelijk en oostelijk deel is vanaf 2003 licht dalend.

Figuur 8.4.7

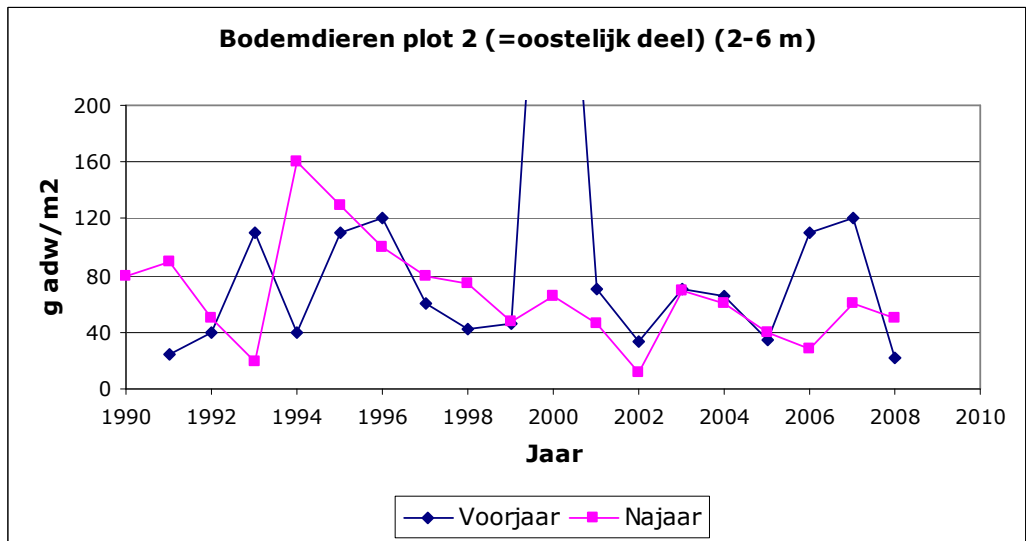
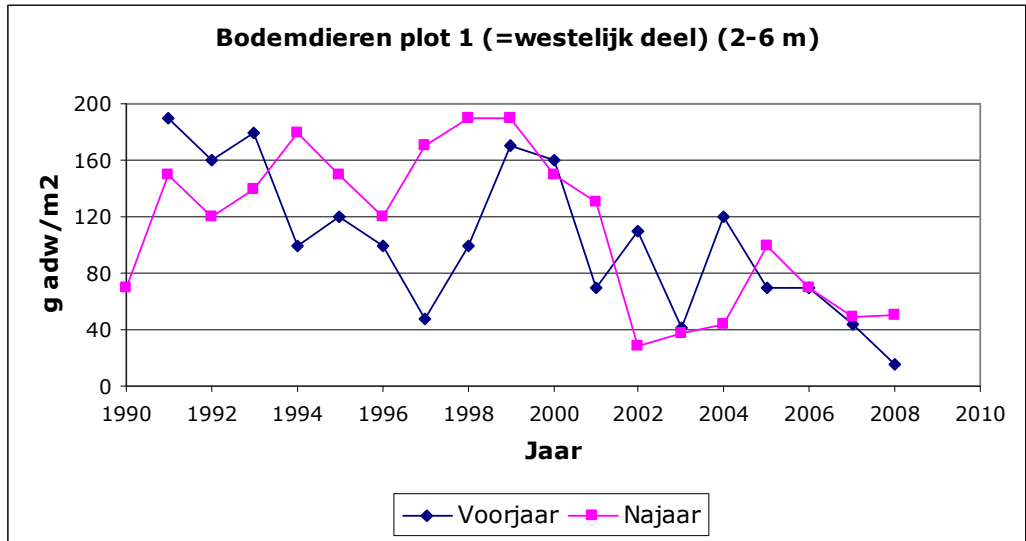
Biomassa in g adw/m² (0-2 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



De biomassa in de periode t/m 1998 op 0-2 m is in het westelijk deel hoger dan in het oostelijk deel (Figuur 8.4.7). De gemiddelde biomassa in de periode 1990 t/m 1998 (voorjaars- en najaarswaarden samengenomen) op 0-2 m bedraagt 59 g adw/m² en in het oostelijk deel 31 g adw/m². Wanneer de waarden voor 1997 in het westelijk deel niet zo laag zouden uitvallen, dan zou de biomassa in de periode 1992 t/m 1998 min of meer constant zijn gebleven. De piek in het najaar van 1996 in het oostelijk deel wordt veroorzaakt door het weekdier *Crepidula fornicata* (Muiltje). De trend in westelijk deel is dalend, vooral in de periode na 1998; in het oostelijk deel worden vanaf 1999 lagere biomassa waarden waargenomen dan in de periode daarvoor.

Figuur 8.4.8

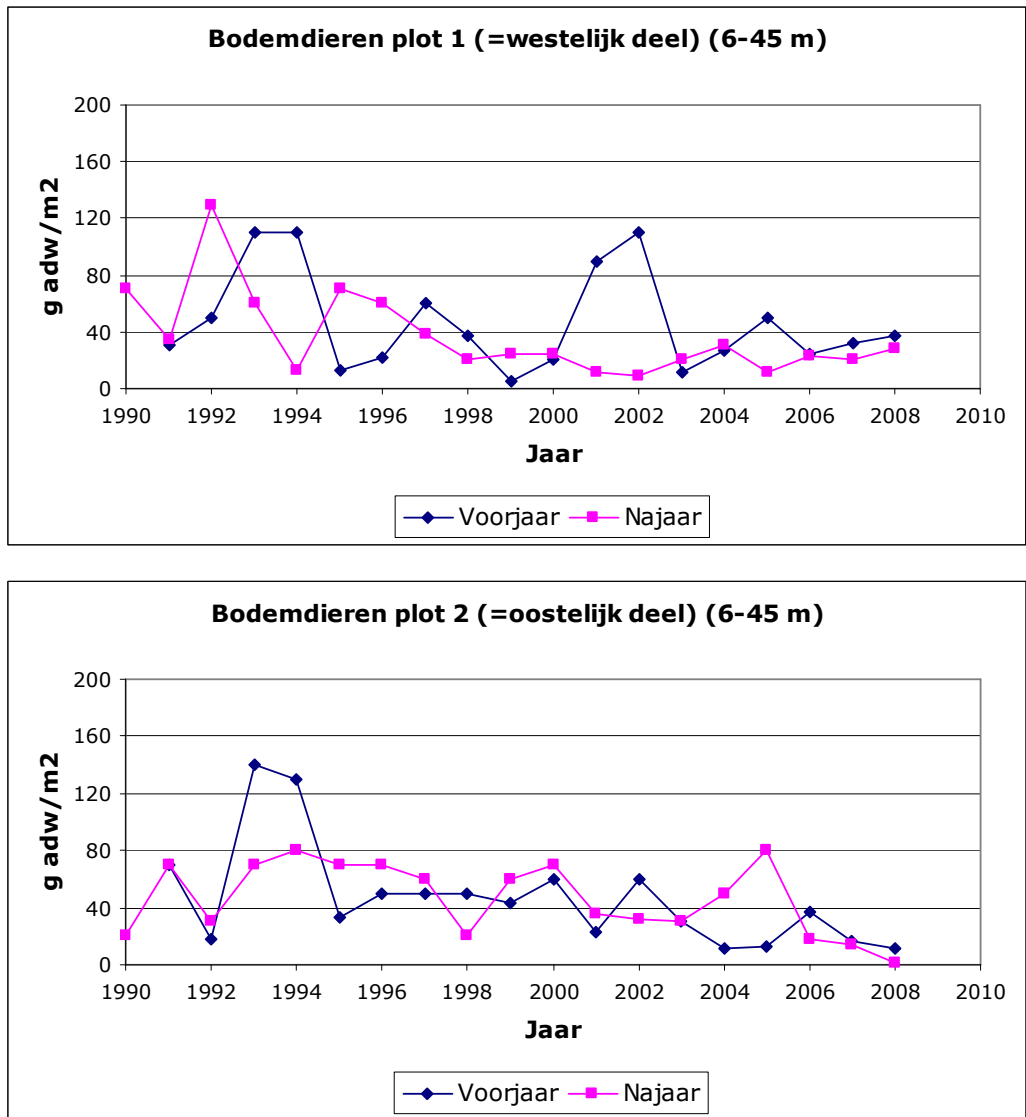
Biomassa in g adw/m² (2-6 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



De biomassa op 2-6 m in het westelijk en in het oostelijk deel is aanzienlijk hoger dan op 0-2 m (Figuur 8.4.8). De gemiddelde biomassa in de periode 1990 t/m 1999 (voorjaars- en najaarswaarden samengenomen) op 2-6 m bedraagt 139 g adw/m² en in het oostelijk deel 75 g adw/m². De piek in voorjaar 2000 in het oostelijk deel (500 g adw/m²) wordt veroorzaakt door de weekdieren *Crassostrea* (Japanse oester, 300 g adw/m²) en *Crepidula fornicata* (Muiltje, 110 g adw/m²). De piek (110 g adw/m²) in voorjaar 2006 in het oostelijk deel wordt veroorzaakt door de weekdieren *Crassostrea* (Japanse oester, 53 g adw/m²) en *Crepidula fornicata* (Muiltje, 25 g adw/m²), en de piek (120 g adw/m²) in het voorjaar 2007 in het oostelijk deel wordt veroorzaakt door de weekdieren *Crassostrea* (Japanse oester, 70 g adw/m²) en *Crepidula fornicata* (Muiltje, 48 g adw/m²). In het westelijk deel wordt vanaf 1999 een sterk dalende trend waargenomen; in het oostelijk deel vanaf 1994 een dalende trend.

Figuur 8.4.9

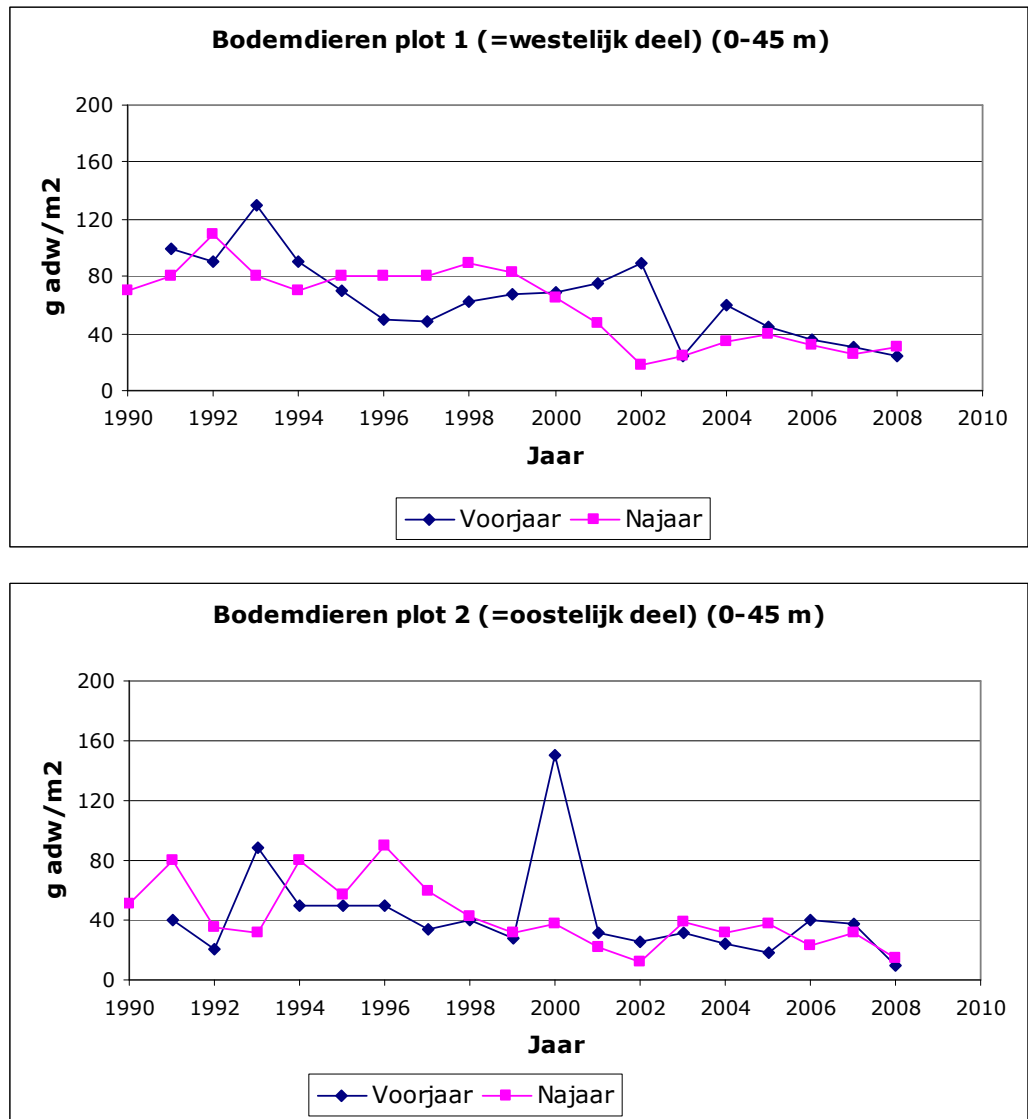
Biomassa in g adw/m² (6-45 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



De biomassa pieken in het voorjaar van 1993 en in het voorjaar van 1994 in het westelijk deel (110 en 110 g adw/m²) en in het oostelijk deel (140 en 130 g adw/m²) (Figuur 8.4.9) zijn vrijwel volledig toe te schrijven aan *Crepidula fornicata* (Muiltje). De biomassa pieken in het voorjaar van 2001 en 2002 (90 en 110 g adw/m²) in het westelijk deel zijn eveneens vrijwel volledig toe te schrijven aan *Crepidula fornicata* (Muiltje). Ook de biomassa piek in het najaar van 1992 in het westelijk deel (130 g adw/m²) is vrijwel volledig toe te schrijven aan *Crepidula fornicata* (Muiltje). Vanaf 1993 is de trend dalend in zowel het westelijk als in het oostelijk deel.

Figuur 8.4.10

Biomassa in g adw/m² (0-45 m) in de periode 1990 t/m 2008 in plot 1 (=westelijk deel) en plot 2 (=oostelijk deel) in voorjaar en najaar.



De biomassa piek (150 g adw/m²) in voorjaar 2000 in het oostelijk deel wordt gedomineerd door de weekdieren *Crassostrea* (Japanse oester, 100 g adw/m²) en *Crepidula fornicata* (Muiltje, 48 g adw/m²) (Figuur 8.4.10). Dalende trend vanaf 1993 in het westelijke en in het oostelijke deel.

Voor een vergelijking van de biomassa's van de bodemdieren in het Grevelingenmeer met die in de Oosterschelde, in het Veerse Meer en in de Westerschelde, alsmede de verhouding inheemse soorten en exoten, zie in 8.4.2 *Exoten*.

Er is nog veel onduidelijkheid over de achteruitgang van de bodemdieren biomassa in het Grevelingenmeer. Lengkeek et al. (2007) beschrijven dat "onderzoeken naar het macrobenthos in het Grevelingenmeer in de periode 1990-2000 (Schaub et al., 2002)

laten zien dat de totale dichtheden en biomassa's gelijk zijn gebleven, maar dat er grote verschuivingen op soortsniveau hebben plaatsgevonden." Het gelijk blijven van de bodemdieren biomassa in de periode 1990 t/m 1998 is ook min of meer terug te vinden in Figuur 8.4.12 (afkomstig uit Wijnhoven & Hummel, 2009). In beide gevallen wordt hier gerefereerd aan de totale biomassa, dus van oost en west, van alle diepte strata en van de voorjaars- en najaarsbemonsteringen (hoewel nergens goed wordt uitgelegd hoe tot de totale biomassa gekomen is). In de figuren 8.4.7 t/m 8.4.10 blijkt ook in grote lijnen dat de biomassa in de periode 1990 t/m 2000 ongeveer gelijk blijft, maar ook dat er grote verschillen zijn tussen oost en west en de verschillende dieptestrata.

Het is nog steeds onopgelost waarom de bodemdieren biomassa vanaf 1990 (westelijk deel, 0-2 m) en vanaf 1999 (westelijk deel, 2-6 m) t/m heden een neerwaartse trend laat zien.

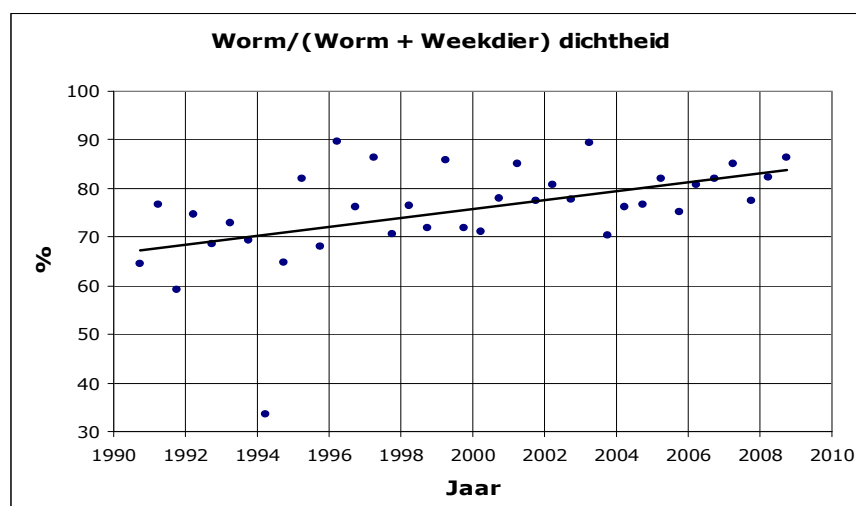
Verworming

Het Grevelingenmeer is in de periode t/m 2001 mogelijk voor depositfeders iets gunstiger geworden (Schaub et al., 2002) omdat veel voedsel de bodem bereikt zonder dat filterfeeders daarvan gebruik hebben kunnen maken.

In het verleden is een zogenoemde "verworming" aangetoond in het Grevelingenmeer (Schaub et al., 2002), vanaf het begin van de biomonitoring tot aan het begin van de jaren 2000. Deze trend liep door t/m het najaar van 2005 (Sisternans et al., 2006). Figuur 8.4.11 toont de door het NIOO-CEME t/m 2008 aangevulde reeks. Daaruit blijkt dat de "verworming" nog steeds een stijgende en significante ($p < 0.05$) trend vertoont. Een (net niet significante) stijgende trend ($y = 1.1x + 67.1$, $R^2 = 0.41$, $p = 0.06$) was al waargenomen voor de periode 1991 t/m 2000 (Schaub et al., 2002). Uitgedrukt in termen van biomassa werd voor deze periode geen significante trend gevonden ($y = -0.1x + 9.4$, $R^2 = 0.01$, $p = n.s.$) en is er dus geen sprake van "verworming".

Figuur 8.4.11

"Verworming" in het Grevelingenmeer in de periode 1990 t/m 2008. Afgebeeld is de procentuele ratio Worm/(Worm + Weekdier) dichtheid voor de periode 1990 t/m 2008 in het Grevelingenmeer, waarbij gegevens van alle diepte strata in het westelijk en oostelijk deel zijn samengenomen. Bron: NIOO-CEME, Yerseke. Trend: $y = 0.9187x - 1761.6$, $R^2 = 0.242$, $p = 0.0020$.



8.4.2 Exoten

Wijnhoven & Hummel (2009) hebben onlangs een omvangrijke historische analyse van exoten (zie het kader hieronder) onder de bodemdieren van het zachte substraat in de Zeeuwse Delta gemaakt. Daarbij werd gebruik gemaakt van de analyseresultaten van het MWTL biomonitoringsprogramma van bodemdieren uit de periode 1990 t/m 2008, aangevuld met historische gegevens van het NIOO-CEME. Daarbij zijn 27 (vermeende) exoten soorten aangetroffen (waarvan 18 in het Grevelingenmeer), waarvan 23 soorten zich uiteindelijk succesvol hebben gevestigd. Van deze soorten worden 6 soorten in de Zeeuwse Delta als invasief (zie het kader hieronder) gezien (voor het Grevelingenmeer zijn dat het Muiltje *Crepidula fornicata*, de Japanse oester *Crassostrea gigas*, de Amerikaanse zwaardschede *Ensis directus* en de Strandgaper *Mya arenaria*) en nog eens 7 soorten als mogelijk invasief. Belangrijke vectoren voor de introductie van exoten op zacht substraat in de Zeeuwse Delta blijken oester- en mosseltransporten en scheepvaart te zijn.

Wijnhoven & Hummel (2009) gebruiken de volgende definitie voor exoot: "Een organisme dat zich heeft gevestigd in een land/zee waar het oorspronkelijk niet vandaan komt, en daar terecht is gekomen op een niet natuurlijke manier (zoals uitgezet, meegelift, via schelpdiercultuur, ballastwater, aangroei aan boten, aangelegde nieuwe verbindingen). Hoe lang een soort aanwezig dient te zijn in een land om van exoot naar inheems te gaan staat ter discussie. In dit rapport worden ook soorten die ruim 200 jaar in Nederland aanwezig zijn, maar zeer waarschijnlijk via de mens hier terecht zijn gekomen, als exoot gezien."

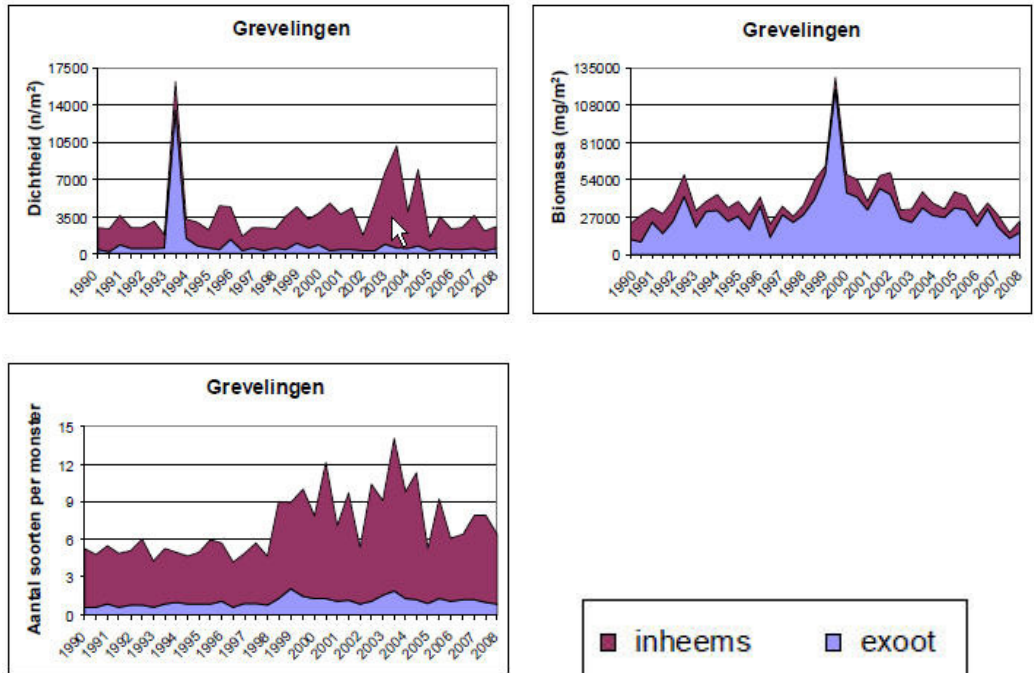
Wijnhoven & Hummel (2009) gebruiken de volgende definitie voor invasief: "Een invasieve soort is een exoot die buiten zijn natuurlijke verspreidingsgebied een bedreiging vormt voor of een grote impact heeft op het milieu, de economie en/of de menselijke gezondheid."

In de grote Zeeuwse wateren (Westerschelde, Veerse Meer, Oosterschelde en Grevelingenmeer) spelen exoten een belangrijke zo niet dominante rol in de bodemdiergemeenschappen.

In Figuur 8.4.12 wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen van inheemse soorten en exoten in aantallen/m², in biomassa als mg adw/m² en in aantal soorten bodemdieren per monster in de periode 1990 t/m 2008 in het Grevelingenmeer. Over deze periode is er voor de inheemse soorten en exoten geen significante toe- of afname gevonden in de aantallen per m² (linksboven), hetgeen overeenkomt met de Figuren 8.4.3 t/m 8.4.4. De flinke piek voor het aantal exoten in 1994 komt geheel voor rekening van juveniele Muiltjes *Crepidula fornicata*, zoals reeds eerder omschreven. Voor de biomassa als mg adw per m² (rechtsboven) wordt er in de tweede helft van deze periode een significante afname waargenomen, hetgeen overeenkomt met de Figuren 8.4.7 t/m 8.4.10, en vooral met Figuur 8.4.8 (plot 1, westelijk deel, 2-6 m). Het aantal soorten per monster is voor zowel de inheemse soorten als de exoten vanaf 1999 significant toegenomen (linksonder), hetgeen ongetwijfeld wordt veroorzaakt door het jaarrond open staan van de Brouwerssluis, waardoor zich meer soorten vanaf de Noordzee in het Grevelingenmeer hebben kunnen vestigen.

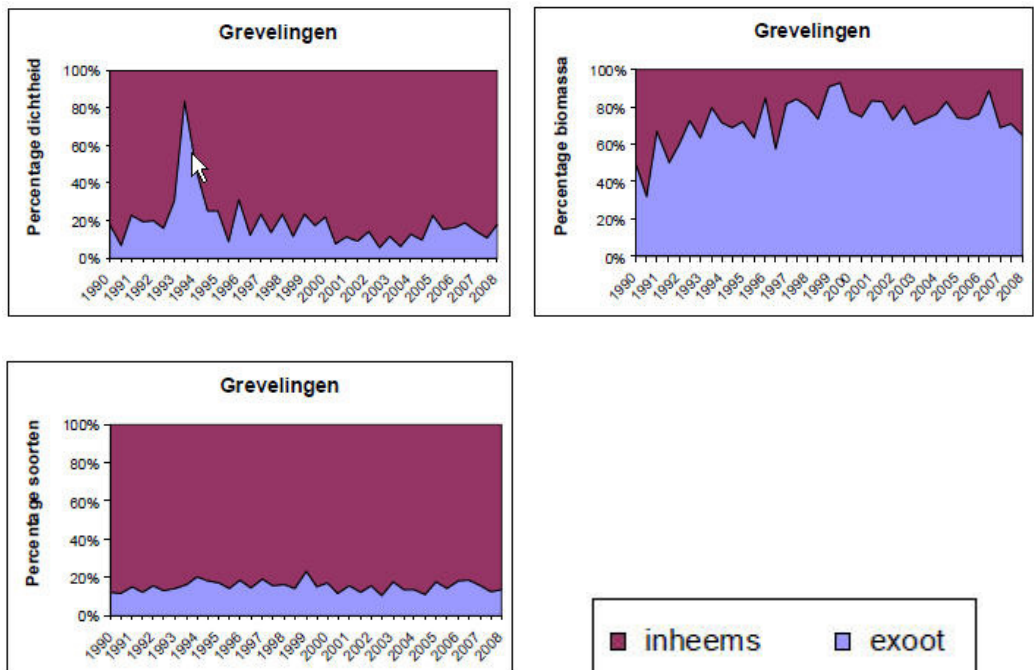
Figuur 8.4.12

Overzicht van de ontwikkelingen van inheemse soorten en exoten in aantallen/m² (linksboven), in biomassa als mg adw/m² (rechtsboven) en in aantal soorten bodemdieren per monster (linksonder) in de periode 1990 t/m 2008 in het Grevelingenmeer. Bron: Wijnhoven & Hummel (2009).



Figuur 8.4.13

Procentuele bijdragen van inheemse soorten en exoten aan de aantallen/m² (linksboven), aan de biomassa als mg adw/m² (rechtsboven) en aan het aantal soorten bodemdieren (linksonder) in de periode 1990 t/m 2008 in het Grevelingenmeer. Bron: Wijnhoven & Hummel (2009).



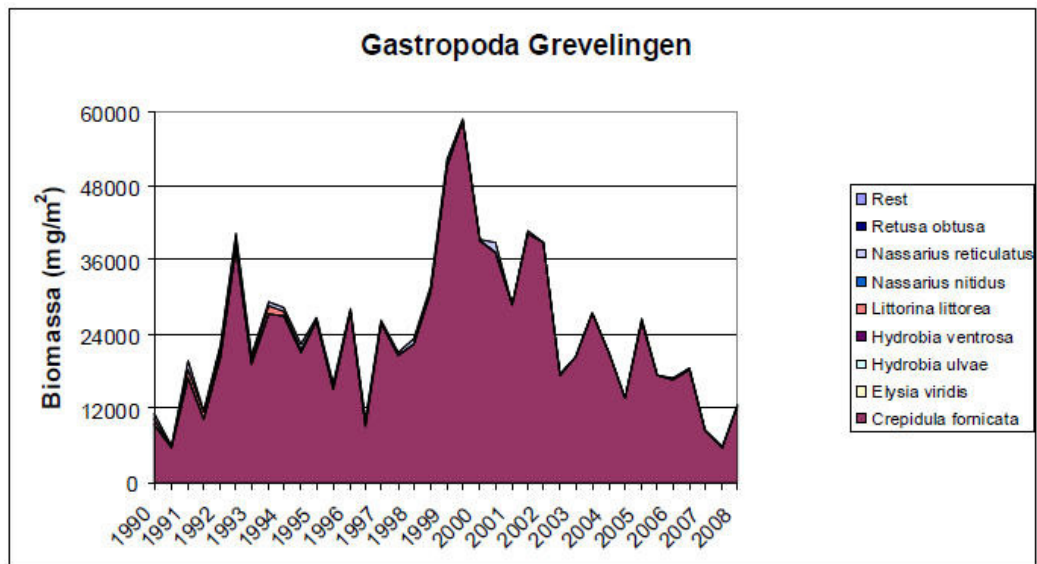
In Figuur 8.4.13 wordt een overzicht gegeven van de procentuele bijdragen van inheemse soorten en exoten in aantallen per m² (linksboven), in biomassa als mg adw per m² (rechtsboven) en in aantal soorten bodemdieren per monster (linksonder) in de periode 1990 t/m 2008 in het Grevelingenmeer.

Voor het Grevelingenmeer blijkt dan dat zo'n 23% van de aantallen bodemdieren uit exoten bestaat. In termen van biomassa is dat momenteel 70% en dat is bijna tweemaal zoveel als begin jaren negentig. De percentages voor het aantal inheemse soorten (ca. 80%) en exoten (ca. 20%) per monster zijn over de gehele periode 1990 t/m 2008 vrijwel constant gebleven.

Veruit de belangrijkste exoot is de slakkensoort het Muiltje *Crepidula fornicata* (Figuur 8.4.14), die het systeem volledig domineert. Voor wat betreft de slakken wordt in het Grevelingenmeer de biomassa vrijwel elk jaar voor 100% bepaald door het Muiltje. Vanaf 2000 is er opvallende afname in de biomassa van de slakken (dus van het Muiltje). Het blijft opmerkelijk en voorsnog niet verklaarbaar dat één soort de totale bodemdier biomassa bepaalt.

Figuur 8.4.14

Biomassa in mg adw/m² van de Gastropoda (slakken) in het Grevelingenmeer. Bron: Wijnhoven & Hummel (2009).



De onlangs gemaakte omvangrijke historische analyse van exoten onder de bodemdieren van het zachte substraat in de Zeeuwse Delta (Wijnhoven & Hummel, 2009) verschaft ook informatie over de dichtheden van inheemse soorten en exoten in aantallen/m², in biomassa als mg adw/m² en in aantal soorten per monster in de Oosterschelde, in het Veerse Meer en in de Westerschelde in de periode 1990 t/m 2008. Daaruit blijkt dat over de gehele onderzoeksperiode de gemiddelde dichtheden van de inheemse soorten + exoten t.o.v. het Grevelingenmeer in de Oosterschelde net iets lager waren, in het Veerse Meer van dezelfde orde van grootte en in de Westerschelde een stuk lager. De gemiddelde biomassa van de inheemse soorten + exoten t.o.v. het Grevelingenmeer was in de Oosterschelde beduidend lager, ongeveer éénderde en in het Veerse Meer nog iets lager, en in de Westerschelde nog veel lager. Het aantal soorten per monster van de inheemse soorten + exoten t.o.v. het Grevelingenmeer was in de Oosterschelde van dezelfde orde van grootte, en in het Veerse Meer en in de Westerschelde ongeveer de helft lager. Momenteel vormen in het Grevelingenmeer exoten 70% van de biomassa, in de Oosterschelde momenteel zo'n 40%, in het Veerse Meer zo'n 80% en in de Westerschelde rond de 70%.

Het aantal wilde Japanse oesters in het Grevelingenmeer neemt nog steeds toe. Japanse oesters worden in het biomonitoringsprogramma echter niet gemonitord omdat de gebruikte bemonsteringsmethode daarvoor niet geschikt is. Tijdens een onderzoek naar de verspreiding van witte bacteriematten en zichtbare schade aan bodemleven in het Grevelingenmeer documenteerden Lengkeek et al. (2010) (zie 8.4.3 *Effecten van zuurstofloosheid op bodemleven + witte matten*) ook de aanwezigheid van Japanse oesters. De resultaten hiervan werden echter niet inhoudelijk besproken, maar wel bijgevoegd als bijlagen. Op 83 van de 198 onderzochte locaties werden Japanse oesters aangetroffen met als bedekkingspercentages (dood en levend) 0% op 115 locaties, 1-25% op 49 locaties, 26-50% op 23 locaties, 51-75% op 8 locaties en 76-100% op 3 locaties.

8.4.3 *Effecten van zuurstofloosheid op bodemleven + witte matten*

In september 2007 is onderzoek gedaan naar het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer (Lengkeek et al., 2007). Daartoe werden op een aantal locaties (sublocaties) op verschillende dieptes de bodemdieren van het zacht substraat geïnventariseerd door duikers en met video-opnamen. Witte bacterieplekken werden daarbij karakteristiek gesteld voor zuurstofarme condities. Het resultaat van dit onderzoek is samengevat in Tabel 8.4.1.

Lengkeek et al. (2007) rapporteerden ook over de, al eerder opgemerkte, aanwezigheid van witte matten op de bodem van het meer, gevormd door vertegenwoordigers van het bacteriegeslacht *Beggiatoa*. Op plekken waar deze matten aanwezig zijn is nauwelijks enig ander leven mogelijk, omdat de matten voorkomen onder zuurstofarme condities waarbij het laatste beetje zuurstof gebruikt wordt bij de oxidatie van sulfide (H_2S) tot sulfaat (SO_4^{2-}). De witte matten vormen als het ware een indicator voor de achteruitgang van het Grevelingenmeer (Van Wesenbeeck et al., 2009). In laatstgenoemde publicatie wordt ook een aardige beschrijving over de ecologie van de bacteriematten gegeven. Het verdient aanbeveling om onderzoek te (laten) doen naar het ontstaan en handhaving van de bacteriematten in het Grevelingenmeer, met daarbij ook aandacht voor de hoeveelheden organisch materiaal en slib op de bodem.

Tabel 8.4.1

Locaties, sublocaties en dieptes waar aanwijzingen voor effecten van zuurstofloosheid zijn waargenomen. Bron: Lengkeek et al. (2007).

Locatie	Sublocatie	Dieptes	Aanwijzingen voor effect van zuurstofloosheid
Den Osse	Den Osse haven	3, 6, 9, 12 en 15 m	Nee
	Hompelvoet Zuid	3, 6 en 9 m	Ja (vanaf 9 m)
Springersdiep	Preekhilpolder	3, 6, 9, 12 en 15 m	Ja (vanaf 8 m)
	Hompelvoet Noord	3, 6 en 9 m	Nee
Dreischor	Het gemaal	3, 6, 9, 12 en 15 m	Nee
	Noordzijde geul a	6 en 9 m	Nee
	Noorzijde geul b	3 m	Nee
Bocht van St. Jacob	Locatie A	10, 12 en 14 m	Ja
	Locatie B	3 en 6 m	Ja (vanaf 5 m)
	Locatie C	8 m	Ja

In juli 2010 kwam zuurstofloosheid, vooral als gevolg van de zeer warme zomer, over grote oppervlakken in het Grevelingenmeer voor, en wel vanaf 6 - 7 meter en

dieper (zie 7.1.3 % zuurstofloos bodemoppervlak). In de pers werd melding gemaakt dat al het leven bij de duikplek in Dreischor was verdwenen (PZC, 19 juli 2010). Na afloop van deze voor het bodemleven slechte periode deden Lengkeek et al. (2010) in de periode 25 augustus t/m 1 september 2010 op 198 locaties onderzoek naar de verspreiding van witte bacteriematten en zichtbare schade aan bodemleven. Vanaf 6 meter en dieper kwamen witte bacteriematten en zichtbare schade aan bodemleven verspreid over het gehele meer voor. Zichtbare schade aan bodemleven kwam op meer locaties voor dan de witte bacteriematten. Door deze onderzoeksresultaten te combineren met de GTSO-zuurstofmetingen bleek dat de verspreiding van de zuurstofloosheid in de waterkolom overeenkwam met de verspreiding van zichtbare schade aan het bodemleven.

De voornaamste druk op bodemdieren in het Grevelingenmeer is zuurstofloosheid nabij de bodem (Ysebaert et al., 2008). Het aantal "lege" biomonitoring monsters, hetgeen wijst op zuurstofloosheid in de bodem, neemt de laatste 15 jaar beneden de 6 m dieptelijn toe, met de hoogste aantallen in de periode 1999-2002. Voor 1995 is het aantal "lege" monsters het laagst. In de andere leefgebieden, waaronder het -2 tot -6 m leefgebied, komen "lege" monsters alleen voor na 1999.

Als (mogelijk) gevolg van zuurstofarme omstandigheden was er in verschillende jaren sprake van (grote) sterfte onder oesters op commerciële oesterpercelen in het Grevelingenmeer. In het hiernavolgende wordt een chronologisch overzicht (mogelijk niet compleet) gegeven

-In het voorjaar van 1990 werd een grote oestersterfte in het Grevelingenmeer geconstateerd (Holland, 1991). Oesters waren aan de onderkant zwart, wat op een direct contact met gereduceerd sediment duidt.

-In 2001 trad oestersterfte op als gevolg van afstervende en sedimenterende *Phaeocystis* in het Grevelingenmeer. Door een combinatie van hoge rivierafvoer en noordoostelijke winden kon zich in de Voordelta een massale *Phaeocystis* voorjaarsbloei ontwikkelen die ook het Grevelingenmeer introk, daar sedimenteerde en zuurstofloosheid bij de bodem veroorzaakte (Peperzak, 2002).

-In Kustmail 2005-10 (Oktober 2005) werd melding gemaakt van oestersterfte in de zomer van 2005 in het Grevelingenmeer. Naar schatting 30% van de oesters in het Grevelingenmeer ging verloren. De schade werd geraamd op enkele honderdduizenden Euro's. De vermoedelijke oorzaak van de oestersterfte was zuurstofgebrek als gevolg van de vrij warme voorzomers (zie ook Tabel 4.1) van 1996 en 1997 (Peperzak & Holland, 1997). Mogelijk zou bij de oestersterfte in 1996 en 1997 ook verzwakking na een bloei van *Chrysochromulina* sp. een rol gespeeld kunnen hebben (Peperzak & Holland, 1997).

-In de zomer van 2006 trad massale oestersterfte op in het Grevelingenmeer (PZC, 11 augustus 2006; Reformatorisch Dagblad, 12 augustus 2006; Kustmail 2006-7/8 (Oktober 2006); www.divepost.nl). Gemiddeld zou 60-90% van alle oesters op de honderd percelen in het Grevelingenmeer zijn bezweken. Een sterfte tussen 10 en 15% is normaal na een warme periode. Verder constateerde het Productschap Organisatie Oester dat deze oestersterfte optrad op dieptes beneden NAP - 7 m. De oorzaak is vermoedelijk het extreem warme weer, 2006 was extreem warm (zie Tabel 4.1). Ook grote hoeveelheden zeesla die boven kwamen drijven, om na een regenbui weer naar beneden te zakken, waardoor oesters en andere levende organismen werden verstikt, werd als oorzaak genoemd. Feit is wel dat de zuurstofloze periode in 2006 erg lang duurde, ca. 50-55 dagen (zie tabel 7.4) en ook dat de waterkolom in het centrale en westelijke deel vanaf ca. 7 tot 8 m diepte

zuurstofloos was (zie tabel 7.5). Echter, sommige oesterkwekers spraken zelfs van een goed jaar. Dat zal dan gegolden hebben voor percelen in het meer westelijke deel waar zuurstofloosheid op grotere diepte (13 m en dieper, zie Tabel 7.5) optrad.

8.4.4 *Bodemdieren en KRW*

De maatlat die voor bodemdieren van de kust- en overgangswateren wordt gebruikt, is gestoeld op de "Benthic Ecosystem Quality Index" (BEQI) (van Hoey et al., 2007). Hierin staat de ecosysteembenadering centraal. De beoordeling gebeurt op het niveau van het ecosysteem (niveau 1), van de leefgebieden daarbinnen (niveau 2) en van de bodemdiergemeenschappen (totaal aantal soorten, totale dichtheid, totale biomassa en soortensamenstelling (similariteit)) in die leefgebieden of ecotopen (niveau 3). In van der Molen & Pot (2007) en Ysebaert et al. (2007) komt de uitwerking voor de verschillende Nederlandse kust- en overgangswateren aan bod.

De BEQI evalueert het Grevelingenmeer nog net in "goede ecologische toestand" (zie ook 9.1 Brondocumenten). Niettegenstaande deze goede algemene beoordeling signaleert BEQI op niveau 3 veranderingen in dichtheid, biomassa en soortensamenstelling; dit vraagt om nader onderzoek (Ysebaert et al., 2008).

8.5 **Organismen van het harde substraat**

Het Grevelingenmeer wordt omgeven door dijken en dammen. Met uitzondering van het gebied langs de Slikken van Flakkee is er veel hard substraat in het sublittoraal aanwezig. Het sublittorale hard substraat is rijk begroeid met hard substraat levensgemeenschappen. Hierdoor en door het goede zicht is het Grevelingenmeer in trek bij sportduikers; de populairste duiklocaties zijn Scharendijke, Den Osse en Dreischor. In het ondiepe deel van het sublittoraal komen vooral bruin- en roodwieren voor, in de diepere delen dieren als sponzen, zakpijpen, schelpdieren, kreeftachtigen en kokerbouwende organismen. Hard substraat levensgemeenschappen geven een goede indicatie voor de toestand van (een deel van) het watersysteem.

8.5.1 *Monitoring*

Na de sluiting van de Brouwersdam in 1971 zijn de ontwikkelingen van de hard substraat levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer op drie locaties onderzocht: Scharendijke, Dreischor en Bruinisse. De resultaten zijn beschreven in Waardenburg (1973, 1982).

Gedurende de jaren 1985 t/m 2001 zijn de ontwikkelingen van de hard substraat levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer gevolgd op in totaal 281 stations op vier verschillende locaties: Scharendijke, Den Osse, Dreischor en Ouddorp. De ontwikkelingen in de periode 1985 t/m 1994 zijn beschreven door de Kluijver (1995) en de ontwikkelingen gedurende de gehele periode 1985 t/m 2001 door de Kluijver (2002).

Afhankelijk van de locatie heeft er rond 1992-1993 een verandering in de hard substraat levensgemeenschappen plaats gevonden. Deze verandering bestond voornamelijk uit een verarming van de soortendiversiteit op alle diepten. Alleen op de oostelijk gelegen locatie Dreischor werd de levensgemeenschap tussen 5 en 10 meter diepte soortenrijker.

In de periode 1995-1998 werd het geïntroduceerde roodwier *Heterosiphonia japonica* dominant in de wierzone. Op grotere diepten tot 10 meter, waar geen wieren meer voorkomen, ontstonden in het westelijke deel levensgemeenschappen van voor 1992. Op nog grotere diepten, tussen 10 en 15 meter, bleef in het westelijke deel de soortenarme kokerworm-levensgemeenschap dominant.

Na het openstellen van de Brouwerssluis in 1999 bleef de zuurstofconcentratie in de bovenste 10 meter goed (de Kluijver & Dubbeldam, 2002). In de wierzone nam het roodwier *Heterosiphonia japonica* verder in bedekking toe. De openstelling van de sluis lijkt dan een positieve invloed te hebben gehad omdat een aantal nieuwe diersoorten, met name zeenaaktslakken, zich in het Grevelingenmeer heeft kunnen vestigen. Deze veranderingen zijn voornamelijk zichtbaar in het westelijke deel van het Grevelingenmeer. In het oostelijke deel zijn de veranderingen minder duidelijk. Er werd ook een negatieve invloed van de openstelling van de Brouwerssluis geconstateerd. Onder de 15 meter diepte ontstond in 1999 en 2001 door aanvoer van zeewater met afstervend *Phaeocystis*-materiaal een zuurstoftekort in de waterkolom. Vooral op de locaties Scharendijke en Den Osse was dit tekort langdurig, waardoor de hier aanwezige soortenarme kokerworm-levensgemeenschap in stand werd gehouden. Voor 1999 vond alleen uitwisseling met de Noordzee plaats gedurende de maanden oktober tot april waardoor geen *Phaeocystis* het meer opkwam omdat bloei van *Phaeocystis* in de Voordelta altijd optreedt in de maanden april en mei.

Na 2001 t/m heden zijn de hard substraat levensgemeenschappen op de vier bovengenoemde locaties in het Grevelingenmeer nog steeds twee keer per jaar (april en september) onderzocht, maar een analyse van de gegevens van na 2001 heeft niet plaatsgevonden. Het lijkt echter wel aannemelijk dat de hard substraat levensgemeenschappen door het omhoog komen van de diepte waar zuurstofloosheid optreedt (zie 7.1.3) beïnvloed zullen zijn. Er blijkt inderdaad een verarming van de hard substraat levensgemeenschappen te zijn opgetreden (pers. meded. Marco Dubbeldam).

Ten behoeve van eventuele ingrepen in de waterhuishouding zal men toch de veranderingen in het onderwaterleven van het Grevelingenmeer in kaart moeten brengen, zodat een eventuele achteruitgang gestaafd kan worden met de monitoringsgegevens van de aanwezige levensgemeenschappen (de Kraker, 2010b).

Omdat er tot op heden gemonitord is zouden deze gegevens geanalyseerd kunnen worden teneinde de ernst van de achteruitgang/veranderingen van de hard substraat levensgemeenschappen in kaart te brengen, waarbij dan tevens de nulsituatie voor eventuele toekomstige ingrepen in de waterhuishouding is vastgesteld.

8.5.2 Exoten

Onder de hard substraat organismen in het Grevelingenmeer bevinden zich vele exoten (zie het kader in 8.4.2 voor een definitie van exoot). Voorbeelden voor de wieren zijn het bruinwier Japans bessenwier en diverse soorten roodwieren. Voor wat betreft de aanwezige fauna kunnen Japanse oester en diverse zakpijpsoorten tot de exoten gerekend worden.

8.6 Vissen

Over vissen is in Hoeksema (2002) niets opgenomen. Wel in Bouma et al. (2008), waarvan een deel integraal in dit rapport is opgenomen.

Voor de afsluiting was de Grevelingen een estuarium waar Rijn- en Maaswater zich mengde met Noordzeewater. Er bestond een geleidelijke gradiënt van zoet naar zout en een vrije doorgang tussen zee en achterland. Dit estuarium vormde een overgangszone voor diadrome vissen die migreren tussen zoet en zout om bijvoorbeeld hun paaigronden te bereiken. Voorbeelden hiervan zijn Fint, Bot, Zee- en Rivierprik. Daarnaast was het estuarium een habitat voor voor typisch estuariene soorten zoals zeenaalden, Spiering en Harnasmannetje (van der Linden, 2006).

In 1964 werd de Grevelingen afgesloten van het zoete water door de aanleg van de Grevelingendam die een onoverkomelijke barrière vormde voor diadrome vissen. Het visbestand veranderde en werd steeds meer vergelijkbaar met dat van de Oosterschelde.

In 1971 werd de Grevelingen door de aanleg van de Brouwersdam afgesloten van de Noordzee en daarmee een stagnant zoutwatermeer. Doordat het meer alleen nog maar gevoed werd door zoet polder- en regenwater trad er verzoeting op. Estuariene soorten zoals Pitvis, Zeebaars, Tong en Geep verdwenen en het aantal soorten dat gevangen werd met boomkorbemonsteringen liep terug van 31 naar 20 (Engelsma et al., 1994).

Na de aanleg en de ingebruikname van de Brouwerssluis in 1978 stond de sluis het gehele jaar 1979 open en nam het aantal soorten gevangen met boomkorbemonsteringen weer toe naar 26 (Engelsma et al., 1994). Vanaf 1980 stond de schuif alleen in de winter open en daalde het aantal soorten weer. Met boomkorbemonsteringen werden nu 18 tot 22 soorten gevangen.

In de periode na 1980 werd een monitoringsprogramma voor vis gestart, waarbij ook vangsten met fuiken en waarnemingen door duikers werden geregistreerd. Dit gaf een totaal beeld van het aantal soorten in het Grevelingenmeer. Het aantal soorten varieerde in de periode 1980 tot 1989 tussen de 44 en de 51 soorten per jaar (Meijer & Waardenburg, 1990). Over de gehele periode werden 58 vissoorten gevangen. Er werden bijna anderhalf keer meer soorten waargenomen dichtbij de Brouwerssluis dan in het oostelijke deel van het meer (zie ook Waardenburg, 1998). Sinds 1999 is de sluis in de Brouwersdam jaarrond open gezet, met uitzondering van de 30 dagen tussen september en december ten behoeve van de palingvisserij (zie 3). Vanaf 2006 echter staat de spuisluis jaarrond open en kan de schieraal naar zee trekken om zich voort te planten. Vanaf 2009 mag er tijdens de trek van schieraal niet meer op Paling gevestig worden.

Vis maakt sinds december 2006 formeel deel uit van het monitorings- en beoordelingspakket voor de Europese Kaderrichtlijn Water (Pelsma, 2007), ook voor de brakke en zoute meren, in welk watertype het Grevelingenmeer is ondergebracht. In 2006 is er geen vis gemonitord in het Grevelingenmeer (Winter et al., 2006). In het kader van de Europese Kader Richtlijn Water (KRW) is de beheerder van de in de richtlijn aangewezen gebieden verplicht om de monitoring van een aantal kwaliteitselementen, waaronder vis, per 2007 operationeel te hebben. Deze

verplichting wordt ingevuld door het beschikbaar maken van een meerjarig databestand over de vissen in de aangewezen gebieden. De aangewezen parameters daarbij zijn soortensamenstelling (aantal soorten per gilde), abundantie van de aangetroffen soorten en lengte frequentie (leeftijdsopbouw) van de vissen binnen een soort.

Bij de vismonitoring wordt onderscheid gemaakt in actieve en passieve monitoring. Voorbeelden van methodieken van actieve monitoring zijn boomkor, kuil, en electro; voorbeelden van passieve monitoring zijn hokfuik en schietfuik. Voor het jaar 2007 is ten behoeve van de uitvoering van de Europese kader Richtlijn Water een bemonsteringsopzet gemaakt en een eerste uitvoering gegeven aan een bemonsteringsprogramma in de Westerschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer (Goudswaard, 2007). Daarbij is gekozen om gebruik te maken van lokale vissers die met eigen vistuigen hun bedrijf uitoefenen en geen veranderingen te vragen anders dan een registratie van hun vangst. In het Grevelingenmeer zijn momenteel 7 vissers actief. De periode waarin gevist wordt loopt van september tot in het voorjaar daarop wanneer de omstandigheden en vangsten gunstig zijn en blijven. In de maanden mei t/m augustus wordt uitsluitend met schietfuiken gevist. Voor het Grevelingenmeer is daarbij de keuze gevallen op de inzet van hokfuiken die, hoewel gericht op het vangen van Paling, ten opzichte van andere vistuigen relatief veel andere soorten (bij)vangen.

De in 2007 in gang gezette monitoring van zoute meren en overgangswateren is in het Deltagebied in de Westerschelde en in het Veerse Meer in goede samenwerking met de vissers uitgevoerd. Voor de fuikenvisserij op het Grevelingenmeer waren de voorbereidingen getroffen, maar werd vlak voor het ingaan van de registratieperiode de bereidwilligheid van de deelnemende vissers door hen opgezegd als gevolg van een gerechtelijke uitspraak in een twist met Rijkswaterstaat over het spuibeheer van het Grevelingenmeer (Goudswaard & de Boois, 2007). Ook in 2008 en 2009 is er op het gebied van passieve monitoring met fuiken in het Grevelingenmeer niets van de grond gekomen.

In 2007 is ook begonnen met actieve monitoring in verband met de Kaderrichtlijn Water waar voor het kwaliteitselement vissen 3 nieuwe wateren als regio/kerngebied, waaronder het Grevelingenmeer, zijn toegevoegd (van Splunder et al., 2006; Spikmans et al., 2008).

Gedurende het winterhalfjaar 2007-2008 zijn actieve visstandbemonsteringen met een boomkor uitgevoerd door Natuurbalans – Limes Divergens en Stichting RAVON (van Kessel et al., 2008). Bij wijze van proef zijn in december 2007 in het Grevelingenmeer ook ca. 15 trajecten bemonsterd met een boomkuil, waarbij slechts enkele vissen werden gevangen. Het boomkuilnet aanwezig op het onderzoeksschip bleek niet geschikt voor kuilvisserij in het Grevelingenmeer. De bemonsteringen zijn daarom uitgevoerd met een boomkor, een vanouds gebruikte methode in het Grevelingenmeer. Bemonstering vond plaats in het najaar (december) van 2007 (Pilot) en in het voorjaar (maart) van 2008 met een 3 meter brede boomkor. Het eerste deel van het boomkornet heeft een maaswijdte van 20 mm, het tweede deel een (gestrekte) maaswijdte van 10 mm. Er is in het voorjaar van 2008 bemonsterd op 23 trajecten met een standaardtrek van 1000 meter. Er wordt in bovengenoemde rapportage niet vermeld waar deze trajecten in het Grevelingenmeer liggen. Bij navraag binnen het Cluster Monitoring van de Waterdienst bleek dat de

boomkortrekken vanaf de Brouwersdam tot aan de Grevelingendam in het zuidelijk deel van het Grevelingenmeer zijn gedaan. Alle gevangen vissen werden gedetermineerd en opgemeten, vissen tot 15 cm op de millimeter nauwkeurig en vissen groter dan 15 cm in hele, afgeronde centimeters. De gevangen vissen werden daarna weer in hetzelfde water teruggezet. Wanneer een vangst uit zeer hoge aantallen vis bestond zijn er subsamples genomen en verwerkt. Bij de analyse van de data heeft geen correctie plaatsgevonden voor de efficiëntie van het gebruikte vistuig. Ook de lengte-frequentie verdeling per vissoort werd bepaald. Voor de zeven meest aangetroffen soorten in voorjaar 2008 is de biomassa uitgerekend aan de hand van lengte-gewicht relaties. Zoutwatervissen werden niet ingedeeld in ecologische gilden. Als eenheid voor de vangstinspanning wordt Catch Per Unit of Effort (CPUE) gebruikt. Bij bevissing met de boomkor is als CPUE de vangst per ha gehanteerd. In 2008 werd 5.4 ha bevestigd.

Tabel 8.6.1

Gevangen vissoorten, aantal vissen in alle trekken en CPUE actieve monitoring (boomkor) in het Grevelingenmeer in het winterhalfjaar 2007-2008. Bron: van Kessel et al. (2008).

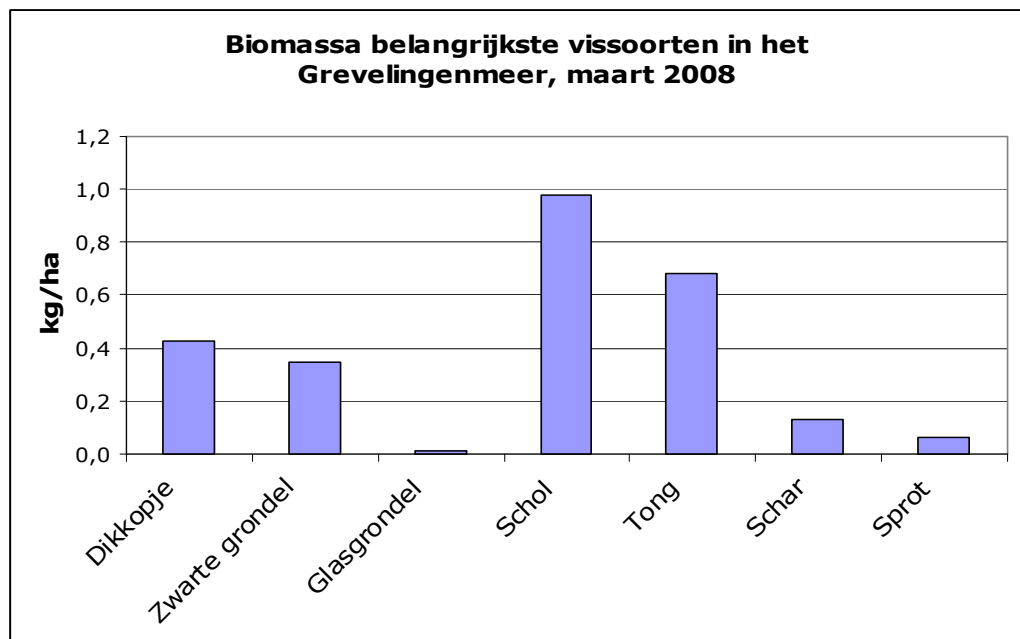
Soort	2008			Pilot 2007	
	Rangnr	Aantal	CPUE Aantal/ha	Rangnr	Aantal
Dikkopje	1	587	109		
Zwarte grondel	2	276	51	5	248
Schol	3	202	37	6	131
Tong	4	146	27	7	44
Schar	5	108	20	4	348
Sprot	6	54	10	1	2850
Glasgrondel	7	32	5.9	9	40
Bot	8	9	1.7	19	2
Zeebaars	9	9	1.7	14	8
Griet	10	8	1.5	21	2
Kleine zeenaald	11	7	1.3		
Steenbolk	12	5	0.9	12	9
Grote zeenaald	13	4	0.7	10	38
Vijfdradige meun	14	4	0.7	13	8
Wijting	15	4	0.7	8	43
Dwergtong	16	3	0.6		
Tarbot	17	3	0.6	27	1
Gewone pitvis	18	2	0.4	16	3
Koornaarvis	19	2	0.4	18	3
Botervis	20	1	0.2		
Gewone zeedonderpad	21	1	0.2	17	3
Kabeljauw	22	1	0.2	23	1
Paling	23	1	0.2	22	2
Brakwatergrondel/Dikkopje				2	2648
Driedoornige stekelbaars				20	2
Haring				3	596
Kleine koornaarvis				15	7
Poon onbepaald				24	1
Sardien				25	1
Slakdolf				26	1
Spiering				11	11
Aantal soorten	23			27	

Tijdens de Pilot in het najaar van 2007 werden 27 vissoorten gevangen en 23 vissoorten tijdens de bemonstering in het voorjaar van 2008. Tabel 8.6.1 geeft een overzicht van de aangetroffen vissoorten, het totaal aantal gevangen individuen per soort en de CPUE als aantal/ha (alleen voor 2008). De in aantal belangrijkste soorten behoren tot de grondels en platvissen.

Voor de zeven meest aangetroffen vissoorten is voor het voorjaar 2008 ook de biomassa als kg/ha bepaald (Figuur 8.6.1). In termen van biomassa zijn Schol (0.98 kg/ha) en Tong (0.68) de belangrijkste soorten, maar ook Dikkopje (0.42 kg/ha) en Zwarte grondel (0.34 kg/ha) hebben een belangrijk aandeel in de biomassa.

Figuur 8.6.1

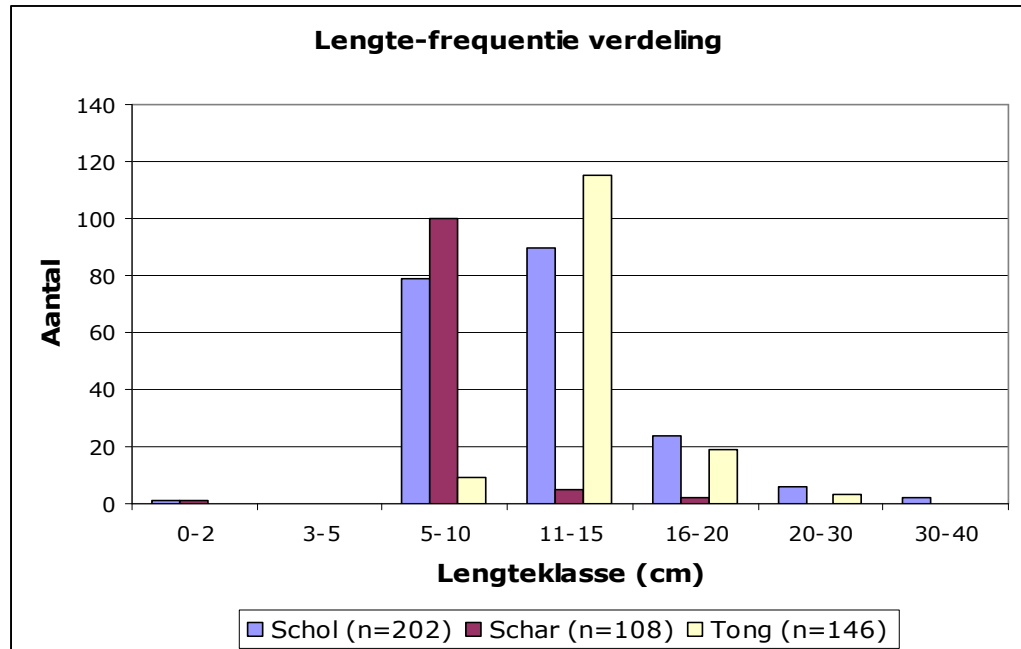
Biomassa in kg/ha voor de bij de boomkorbemonstering zeven meest aangetroffen vissoorten in het Grevelingenmeer in het winterhalfjaar 2007-2008. Bron: van Kessel et al. (2008).



In van Kessel et al. (2008) wordt ook de lengte-frequentie verdeling van de belangrijkste platvissoorten Schol, Schar en Tong in beeld gebracht. Vanuit de oorspronkelijke figuren zijn de lengte-frequentie verdelingen overgenomen in Figuur 8.6.2. Uit de lengte-frequentie verdeling van Schol, Schar en Tong gezamenlijk blijkt dat 41% behoort tot de lengteklasse 5-10 cm, 46% tot de lengteklasse 11-15 cm en 10% tot de lengteklasse 16-20 cm. Hieruit blijkt dat in het Grevelingenmeer voornamelijk exemplaren uit de kleinere lengteklassen verblijven en nauwelijks volwassen (geslachtsrijpe) dieren. De vangst van zeer jonge platvis ontbreekt omdat de gebruikte vismethode hier niet voor geschikt is. Mogelijk vormt het Grevelingenmeer vooral een opgroeigebied voor de platvissoorten Schol, Schar en Tong. Ook bij (de laatste) boomkorbemonstering in het Grevelingenmeer in 1994 werd voor wat betreft de lengte-frequentie verdeling van Schol en Tong een vergelijkbaar beeld verkregen (Meijer, 1995).

Figuur 8.6.2

Lengte-frequentie verdeling van de bij de boomkorbemonstering drie meest aangetroffen platvissoorten in het Grevelingenmeer in het winterhalfjaar 2007-2008. Bron: van Kessel et al. (2008).



Het Grevelingenmeer is in het winterhalfjaar 2008-2009 niet bemonsterd met een boomkor (van Kessel et al., 2009), en ook niet in het winterhalfjaar 2008-2010. De reden hiervoor is dat al direct na de start van de actieve vismonitoring in het Grevelingenmeer deze teruggebracht is tot eens per drie jaar. Gegeven de (nog niet begrepen) afname van het aantal visetende vogels zoals Fuut en Aalscholver, lijkt dit geen doordacht besluit. Het verdient aanbeveling om in de huidige situatie voorlopig elk jaar actief te monitoren.

De bemonsteringsinspanning in het voorjaar 2008 is met 23 trekken niet al te groot geweest, maar het is wel weer een begin van vismonitoring in het Grevelingenmeer. In hun rapportage geven van Kessel et al. (2008) aan hoe op een aantal punten bij de bemonstering een beter beeld van de visstand verkregen kan worden. Omdat passieve monitoring een mooie aanvulling vormt op actieve monitoring kan afgetast worden of het zinvol is te proberen een nieuwe start van de passieve monitoring met hokfuisen tot stand te brengen. Het initiatief van een dergelijke actie zou dan vanuit Rijkswaterstaat weer opgepakt kunnen worden.

Op basis van de door Bouma et al. (2008) beschreven geschiedenis van de visstand in het Grevelingenmeer kan verwacht worden, dat het aantal vissoorten in 2015 vergelijkbaar is aan dat van nu. In de huidige situatie wordt de meeste vis en het grootste aantal soorten waargenomen bij de Brouwerssluis. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis lijkt geen invloed te hebben op de vismigratie naar en het visbestand in het oostelijke deel van het meer (Haas et al., 2006).

De zuurstofarme condities in diepere delen in het meer kunnen negatieve gevolgen hebben voor de visstand (Lengkeek et al., 2007). Vissen kunnen wegzwemmen van

gebieden met zuurstofarme condities, maar wanneer grote delen van het meer zuurstofloos worden verliezen vooral bodemvissen een groot deel van hun habitat. Een toename van het zuurstofloos bodemoppervlak leidt dus tot een afname van geschikt habitat voor bodemvis. De verwachte toename van het zuurstofprobleem zal op termijn een negatieve invloed hebben op de visstand in het meer.

8.7 Vogels

De Nederlandse Delta is van grote internationale betekenis als broed-, doortrek- en overwinteringsgebied voor watervogels. Binnen de Nederlandse Delta is het Grevelingenmeer van internationaal belang voor acht soorten watervogels, waarvan Lepelaar, Middelste zaagbek, Rotgans en Brandgans de belangrijkste zijn.

Watervogels staan aan het eind van de voedselketen en vervullen daarmee een belangrijke signaalfunctie op veranderingen in het ecosysteem (Strucker et al., 2009). In de Nederlandse Delta is het Grevelingenmeer verreweg het belangrijkste gebied voor diverse soorten visetende watervogels (Strucker et al., 2009). Vanaf het seizoen 1975/1976 worden er al watervogels geïnventariseerd in de Nederlandse Delta; voor een overzicht van alle inmiddels verschenen rapportages, zie Strucker et al. (2010).

In de Nederlandse Delta broeden van diverse soorten kustbroedvogels nationaal en internationaal belangrijke populaties (Strucker et al., 2008), waarvan Zwartkopmeeuw, Strandplevier, Grote stern, Kleine mantelmeeuw, Kluut, Visdief en Dwergstern de belangrijkste zijn. Voor veel soorten wordt in één of meer seizoenen de 1% norm overschreden. Door de aanwezigheid van de natuurlijke en kunstmatige eilanden en drooggevallen gebieden na de afsluiting in 1981 is het Grevelingenmeer eveneens van groot belang voor kustbroedvogels. Kustbroedvogels in de Nederlandse Delta worden al geïnventariseerd vanaf 1979; voor een overzicht van alle inmiddels verschenen rapportages, zie Strucker et al. (2008).

Vanaf 1990 worden in de Nederlandse Delta maandelijks tellingen van watervogels (en zeezoogdieren) en kustbroedvogels uitgevoerd in het kader van het Biologisch Monitoringprogramma van de zoute Rijkswateren.

8.7.1 *Watervogels*

De watervogels worden ingedeeld in een aantal voedselgroepen:

- Viseters van open water: duikers, Futen, Aalscholver, zaagbekken en Zeekoet.
- Viseters van ondiep water: reigers, Lepelaar.
- Planteneters: zwanen, ganzen en grondeleenden.
- Bodemdiereters van open water: duikeenden, zee-eenden en Brilduiker.
- Bodemdiereters van oevers: steltlopers en Bergeend.

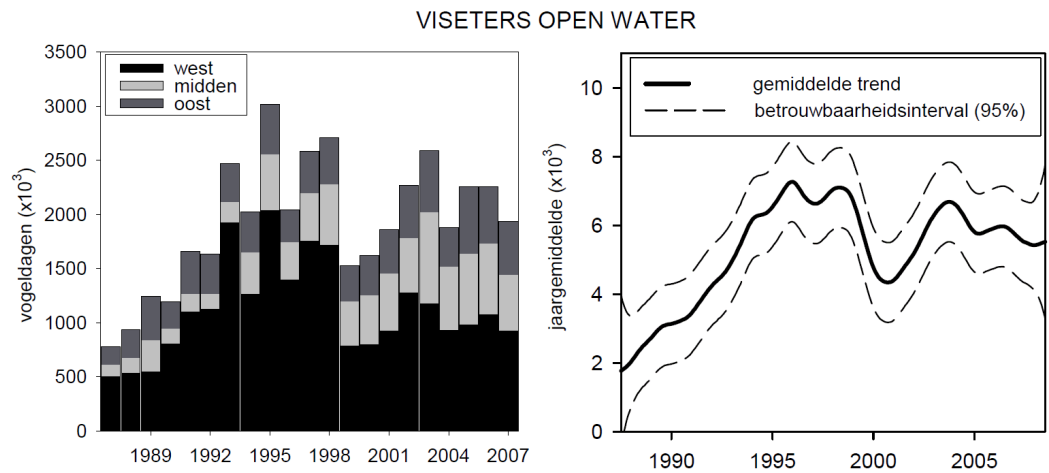
In de zoute Delta is het Grevelingenmeer verreweg het belangrijkste gebied voor viseters. Voor steltlopers is het Grevelingenmeer vooral van belang als hoogwatervluchtplaats, maar door het ontbreken van getijdeslikken van minder belang voor foeragerende steltlopers (Strucker et al., 2010a).

In de rapportage over watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2007/2008 (Strucker et al., 2009a) is een apart hoofdstuk gewijd aan de trend van

bovengenoemde voedselgroepen in het Grevelingenmeer voor de seizoenen 1987/1988 t/m 2007/2008, waarvan hieronder een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen zal worden gegeven. Dit overzicht is aangevuld met resultaten uit de rapportage over het seizoen 2008/2009 (Strucker et al., 2010a).

Figuur 8.7.1

Aantal vogeldagen en de gemiddelde trend met 95% betrouwbaarheidsinterval voor de viseters van open water in de drie deelgebieden van het Grevelingenmeer in de seizoenen 1987/1988 t/m 2007/2008. Bron: Strucker et al. (2009). Het aantal vogeldagen wordt op de volgende manier berekend: het aantal exemplaren van de maandtelling wordt vermenigvuldigd met het aantal dagen van die maand en vervolgens worden de resultaten van de maanduitkomsten uit het betreffende seizoen bij elkaar opgeteld.

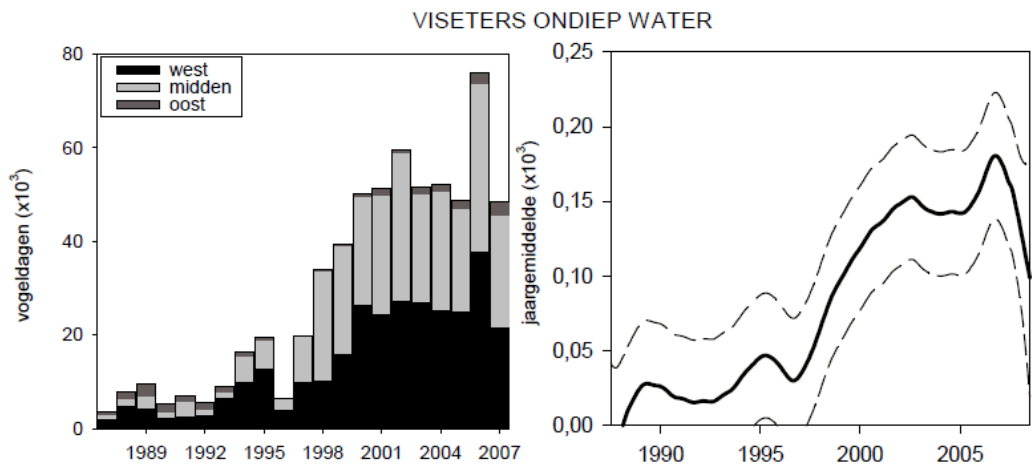


De trend voor de viseters van het open water in het Grevelingenmeer was voor de periode 1987/1988 t/m 1993/1994 stijgend en significant om daarna stabiel te blijven t/m het seizoen 1998/1999 (Figuur 8.7.1). Daarna is er een flinke trendbreuk in het seizoen door de terugval in het seizoen 1999/2000, waarna direct herstel optreedt tot 2003/2004 om voor de periode 2004/2005 t/m 2007/2008 weer stabiel te blijven.

De trend in het Grevelingenmeer wordt vooral bepaald door de trend in het westelijke deel, waaraan vooral de Fuut en Middelste zaagbek tot 1999/2000 een belangrijke bijdrage leverden. In het seizoen 1999/2000 nam vooral de Fuut sterk in aantal af en na 1997 de Aalscholver (zie Figuur 8.7.6). De toename van het aantal vogeldagen na 1999/2000 was relatief het grootst in het middelste en oostelijke deel van het Grevelingenmeer. Deze toename komt geheel voor rekening van de Geoorde fuut. Zie Figuur 8.7.6 voor de ontwikkeling van de (index van de) viseters Fuut, Geoorde fuut, Aalscholver en Middelste zaagbek.

Figuur 8.7.2

Aantal vogeldagen en de gemiddelde trend met 95% betrouwbaarheidsinterval voor de viseters van ondiep water in de drie deelgebieden van het Grevelingenmeer in de seizoenen 1987/1988 t/m 2007/2008. Bron: Strucker et al. (2009). Zie bijschrift Figuur 8.7.1 voor de manier waarop het aantal vogeldagen wordt berekend.

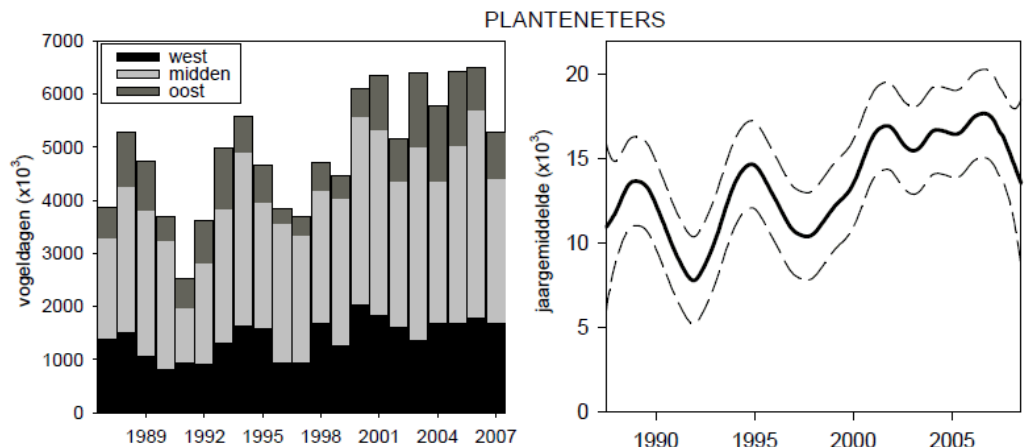


De trend voor de viseters van ondiep water in het Grevelingenmeer is vooral een spectaculaire toename in de periode 1997/1998 t/m 2000/2001 waarna het gemiddeld aantal vogeldagen opvallend stabiel bleef t/m het seizoen 2007/2008. Tijdens deze stabiele periode was er wel een enorme piek in het seizoen 2006/2007, dat vooralsnog als een uitzonderlijk seizoen wordt beschouwd.

Opvallend is dat de viseters van ondiep water in termen van vogeldagen in vergelijkbare aantallen in zowel het westelijke als in het middelste deel van het Grevelingenmeer voorkomen. De vogels foerageren hier vooral langs de randen van de voormalige slikken en platen. Door het vrijwel ontbreken van voormalige slikken en platen is het oostelijke deel minder geschikt voor deze voedselgroep. De Blauwe reiger was tot 1997/1998 de talrijkste viseter van ondiep water. In de periode daarna waren Lepelaar en Kleine zilverreiger de trendbepalende soorten. Het grote aantal vogeldagen in de seizoenen 2002/2003 en 2006/2007 komt geheel voor rekening van de Lepelaar.

Figuur 8.7.3

Aantal vogeldagen en de gemiddelde trend met 95% betrouwbaarheidsinterval voor de planteneters in de drie deelgebieden van het Grevelingenmeer in de seizoenen 1987/1988 t/m 2007/2008. Bron: Strucker et al. (2009). Zie bijschrift Figuur 8.7.1 voor de manier waarop het aantal vogeldagen wordt berekend.

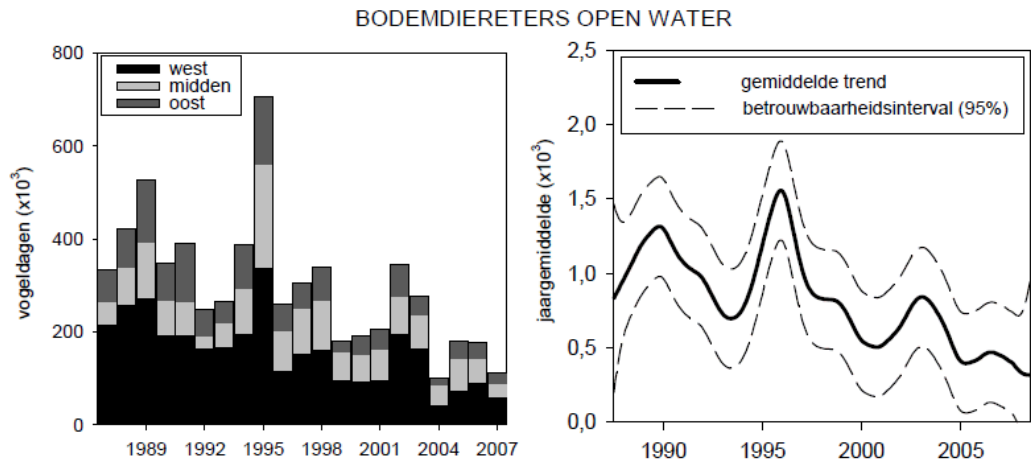


In termen van vogeldagen vormen de planteneters de talrijkste groep in het Grevelingenmeer. In de periode 2000/2001 t/m 2007/2008 blijft het aantal vogeldagen stabiel op een hoog niveau. Het aantal vogeldagen in het seizoen 2008/2009 was lager dan in de vier voorafgaande jaren.

De planteneters komen vooral voor in het westelijke en middelste deel van het Grevelingenmeer, waar ze op de voormalige slikken en platen foerageren. Door het vrijwel ontbreken van voormalige slikken en platen is het oostelijke deel minder geschikt voor deze voedselgroep. De talrijkste planteneters in het Grevelingenmeer zijn Smient, Wilde eend, Brandgans, Rotgans, Meerkoet en Grauwe gans.

Figuur 8.7.4

Aantal vogeldagen en de gemiddelde trend met 95% betrouwbaarheidsinterval voor de bodemdiereters van open water in de drie deelgebieden van het Grevelingenmeer in de seizoenen 1987/1988 t/m 2007/2008. Bron: Strucker et al. (2009). Zie bijschrift Figuur 8.7.1 voor de manier waarop het aantal vogeldagen wordt berekend.

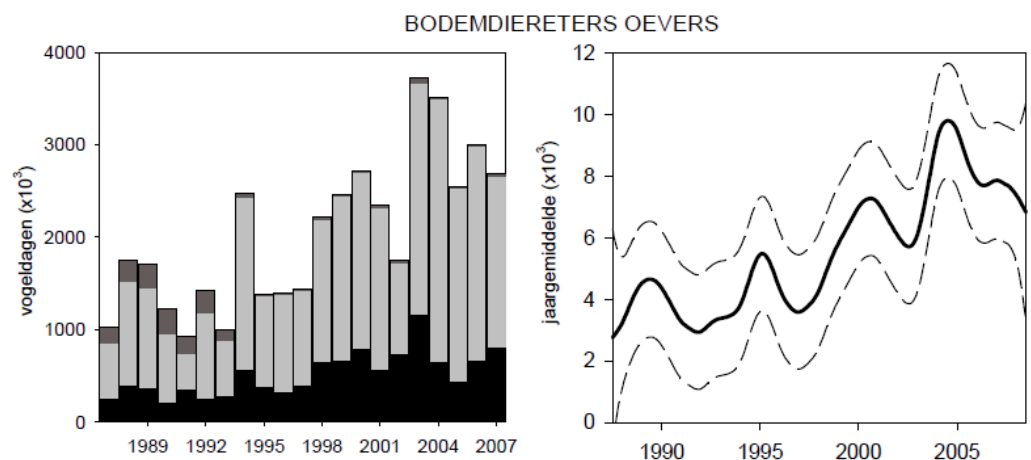


De trend voor de bodemdiereters van open water over de gehele periode 1987/1988 t/m 2007/2008 is negatief. Het gemiddeld aantal vogeldagen in de periode 2004/2005 t/m 2007/2008 bedraagt tegenwoordig nog maar éénderde van het gemiddeld aantal vogeldagen in de periode 1987/1988 t/m 1991/1992. Opvallend is de enorme piek in het seizoen 1995/1996.

Veruit de talrijkste soort binnen deze groep is de Brilduiker. De piek in het seizoen 1995/1996 was het gevolg van een influx in de winter doordat een aantal zoete wateren (waaronder het Volkerakmeer) dichtgevroren waren. Brilduikers hebben een voorkeur voor het westelijke en middelste deel van het Grevelingenmeer. Zie Figuur 8.7.7 voor de ontwikkeling van de (index van de) Brilduiker.

Figuur 8.7.5

Aantal vogeldagen en de gemiddelde trend met 95% betrouwbaarheidsinterval voor de bodemdiereters van oevers in de drie deelgebieden (Legenda: zie Figuur 8.7.4) van het Grevelingenmeer in de seizoenen 1987/1988 t/m 2007/2008. Bron: Strucker et al. (2009). Zie bijschrift Figuur 8.7.1 voor de manier waarop het aantal vogeldagen wordt berekend.



De trend voor bodemdiereters van oevers is golvend en positief. De periode 1994/1995 t/m 2004/2005 laat een significant toename in het gemiddeld aantal vogeldagen zien. Na dit seizoen stabiliseerde het gemiddeld aantal vogeldagen, maar wel op een wat lager niveau.

De talrijkste soorten binnen deze groep zijn Goudplevier, Kievit, Bergeend, Scholekster, Bonte strandloper en Wulp. Voor alle genoemde soorten, behalve de Scholekster, is de trend positief. Goudplevier en Kievit zijn de aspectbepalende soorten binnen deze voedselgroep. Het belangrijkste gebied voor de Goudplevier en de Kievit zijn de Slikken van Flakkee in het middelste deel van het Grevelingenmeer.

In Figuur 8.7.6 worden de indices voor het aantal vogeldagen per jaar van de viseters Fuut, Geoorde fuut, Aalscholver en Middelste zaagbek in het Grevelingenmeer in de seizoenen 87-91 (gemiddelde), 92-96 (gemiddelde) t/m 2008/2009 afgebeeld. Alle onderliggende gegevens zijn afkomstig uit Strucker et al. (2010).

Na een aanvankelijke stijging vertoont de index voor de Fuut een enorme terugval in het seizoen 1999/2000, dus na het jaarrond openzetten van de Brouwerssluis. Na deze terugval tot minder dan de helft van de oorspronkelijke waarde laat de index voor de Fuut opvallend stabiel t/m het seizoen 2008/2009.

De index voor de Geoorde fuut laat voor de periode vanaf 1987/1988 t/m 2006/2007 een geleidelijke toename zien. In het seizoen 2007/2008 treedt een sterke terugval op, waarna in het seizoen 2008/2009 de index op ongeveer hetzelfde lagere niveau bleef.

De index voor de Aalscholver vertoont na het seizoen 1987/1988 een duidelijke afname en wordt meer dan gehalveerd. Vanaf het seizoen 2004/2005 t/m 2008/2009 schommelt de index rond de waarde 60.

De Middelste zaagbek laat een wisselend beeld zien met grote schommelingen in de periode 1987/1988 t/m 2004/2005. Vanaf het seizoen 2004/2005 blijft de index redelijk stabiel.

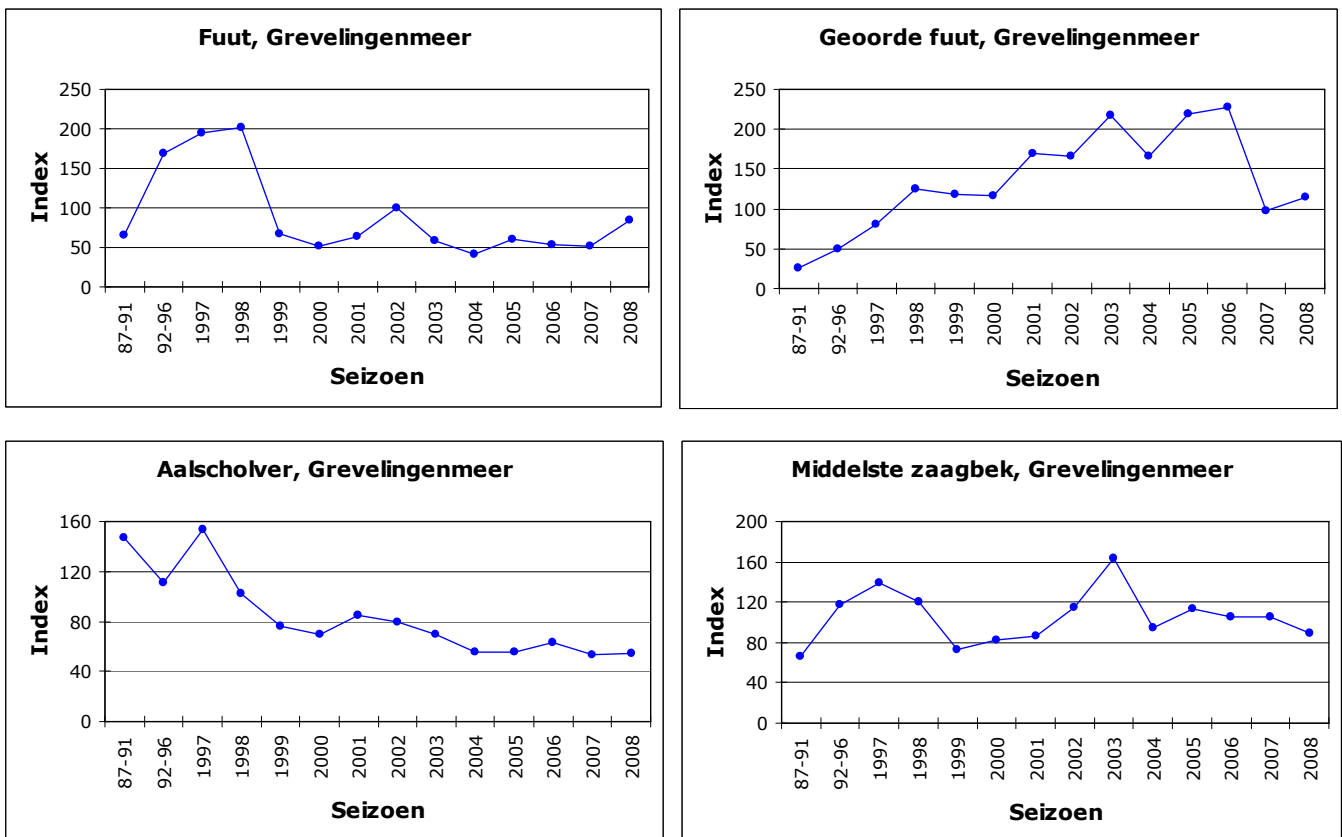
Bouma et al. (2008) beschrijven dat bovenstaande gegevens een verschuiving in de visstand suggereren. Daarbij zouden bepaalde viseters van open water (Middelste zaagbek, Geoorde fuut, Dodaars en Kuifduiker) en viseters van ondiep water (Lepelaar en Kleine zilverreiger) die prederen op kleine vissoorten als grondels een toename laten zien, terwijl viseters van open water die juist op grotere vissoorten als haring en platvis prederen (Fuut en Aalscholver) een afname laten zien.

Bouma et al. (2008) noemen de visstand sturend voor de te verwachten ontwikkeling. Indien hier geen veranderingen in optreden zullen vooral de soorten die op grondels foerageren, Middelste zaagbek en Geoorde fuut, zich goed kunnen handhaven. Op grond van de waarnemingen in de seizoenen 2007/2008 en 2008/2009 is dit echter voor de Geoorde fuut wat minder zeker geworden. De soorten die op grotere vissoorten prederen, Fuut en Aalscholver, zullen zich mogelijk op het huidige niveau handhaven. Omdat de visstand mogelijk dus een

belangrijke rol speelt bij de veranderingen binnen de groep van de viseters is het jammer dat (voldoende) goede gegevens over de visstand na 1990 ontbreken.

Figuur 8.7.6

Indices voor het aantal vogeldagen per jaar van de viseters Fuut, Geoorde fuut, Aalscholver, Middelste zaagbek en Brilduiker in het Grevelingenmeer in de seizoenen 87-91 (gemiddelde), 92-96 (gemiddelde) t/m 2008/2009. Bron: Strucker et al. (2010). Zie bijschrift Figuur 8.7.1 voor de manier waarop het aantal vogeldagen wordt berekend. Index van elke soort heeft als basis het langjarig gemiddelde (100 = gemiddelde over alle tellingen).

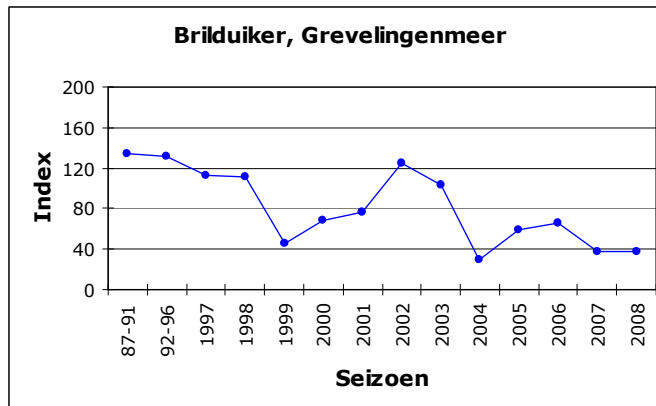


De index voor de bodemdiereter Brilduiker is de laatste twee seizoenen stabiel, maar op de lange termijn is er echter sprake van een afname (Figuur 8.7.7, zie volgende bladzijde).

De trend voor de viseters van het open water in het belangrijkste bekken voor viseters in de Delta wordt sterk beïnvloed door de trend van Fuut en Geoorde fuut. De Fuut in het Grevelingenmeer volgde de landelijke trend tot het seizoen 1999/2000 (van Roomen et al., 2007). Daarna stortte de winterpopulatie van de Fuut in het Grevelingenmeer in, hetgeen ongetwijfeld te maken had met het vanaf 1999/2000 permanent open staan van de Brouwerssluis (Strucker et al., 2009). Het herstel van de viseters in het Grevelingenmeer kan volledig worden toegeschreven aan de toename van Geoorde fuut.

Figuur 8.7.7

Index voor het aantal vogeldagen per jaar van de bodemdiereter van open water Brilduiker in het Grevelingenmeer in de seizoenen 87-91 (gemiddelde), 92-96 (gemiddelde), 1997 (gemiddelde) t/m 2008/2009. Bron: Strucker et al. (2010). Zie bijschrift Figuur 8.7.1 voor de manier waarop het aantal vogeldagen wordt berekend. Index van elke soort heeft als basis het langjarig gemiddelde (100 = gemiddelde over alle tellingen).



Omdat niet duidelijk is waardoor de fluctuaties van de aantallen viseters van het open water zoals Fuut, Aalscholver en Middelste zaagbek worden veroorzaakt, verdient het aanbeveling om jaarlijks in plaats van eens per drie jaar onderzoek te doen naar de visstand in het Grevelingenmeer, niet alleen bij de bodem in de wat diepere delen, maar ook bij de bodem in de ondiepere delen en in het pelagiaal.

Ook verdient het aanbeveling om onderzoek te doen naar de oorzaken van de fluctuaties van de aantallen van de Brilduiker, een bodemdiereter van het open water.

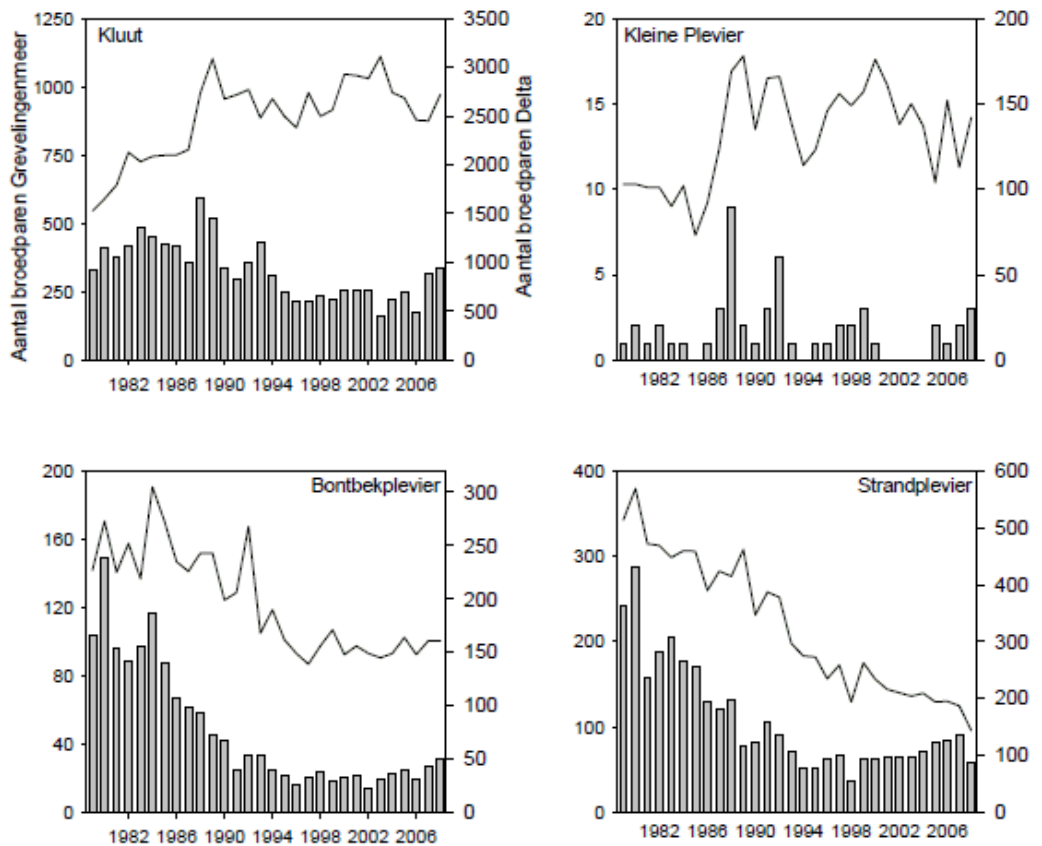
8.7.2 *Kustbroedvogels*

Na de afsluiting van de Grevelingen vielen uitgestrekte gebieden droog en kwamen beschikbaar als broedgebied voor kustbroedvogels en het ontstane Grevelingenmeer ontwikkelde zich aanvankelijk tot een belangrijk gebied voor kustbroedvogels. Door afname van geschikt broedterrein als gevolg van toenemende begroeiing en de opkomst van predatoren daalden de aantallen kustbroedvogels na verloop van tijd. Vanaf 2004 is er dankzij gericht beheer weer sprake van een toename van het aantal broedparen kale grondbroeders.

In de op één na laatste rapportage over de kustbroedvogels in het Deltagebied (Strucker et al., 2009b) is een apart hoofdstuk gewijd aan de ontwikkeling van het aantal broedparen van kustbroedvogels in het Grevelingenmeer in de periode 1979 t/m 2008, waarvan hierna een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen zal worden gegeven. Zeer recent verscheen een rapportage over de kustbroedvogels in het Grevelingenmeer in 2009 (de Kraker, 2010a), waaruit de laatste stand van zaken met betrekking tot de kustbroedvogels is meegenomen. Nog recenter verscheen de laatste rapportage over de kustbroedvogels in het Deltagebied (Strucker et al., 2010). Voor de jaren 2008 en 2009 zijn de aantallen (Grevelingenmeer, Goeree + Grevelingenmeer, eilanden + Grevelingenmeer, Schouwen) uit Strucker et al. (2010) vergeleken met de aantallen voor 2008 uit Strucker et al. (2009b) en voor 2009 uit de Kraker (2010a) en afwijkende aantallen zijn in de tekst opgenomen tussen haakjes.

Figuur 8.7.8

Ontwikkeling van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Kluut, Kleine plevier, Bontbekplevier en Strandplevier in het Grevelingenmeer (staaf, schaal op linkeras) en het zoute Deltagebied (lijn, schaal op rechteras) in de periode 1979 t/m 2008. Bron: Strucker et al. (2009b).



Figuur 8.7.8 laat de ontwikkeling zien van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Kluut, Kleine plevier, Bontbekplevier en Strandplevier in het Grevelingenmeer en in de zoute Delta. Van deze soorten profiteerden vooral Kluut, Bontbekplevier en Strandplevier van de afsluiting van de Grevelingen in 1971.

In de jaren 2006 t/m 2008 vormde de Kluut met gemiddeld 296 paar 12% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is er een lichte toename. De belangrijkste broedgebieden over de gehele periode genomen waren Hompelvoet, Markenje, Slikken van Flakkee Noord en Zuid en de Slikken van Bommenede. Daarvan is Hompelvoet de laatste jaren vrijwel verlaten. In 2009 bedroeg het aantal broedparen 324 (382) tegenover 333 (368) in 2008.

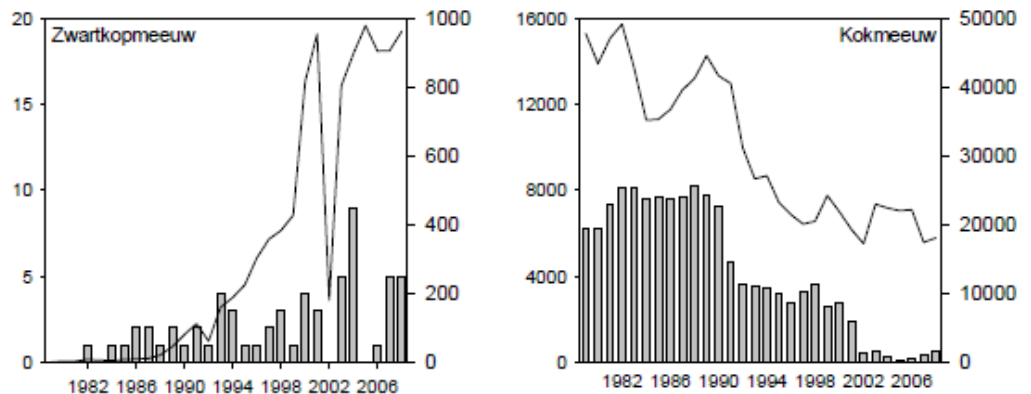
De Bontbekplevier vormde in de jaren 2006 t/m 2008 met gemiddeld 17 paar 17% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is er een lichte toename. Sinds 2004 jaarlijks bezette gebieden zijn Markenje, Stampersplaten, Slikken van Flakkee Noord en Zuid, Battenoord, Slik voor Dijkschor en de Slikken van Bommenede. In 2009 bedroeg het aantal broedparen 28 tegenover 31 in 2008.

De Kleine plevier vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 4 paar slechts 3% van de populatie in de zoute Delta. De soort broedt in het Grevelingenmeer jaarlijks op nul tot drie locaties. Het rapport van de Kraker (2010a) geeft geen aantallen voor de Kleine plevier in 2009.

Het Grevelingenmeer vormt een bolwerk voor de Strandplevier in de zoute Delta. In de jaren 2006 t/m 2008 vormde de Strandplevier met gemiddeld 78 paar 45% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is de trend stabiel, alhoewel het aantal in 2008 gedaald is van 91 paar in 2007 naar 59 paar. Nog jaarlijks bezette gebieden in de periode 2006 t/m 2008 zijn Markenje, Stampersplaten, Slikken van Flakkee Noord en Zuid, Battenoord en de Slikken van Bommeneede. In 2009 bedroeg het aantal broedparen 63 (64) tegenover 59 in 2008.

Figuur 8.7.9

Ontwikkeling van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Zwartkopmeeuw en Kokmeeuw in het Grevelingenmeer (staaf, schaal op linkeras) en het zoute Deltagebied (lijn, schaal op rechteras) in de periode 1979 t/m 2008. Bron: Strucker et al. (2009b).



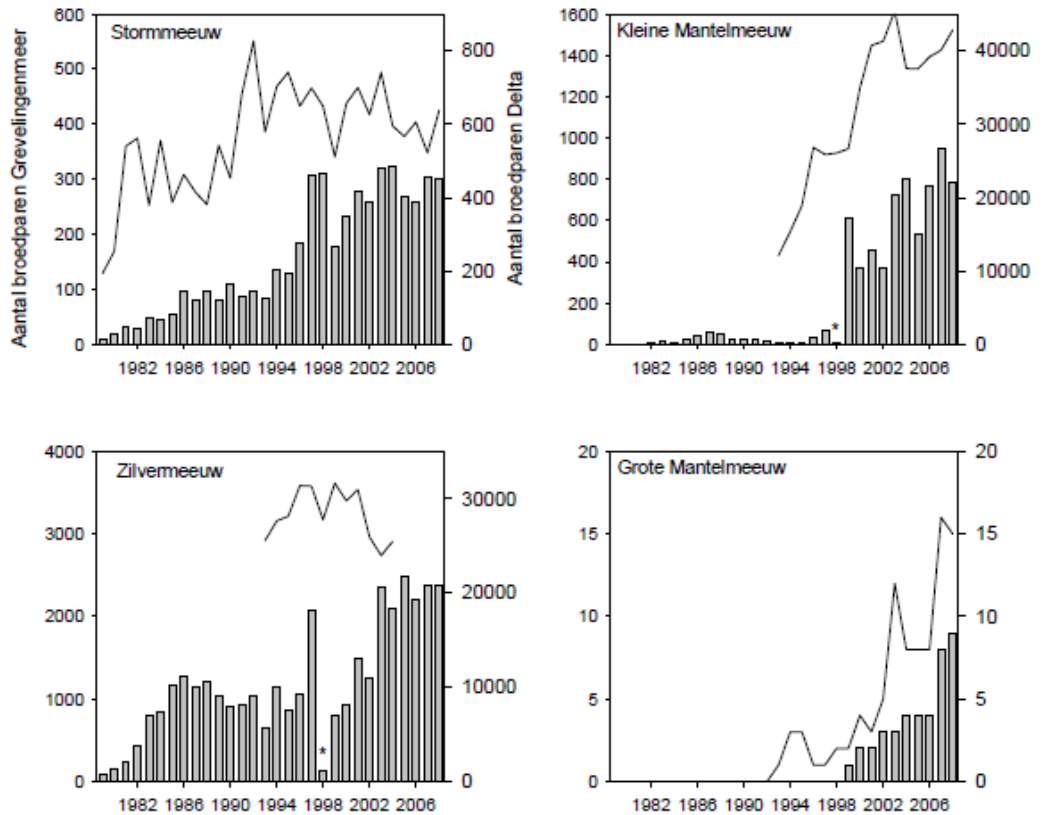
Figuur 8.7.9 laat de ontwikkeling zien van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Zwartkopmeeuw en Kokmeeuw in het Grevelingenmeer en in de zoute Delta.

De Zwartkopmeeuw vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 4 paar < 1% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is het aantal stabiel. In 2008 werd alleen op Markenje gebreed. In 2009 bedroeg het aantal broedparen 9 tegenover 5 in 2008.

De Kokmeeuw is in het Grevelingenmeer enorm afgenomen. In de periode 1979 t/m 1990 broedden steeds 6200 tot 8200 paar in het gebied, het merendeel daarvan broedde op de Hompelvoet. De Kokmeeuw vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 345 paar 2% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is er een lichte toename. In 2008 werd door de Kokmeeuw in grotere aantallen gebreed op Markenje en de Stampersplaten en in kleinere aantallen op de Grevelingendam, Hompelvoet, Slik voor Dijkwater en Slikken van Bommeneede. In 2009 nam het aantal broedparen flink toe tot 571 (557) tegenover 494 (491) in 2008.

Figuur 8.7.10

Ontwikkeling van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Stormmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw en Grote mantelmeeuw in het Grevelingenmeer (staaf, schaal op linkeras) en het zoute Deltagebied (lijn, schaal op rechteras) in de periode 1979 t/m 2008. Bron: Strucker et al. (2009b).



Figuur 8.7.10 laat de ontwikkeling zien van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Stormmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw en Grote mantelmeeuw in het Grevelingenmeer en in de zoute Delta.

Het aantal Stormmeeuwen in het Grevelingenmeer is sinds 1979 groeiende. De Stormmeeuw vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 289 paar 49% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is het aantal stabiel. In 2008 hebben Stormmeeuwen vooral gebroed op de Hompelvoet, Veermansplaten, Dwars in de Weg, Markenje en de Slikken van Flakkee Zuid. In 2009 nam het aantal broedparen flink af tot 227 tegenover 302 in 2008.

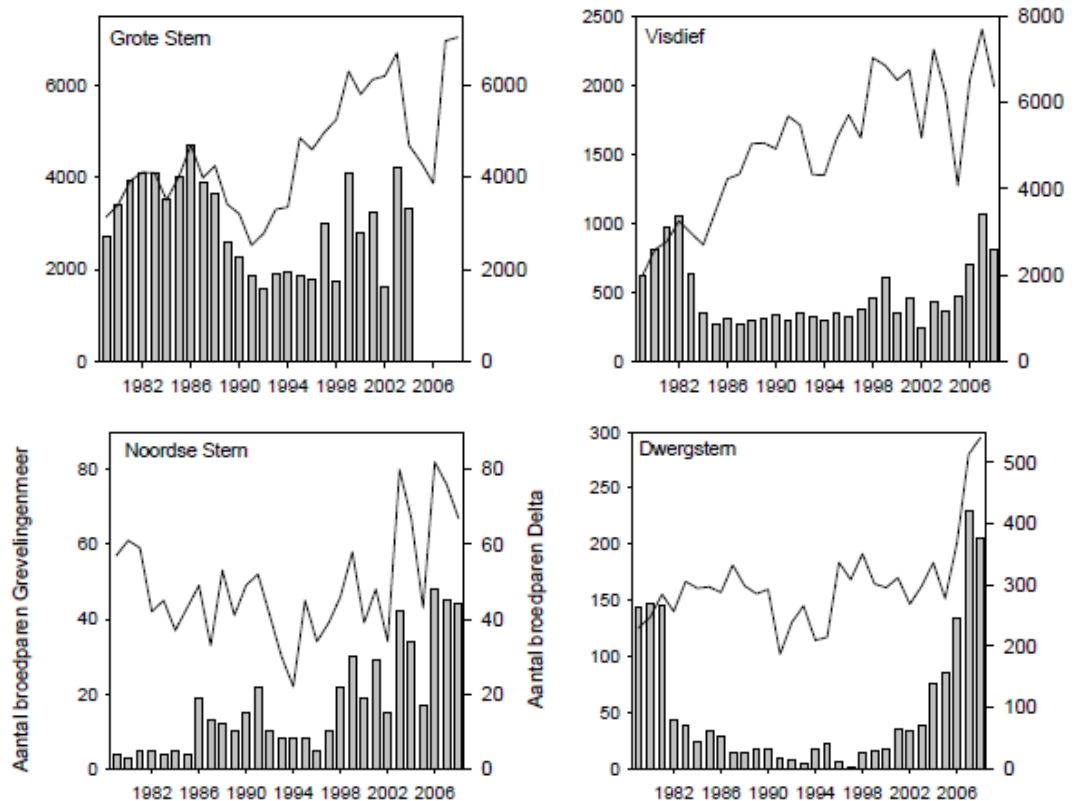
De Kleine mantelmeeuw is vanaf 1999 in aantal snel toegenomen. De Kleine mantelmeeuw vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 836 paar 2% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is er een toename. Vanaf 1999 wordt vooral gebroed op Dwars in de Weg en de Veermansplaat. In 2009 bedroeg het aantal broedparen 765 tegenover 789 in 2008.

Vanaf 2003 liggen de aantallen Zilvermeeuw op een vrij hoog niveau van 2100 tot bijna 2400 paar. De Zilvermeeuw vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 2312 paar 12% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is het aantal stabiel. Vanaf 2003 wordt vooral gebroed op Dwars in de Weg en op de Veermansplaat. In 2009 bedroeg het aantal broedparen 2093 tegenover 2369 in 2008.

De Grote mantelmeeuw broedt pas sinds 1999 in het Grevelingenmeer, maar bereikte nooit hogere aantallen dan 9 paar. De Grote mantelmeeuw vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 7 paar 54% van de populatie in de zoute Delta. De soort broedt in het Grevelingenmeer vaak op oeververdedigingen. In 2009 bedroeg het aantal broedparen 12 tegenover 9 in 2008.

Figuur 8.7.11

Ontwikkeling van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Grote stern, Visdief, Noordse stern en Dwergstern in het Grevelingenmeer (staaf, schaal op linkeras) en het zoute Deltagebied (lijn, schaal op rechteras) in de periode 1979 t/m 2008. Bron: Strucker et al. (2009b).



Figuur 8.7.11 laat de ontwikkeling zien van het aantal broedparen van de kustbroedvogels Grote stern, Visdief, Noordse stern en Dwergstern in het Grevelingenmeer en in de zoute Delta.

De Grote stern heeft lange tijd in grote aantallen in het Grevelingenmeer gebroed met in de periode 1979 t/m 2004 aantallen tussen 2500 en 4700 paar. In de periode 2005 t/m 2009 waren er geen broedgevallen van de Grote stern, met uitzondering van 1 broedpaar in 2006. Voor de gehele zoute Delta werden in 2007 en 2008 ongeveer 7000 broedparen geteld.

In de periode 1979 t/m 1983 broedden tussen de 600 en 1000 paren Visdief in het Grevelingenmeer om daarna af te nemen tot een aantal van ongeveer 400 paren tot eind jaren negentig. De laatste drie jaar worden weer hoge aantallen geteld. De Visdief vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 857 paar 12% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is er een toename. In 2009 nam het aantal broedparen enigszins toe tot 872 (756) tegenover 814 (711) in 2008.

Vanaf 1979 neemt het aantal broedparen Noordse stern gestaag en vanaf 1997 snel toe. De Noordse stern vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 46 paar 61% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is er een toename. De laatste drie jaar wordt vooral gebroed op Markenje, op de Grevelingendam, de kleine Stampersplaat en het Slik voor Dijkwater. In 2009 steeg het aantal broedparen tot 59 tegenover 44 in 2008.

In de jaren 1979 t/m 1981 broedden er zo'n 140 paar Dwergstern op de Hompelvoet. Daarna t/m 2003 broedden er zo'n 45 paar of minder en vanaf 2004 is er een spectaculaire toename. De Dwergstern vormt met in de jaren 2006 t/m 2008 gemiddeld 190 paar 40% van de populatie in de zoute Delta. Ten opzichte van de jaren 2003 t/m 2005 is er een toename. Belangrijke broedplaatsen in 2008 waren: Kleine Stampersplaat, Battenoord, het voormalig zanddepot op de Slikken van Flakkee, Slikken van Flakkee, de Punt/Kil en de slikken van Bommedede. In 2009 nam het aantal broedparen flink af tot 152 tegenover 205 in 2008.

De trendveranderingen zijn bij veel soorten kustbroedvogels het gevolg van de uitvoering van op kustbroedvogels gerichte maatregelen, zoals het aanleggen van eilanden, het jaarlijks maaien van de vegetatie, het aanbrennen van schelpen en het tijdelijk weren van vee gedurende het broedseizoen door het uitrasteren van gebieden (Strucker et al., 2009). Voor alle kustbroedvogels geldt dat zij gemakkelijk van broedgebied kunnen wisselen indien elders in de Delta alternatieve broedgebieden in de vorm van kunstmatige eilanden of drooggevallen gebieden beschikbaar komen (Bouma et al., 2008). Voorwaarde is dan wel dat in deze nieuwe broedgebieden de vegetatiesuccessie in de hand wordt gehouden door daarop gericht beheer.

Een andere belangrijke factor, die van invloed is op het voorkomen van kustbroedvogels in het Grevelingenmeer, is het peilbeheer. Gericht peilbeheer leidt niet alleen tot meer geschikt broedhabitat, maar in de zoute Delta ook tot een minder snelle vegetatiesuccessie (Strucker et al., 2009). Sinds een aantal jaren wordt het peilbeheer gedurende de broedtijd afgestemd op de broedvogels, waarbij het peil in de zomer iets verlaagd wordt en na het broedseizoen weer wordt opgezet.

8.8 Zoogdieren

8.8.1 Zeehonden

Voor de afsluiting in 1971 was de Gewone zeehond een algemene verschijning in de Grevelingen. Slim (1985) geeft een overzicht van de tot de afsluiting waargenomen maximum aantallen Gewone zeehond op de platen in de Grevelingen, waaruit ook blijkt dat vanaf 1959 t/m 1967 de aantallen Gewone zeehond snel afnamen; eind jaren zestig werden nog nauwelijks Gewone zeehonden waargenomen op de platen in de Grevelingen.

Na de ingebruikname van de Brouwerssluis in 1978 werden zo nu en dan nog verdwaalde exemplaren van de Gewone zeehond gezien in het Grevelingenmeer.

Vanaf de jaren tachtig bevond zich in het Grevelingenmeer slechts één Gewone zeehond, die zich vooral oostelijk bij het restaurant op de Grevelingendam ophield. Vanaf het begin van de jaren tweeduizend stijgt het aantal zeehonden in het Grevelingenmeer en voor het eerst sinds de afsluiting in 1971 heeft zich een vaste

groep zeehonden in het Grevelingenmeer gevestigd. Sinds 2008 zitten er permanent 15 zeehonden in het Grevelingenmeer (William van der Hulle, Staatsbosbeheer, in Wereldregio van 10 oktober 2008). Het betreft 12 Gewone zeehonden en 3 Grijszee zeehonden. De meeste verblijven op het kunstmatige eiland Archipel en er is in 2008 zelfs een jong geboren (de Kraker, 2009). In 2009 zijn er drie jongen geboren, waarvan er twee in leven zijn gebleven (de Kraker, 2010b). De zeehonden vinden klaarblijkelijk voldoende voedsel in het Grevelingenmeer, want anders zouden ze wel weer door de spuisluis in de Brouwersdam wegtrekken. Regelmatig zwemmen de zeehonden ook door de spuisluis en in die zin maken de zeehonden deel uit van de populatie die in de Voordelta verblijft.

In het kader van het biologisch monitoringsprogramma worden maandelijks tellingen van watervogels en zeezoogdieren verricht. Daarbij worden zee-eenden en zeezoogdieren vanuit een vliegtuig geteld. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in de deelgebieden Voordelta, Oosterschelde en Westerschelde. Vanaf het seizoen 2003/2004 (loopt van juli 2003 t/m juni 2004) worden de resultaten gerapporteerd in de serie Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta. In het hiernavolgende is gebruik gemaakt van de rapportages over de seizoenen 2006/2007 (Strucker et al., 2008), 2007/2008 (Strucker et al., 2009) en 2008/2009 (Strucker et al., 2010a).

Het belangrijkste gebied voor wat betreft de aantallen Gewone zeehond in de Delta is de Voordelta, bestaande uit de mondingsgebieden voor de Oosterschelde, voor het Grevelingenmeer en voor het Haringvliet. Het aantal Gewone zeehonden in de Voordelta varieerde in het seizoen 2006/2007 tussen 15 (november 2006) en 83 (april 2007) exemplaren, in het seizoen 2007/2008 tussen 16 (oktober 2007) en 140 (april 2008) en in het seizoen 2008/2009 tussen 12 (januari 2009) en 181 (maart 2009) exemplaren.

De belangrijkheid van de Voordelta blijkt ook wanneer naar het aantal zeehonddagen voor de drie deelgebieden in de Delta wordt gekeken, zie Figuur 8.8.1 (volgende bladzijde).

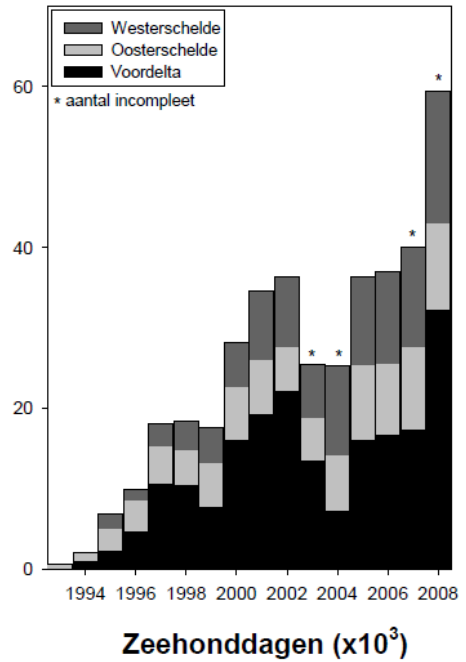
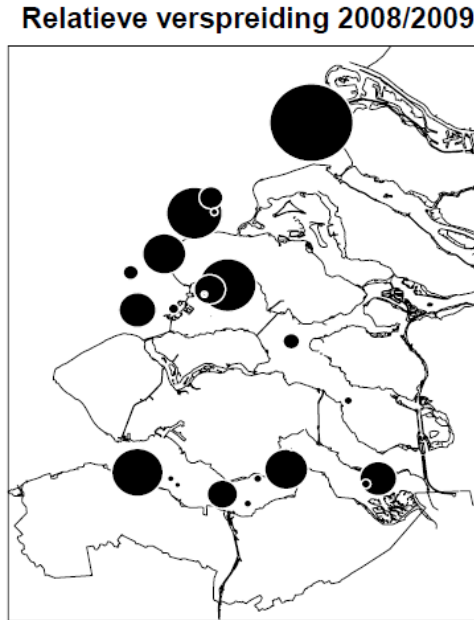
Van alle zeehonddagen van de Gewone zeehond in de Delta wordt in de laatste drie seizoenen ongeveer 45% in de Voordelta doorgebracht.

Ook voor de Grijszee zeehond is voor wat betreft de aantallen de Voordelta het belangrijkste gebied in de zoute Delta. Het aantal Grijszee zeehonden in de Voordelta varieerde in het seizoen 2006/2007 tussen 76 (november 2006) en 202 (juli 2006) exemplaren, in het seizoen 2007/2008 tussen 95 (mei 2008) en 167 (augustus 2007) en in het seizoen 2008/2009 tussen 45 (januari 2009) en 369 (april 2009) exemplaren. Verreweg de meeste Grijszee zeehonden worden geteld op de Bollen van de Ooster, een lange zandplaat in het mondingsgebied voor het Grevelingenmeer. In het voorjaar van 2010 wist een jonge Grijszee zeehond de drinkput bij de vangkraal op de Slikken van Flakkee-Zuid te bereiken (de Kraker, 2010b).

De belangrijkheid van de Voordelta blijkt ook wanneer naar het aantal zeehonddagen voor de drie deelgebieden in de Delta wordt gekeken, zie Figuur 8.8.2 (volgende bladzijde).

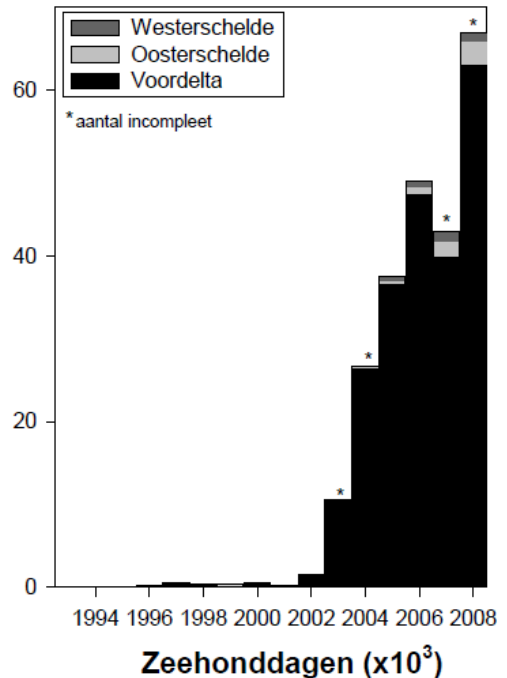
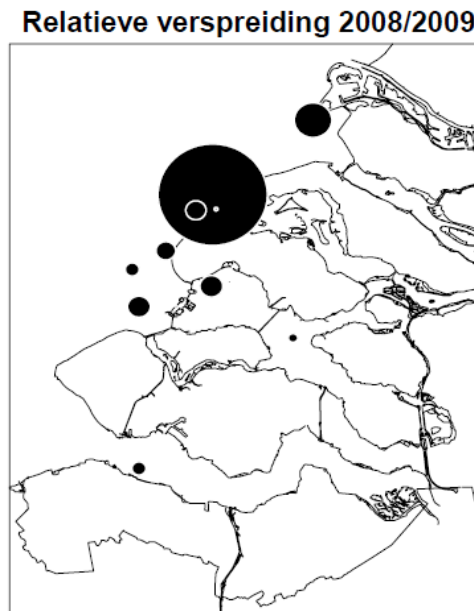
Figuur 8.8.1

Relatieve verspreiding op basis van zeehondsdagen in het seizoen 2008/2009 (links) en het aantal zeehondsdagen (rechts) sinds het seizoen 1987/1988 van de Gewone zeehond in de Delta. Bron: Strucker et al. (2010). Het aantal zeehondsdagen wordt op de volgende manier berekend: het aantal exemplaren van de maandtelling wordt vermenigvuldigd met het aantal dagen van die maand en vervolgens worden de resultaten van de maanduitkomsten uit het betreffende seizoen bij elkaar opgeteld.



Figuur 8.8.2

Relatieve verspreiding op basis van zeehondsdagen in het seizoen 2008/2009 (links) en het aantal zeehondsdagen (rechts) sinds het seizoen 1987/1988 van de Grijze zeehond in de Delta. Bron: Strucker et al. (2010). Zie bijschrift Figuur 8.8.1 voor de manier waarop het aantal zeehondsdagen wordt berekend.



Van alle zeehondsdagen van de Grijze zeehond in de Delta wordt in de laatste drie seizoenen ongeveer 95% in de Voordelta doorgebracht. Op de Bollen van de Ooster werd in het seizoen 2006/2007 75%, in het seizoen 2007/2008 78% en in het seizoen 2008/2009 79% van het aantal zeehondsdagen in de Voordelta doorgebracht.

De spectaculaire opmars vanaf 2002 van de Grijze zeehond lijkt zich te stabiliseren met daarbij de opmerking (Strucker et al., 2009) dat in februari en maart 2008 geen tellingen zijn uitgevoerd.

Blijkbaar gaat het erg goed met de zeehonden in het Grevelingenmeer (en in de Voordelta). Wel vormen op dit moment de vele fuiken, vooral bij de spuisluis, een potentieel risico van verdrinking voor de zeehonden. Een keerwant voor de ingang van grote fuiken zal dit risico verkleinen.

8.8.2 *Bruinvis*

Voor de afsluiting in 1971 is ook de Bruinvis een oorspronkelijke bewoner van het gebied geweest, waar echter weinig meldingen van bekend zijn.

In 2007 zijn er meerdere meldingen van een bruinvis in het Grevelingenmeer, ook in 2008 en 2009 zijn er meldingen van een bruinvis (o.a. de Kraker, 2009, 2010b). Wellicht gaat het om hetzelfde dier. In ieder geval wordt in elke melding beschreven dat een bruinvis gedurende langere tijd en over een grote afstand met motorjachten of zeilboten meezwemt.

8.8.3 *Tuimelaar*

In 2007 is er een (waarschijnlijke) waarneming van 4 tuimelaars, 3 adulten en 1 jong, in het Grevelingenmeer (website Kees Camphuysen).

8.8.4 *Noordse woelmuis*

De Nederlandse populatie van de Noordse woelmuis is een aparte ondersoort *Microtus oeconomus arenicola* (van Wijngaarden & Zimmermann, 1965) en wordt beschouwd als een ijstijd relict populatie. De soort is typerend voor vochtige tot uitgesproken natte vegetaties in laagveen- en kleigebieden. Een hoge dynamiek in de vorm van wisselende waterstanden met 's winters regelmatig water in het maaiveld is gunstig voor de Noordse woelmuis. Hierdoor is de verspreiding van deze muis beperkt tot vochtige en natte rietstroken langs kreken of kreekrestanten, inlagen, buitendijkse gebieden, boezemlanden, eilandjes en drassige weilanden (Bekker & Mostert, 2001). In meer drogere gebieden met weinig dynamiek en/of intensieve begrazing wordt de Noordse woelmuis weggeconcurrereerd door de Veldmuis en Aardmuis. Het noordelijke Deltagebied vormt één van de voornaamste bolwerken van de Noordse woelmuis in Nederland.

In 1994 is de soort opgenomen in het Besluit beschermde inheemse diersoorten van de Natuurbeschermingswet. Deze bescherming vindt nu zijn grondslag in de Flora- en Faunawet die op 1 april 2002 in werking is getreden. In Europees verband wordt de Noordse woelmuis vermeld in de Habitatrichtlijn in de bijlagen II en IV als prioritaire soort.

De verspreiding van de Noordse woelmuis in het Deltagebied in de jaren tussen 1940 en 1960, tussen 1960 en 1969, tussen 1970 en 1979 en tussen 1980 en 1989 wordt besproken in Van der Reest et al. (1998). In het hiernavolgende wordt alleen ingegaan op de verspreiding in en rond het Grevelingenmeer.

Tussen 1940 en 1969 komt de Noordse woelmuis voor op de eilanden Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee en ook op locaties langs de rand van het Grevelingenmeer. In de jaren zeventig treden grote veranderingen op in het verspreidingspatroon van de Noordse woelmuis, vooral wat betreft de verspreiding op de Slikken van Flakkee en de kolonisatie van de eilanden in het Grevelingenmeer (zie Figuur 8.8.3 voor de namen van slikken en eilanden die hierna genoemd worden). Dit hangt samen met de aanleg van de Brouwersdam waardoor de Grevelingen in 1971 werd afgesloten van de Noordzee.

Voor de afsluiting van de Grevelingen kwam voor wat betreft kleine zoogdieren op de schorren langs de Slikken van Flakkee waarschijnlijk alleen de Noordse woelmuis voor (van Wijngaarden, 1967). De Kogel (1983) beschrijft voor de periode 1972 t/m 1980 de resultaten van een verspreidingsonderzoek op de Slikken van Flakkee waarbij gebruik gemaakt werd van braakballen (van Torenvalk en Velduil). In de periode 1972 t/m 1974 werden voornamelijk Noordse woelmuizen aangetroffen en slechts weinig Veldmuizen. In 1980 was het percentage Noordse woelmuis sterk gedaald en het percentage Veldmuizen gestegen. In 1980 wordt de Noordse woelmuis alleen nog gevangen op het onbeweide schor en in de onbeweide vochtige rietvegetaties op het slik. In andere vegetatietypen werd de Noordse woelmuis verdreven door de Veldmuis. Ten aanzien van het beheer vermeldde van Wijngaarden (1969) al dat de Noordse woelmuis, in situaties waarin zij concurrentie van de Veldmuis ondervinden, zich alleen kan handhaven in zeer vochtige, niet-beweide biotopen. De voor de toekomst meest geschikte biotoop voor de Noordse woelmuis op de Slikken van Flakkee wordt dan ook waarschijnlijk gevormd door de vochtige rietvegetaties op het slik. Instellen van een begrazingsbeheer zal de Noordse woelmuis hier vrijwel zeker doen verdwijnen.

In de jaren tussen 1970 en 1989 werd de Noordse woelmuis in ieder geval in 1973 en 1980 aangetroffen op de eilanden Stampersplaat, Dwars in den weg en Veermansplaat en in 1983 ook op de Hompelvoet. Slim (1985) geeft over deze periode zeer gedetailleerde informatie.

Op vrijwel alle eilanden in het Grevelingenmeer is de Noordse woelmuis in het verleden vastgesteld: Veermansplaat (1973), Stampersplaat (1974), Dwars in den weg (1974), Hompelvoet (1983) en Markenje (1988) (de Kraker, 2008).

In de jaren negentig werd de Noordse woelmuis aangetroffen op Schouwen-Duiveland, zowel in inlagen als verder in de polder, en op Goeree-Overflakkee, vooral langs de zeedijken. Begin jaren negentig werd de Noordse woelmuis ook aangetroffen op het eiland Markenje (de Kraker, 1993).

Van der Reest et al. (1998) inventariseerden in het najaar van 1997 de eilanden van het Veerse Meer, het Grevelingenmeer en het Krammer-Volkerak op het voorkomen van de Noordse woelmuis (en andere muizensoorten). In het Grevelingenmeer zijn 17 locaties op 7 eilanden (Stampersplaat: 4, Dwars in den weg: 4, Hompelvoet: 2, Archipel: 1, Ossehoek: 2, Markenje: 2 en Mosselbank: 2) met inloopvallen geïnterviewd. Op alle genoemde, geïnterviewde eilanden, behalve Mosselbank, werd de Noordse woelmuis waargenomen. De Veermansplaat en Kleine Veermansplaat werden niet geïnterviewd. Bij onderzoek in 2006 kon echter geen Noordse woelmuis meer op de Veermansplaat worden vastgesteld (de Kraker, 2008). Bij het genoemde onderzoek van van der Reest et al. (1998) werd het voorkomen van de Noordse woelmuis ook gerelateerd aan een aantal omgevingsfactoren.

Daaruit bleek een positieve relatie met de afstand tot het vasteland en de aanwezigheid van rietland en ruigte-vegetatie, en van een negatieve relatie met de beheersmaatregelen maaien en begrazen, met de aanwezigheid van recreatie en met bosontwikkeling. Verder wordt geconcludeerd dat de eilanden een belangrijk brongebied vormen voor de Noordse woelmuis in Nederland.

Alle onderzoek in de Grevelingen aan de Noordse woelmuis is sinds 1997 door Kees de Kraker verricht.

In 2007 werden twee landgebieden onderzocht: de Slikken van Bommenede en de Slikken van Flakkee (de Kraker, 2008). Op de Slikken van Bommenede komt de Noordse woelmuis wel voor, maar een grote populatie is zeker niet aanwezig, waarschijnlijk als gevolg van de (lage) begrazingsdruk door runderen. Bij voorgaand onderzoek in 2001 en 1997 werden op de Slikken van Bommenede helemaal geen Noordse woelmuizen gevangen. Dat was wel het geval in 1994 (Bergers et al., 1998). Uit het onderzoek op de Slikken van Flakkee in 2007 werd op de onbegraasde Slikken van Flakkee-Noord een grote populatie Noordse woelmuizen vastgesteld en plaatselijk was dat het geval op de Slikken van Flakkee-Midden.

In 2008 werden een aantal kleine eilandjes (Dwars in den Weg, Markenje, Archipel, Ossehoek en Mosselbank) na een periode van 10 jaar opnieuw met inloopvallen onderzocht en tevens enkele landgebieden om te weten hoe het de Noordse woelmuis hier vergaat. Resultaten:

Archipel:

Evenals in 1997 werd de Noordse woelmuis ook in 2008 opmerkelijk veel aangetroffen.

Ossehoek:

Evenals in 1997 werd de Noordse woelmuis ook in 2008 gevangen, echter maar slechts 1 exemplaar, dus een echte populatie is op Ossehoek niet meer aanwezig.

Mosselbank:

In 1997 en 2008 geen vangsten van Noordse woelmuis.

Dwars in den Weg:

In 1997 1 en 2008 3 exemplaren gevangen. Vanwege weinig geschikt leefgebied nauwelijks sprake van een populatie.

Markenje (sinds 1988/89):

Evenals in 1997 werd ook in 2008 Noordse woelmuis gevangen. De populatie wordt geschat op 200 tot 400 dieren.

Haven + schor Bommenede:

Was nooit eerder onderzocht. Uit vangsten werd de populatie geschat op 30 tot 50 exemplaren.

Oostelijke havendam Battenoord en aangrenzend terrein:

Was nooit eerder onderzocht. Enkele exemplaren gevangen.

Het op veel plaatsen gevoerde beheer (begrazen, maaien) dat vooral gericht is op vogels, vegetatie en landschap, is doorgaans ongunstig voor Noordse woelmuis.

In het Grevelingenverslag over 2008 is de huidige kennis over het voorkomen van de Noordse woelmuis in het Grevelingenmeer in één figuur en in één tabel samengevat (de Kraker, 2009). Deze figuur en tabel zijn integraal overgenomen in dit rapport als Figuur 8.8.3 en Tabel 8.8.1.

Figuur 8.8.3

Indicatie voorkomen Noordse woelmuis Grevelingenbekken. Bron: de Kraker (2009).



Tabel 8.8.1

Situatie Noordse woelmuis per gebied. Bron: de Kraker (2009).

Gebied	type	beheer	oppervl	ha geschikt voor Nwm	inventarisatiejaar	Nwm	toelichting
Kabbelaarsbank	bebouwing bos, grasvelden	maaïen / spontane ontwikkeling	95	1	2006	X	Nwm alleen op laaggelegen eilandje oostzijde + aangrenzende oever
Ossehoek	recre-eiland struweel, grasvelden	maaïen paden + grasvelden	7	1	2008	X	een klein deel is geschikt, maar slechts 1m aangetroffen (zwerfer)
De Kil	laaggelegen riet (zoetwateruitslag), grassen en kruiden	niets doen lokaal struweel opslag verwijderen	19	14	2005	X	Blijft bij het huidig peilbeheer prima in stand; 10-tallen jaren een flinke populatie
De Val	ruige grassen / struweel	niets doen	3	1	2001 2007	X	verbinding binnendijkse locaties (vangst VZZ)
Hompelvoet	slik, schraal grasland / struweel	begrazing maaïen	320	10	2000	X	de soort komt slechts marginaal voor in struweelranden
Archipel	duinrug met struweel	paden +strandje maaïen	3	1	2008	X	het lage duindoornstruweel+Helm herbergt al vele jaren een florerende populatie
Markenje	laaggelegen met zilt – zoet grasland	1x/jaar maaïen zonder afvoeren	22	15	2008	X	maatregelen in het verleden niet altijd gunstig (branden); nog steeds een forse populatie
Slikken van Flakkee-Noord	bosreservaat (310 ha) successie grasland - bos	niets doen	400	175	2007	X	in een brede oeverzone met ruige grassen en op het oude schor (grassen en Adelaarsvaren) een zeer grote populatie

Gebied (vervolg)	type	beheer	oppervl	ha geschikt voor Nwm	inventarisatiejaar	Nwm	toelichting
Slikken van Flakkee-Midden	successie grasland – bos erg gevarieerd veel slik	begrazing	320	20	2007	X	deels tot 2003 vergelijkbaar met Noord; na instelling begrazing is de geschiktheid van het gebied sterk afgenomen
Stellegors	klei ruig grasland	niets doen /soms gemaaid	12	12	2007	X	in 2007 zat dit grasland vol Nwm
Slikken van Flakkee-Zuid	grasland (voorm. schor + slikken)	begrazing maaien	830	15	2007	X	alleen Nwm op plaatsen waar vee niet komt (buiten raster, voorm. crossbaan, pl. struweelranden)
Herkingen	rommelterreintje /struweel	niets doen	2	?	-	?	mogelijke locatie voor havenuitbreiding
Battenoord	schapenwei / schelpenbank /groenstrand	deels begrazing en niets doen	10	4	2008	X	de ruige grasland vegetatie is prima voor Nwm
Grevelingendam	recreatiegebied bos/grasvelden	grasvelden maaien	90	1	2007	?	grotendeels ongeschikt voor Nwm damtalud NO-oever lijkt kansrijk (binnenkant dijk NO-hoek, vangst VZZ)
Mosselbank	recreatie-eilanden struweel/grasv.	grasvelden maaien	4	<0,5	2008	-	grotendeels ongeschikt voor Nwm
Bruinisse-Dijkwater	begraasde dijk pl. kleine aanwas	aanleg jachthaven	3	0	2007	X	vangst VZZ 2007 waar in 2008 een jachthaven wordt aangelegd
Slik Dijkwater	laaggelegen slik te laag?	niets doen	14	2?	2006	-	hoewel het gebied geschikt leek in 2006 geen Nwm kunnen vaststellen
Dijkwater-Bommenede	begraasde dijk	begrazing	1	0	-		plaatselijk geschikt als verbindingzone
Veermansplaten	slik, laaggelegen zilt-zoet schraal grasland /struweel	begrazing maaien	350	20	2006	-	kon in 2006 niet meer worden vastgesteld
Slikken van Bommenede	slik, laaggelegen zilt-zoet grasland /struweel	begrazing plaats. maaien	90	5	2007	X	vanwege beperkte graasdruk kan de soort zich plaatselijk in zeer lage dichtheid handhaven, toekomst onzeker
Bommenede haven+schor	ruig grasland struweel	niets doen	10	2	2008	X	vanwege toename en veroudering struweel geleidelijk minder geschikt (incl. struweel Vogelnlol)
Bommenede-Brouwershaven	onderkant ruig grasland struweel	hooien onderkant dijk Grev spontaan	7	1	2002	X	voor verplaatsing geschikt terrein, als leefgebied doorgaans te smal
Stampersplaten	nat schraal grasland /bos	begrazing maaien	100	3	1997	X	Kleine Stamper (niet begraasd) aanvankelijk flinke populatie; na herinrichting 2006 sterk afgenomen
Dwars in de Weg	schraal grasland /struweel	begrazing maaien	65	0,5	2008	X	vanwege zeer beperkt geschikt oppervlak, geen echte populatie aanwezig
Brouwershaven-Scharendijke	onderkant ruig grasland struweel + overhoekjes	onderkant dijk Grev spontaan	4	2	-	X	2 vangsten VZZ in 2007 van belang als verbindingzone en kleine populaties
Brouwersdam	dijk met steenbekleding + oeverlandjes	maaien pl. niets doen	10	1?	-	?	weinig onderzocht

In het in 2009 uitgevoerde onderzoek stond, naast inventarisatie van de eilanden Markenje en Hompelvoet, de vraag of de beide dammen belangrijke migratieroutes voor de Noordse woelmuis centraal (de Kraker, 2010b).

Markenje (sinds 1988/89):

In 1997, 2002 en 2008 werd Markenje onderzocht met inloopvallen. Ondanks het ogenschijnlijk minder optimale beheer (maaïen in september en in het verleden branden) weet de Noordse woelmuis zich hier prima te handhaven. Het laten liggen van maaisel zoals de laatste jaren het geval is, werkt ook in het voordeel van de Noordse woelmuis omdat ze onder het maaisel hun dekking behouden. In 2009 waren op veel plaatsen looppaadjes in de vegetatie zichtbaar, zodat verondersteld mag worden dat het hier goed gaat met de Noordse woelmuis.

Hompelvoet (sinds 1982/83):

Op de Hompelvoet blijft de stand onveranderd laag. Het biotoop is grotendeels ongeschikt geworden door een duidelijke tweedeling van de vegetatie. Een deel wordt begraasd/gemaaid → kort gegraasd en veel betreden en een deel wordt niet begraasd → hoog struweel/bos. Beide vormen geen geschikt woelmuizenbiotoop. Behalve de achteruitgang van de biotoopkwaliteit voor de Noordse woelmuis, is er ook de predatiedruk door Hermelijnen. In 2009 werden het hele seizoen geen sporen van graaf- of andere activiteiten waargenomen, terwijl dat in andere jaren wel het geval was. Het zou dus goed kunnen zijn dat de Noordse woelmuis op de Hompelvoet is uitgestorven. Onderzoek met inloopvallen zal uitsluitend moeten geven over hoe het er met de Noordse woelmuis voorstaat op de Hompelvoet.

Veermansplaat:

Bij onderzoek op de Veermansplaat werden in 2006 geen Noordse woelmuizen meer aangetroffen, waaruit destijds is geconcludeerd dat de soort daar niet meer voorkwam.

Onderzoek Noordse woelmuis op de dammen:

In de afgelopen jaren zijn veel gebieden in de Grevelingen onderzocht. De vergaarde informatie is in het Grevelingenverslag van vorig jaar samengevat in een kaart met toelichting (de Kraker, 2009; zie ook Figuur 20 in de Kraker, 2010b). Een belangrijk hiaat werd nog gevormd door de beide dammen. In hoeverre functioneren de dammen (Brouwersdam en Grevelingendam) als verbindingroute tussen populaties op Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee en vormen ze zelf ook een geschikt leefgebied? Op beide dammen zijn in inloopvallen Noordse woelmuizen aangetroffen, al is meteen ook duidelijk geworden dat deze dammen momenteel geen ideale verbinding vormen.

Op de Brouwersdam werden in de periode 14-17 september 2009 op negen locaties inloopvallen gezet. Slechts op één locatie, noordelijk deel van de Brouwersdam, iets ten zuiden van de havens, werd drie keer een Noordse woelmuis aangetroffen. De Grevelingendam werd in de periode 20-23 oktober 2010 op 13 locaties met inloopvallen bemonsterd. Op drie locaties, alle drie op het Zuid-Hollandse deel van de Grevelingendam, werd achttien keer een Noordse woelmuis aangetroffen.

De Brouwersdam en de Grevelingendam vormen dus geen ideale verbindingroute voor de Noordse woelmuis (de Kraker, 2010b). Verder is uit onderzoek gebleken dat de Noordse woelmuis zich op een aantal eilanden in het Grevelingenmeer goed weet te handhaven, maar op sommige eilanden marginaal voorkomt of zelfs op het punt staat te verdwijnen (de Kraker, 2009). De Aardmuis heeft zich nog niet op Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee gevestigd, maar wanneer deze soort zich daar weet te vestigen ziet de toekomst er voor de Noordse woelmuis in het Deltagebied een stuk somberder uit (de Kraker, 2010b).

9 Toetsing aan het beleid

9.1 KRW-toetsing

Binnen de KaderRichtlijn Water (KRW) vindt toetsing plaats van de chemische waterkwaliteit, van de fysisch-chemische kwaliteit en van de ecologische kwaliteit.

Binnen de KRW is in 2001 op het gebied van het waterbeleid een lijst met prioritaire stoffen vastgesteld, waarin de volgende drie categorieën worden onderscheiden: prioritaire stoffen, prioritaire stoffen onder evaluatie en prioritaire gevaarlijke stoffen. Bij prioritaire stoffen is de doelstelling om kwaliteitsnormen te formuleren en te zorgen voor een stapsgewijze vermindering. Bij prioritaire stoffen onder evaluatie is het de bedoeling om deze binnen 12 maanden te rangschikken in prioritaire stoffen of prioritaire gevaarlijke stoffen en dit wordt gedaan door de Europese Commissie. Bij prioritaire gevaarlijke stoffen wordt er verwacht dat deze binnen 20 jaar niet meer worden geloosd, hetzij door stopzetting of geleidelijke beëindiging van lozingen.

De lijst van prioritaire stoffen telde 33 stoffen en stofgroepen en 8 overige stoffen en stofgroepen. Ter uitvoering van de KRW is een (nieuwe) Richtlijn milieukwaliteitsnormen – ook wel Richtlijn prioritaire stoffen (RPS) – verschenen (Europese Unie, 2008). De RPS richt zich op geleidelijke vermindering van prioritaire stoffen en voor prioritaire gevaarlijke stoffen op stopzetting of geleidelijke beëindiging van lozingen, emissies en verliezen in het oppervlaktewater.

In de periode augustus 2005 t/m juli 2006 is voor een aantal “voorbeeld” waterlichamen in het Scheldestroomgebied het proces doorlopen van het toetsen van stoffen, het vaststellen van probleemstoffen, het zoeken naar bronnen, het vaststellen van doelgroepen en het opstellen van maatregelen (Wergroep Waterkwaliteit KRW Schelde, 2008). In de periode augustus 2006 t/m november 2007 is binnen het zelfde project dit proces voor alle 56 waterlichamen in het Scheldestroomgebied doorlopen tot en met de fase van een uitgebreide bronnenanalyse. Alle gemeten stoffen gemeten in de periode 2000 t/m 2006 in de Rijkswateren en de Regionale wateren werden verzameld ter verdere bewerking. Uiteindelijk werden de gemeten stoffen getoetst aan de voor deze stoffen bestaande normen voor water. Werd bij toetsing de norm voor een stof overschreden dan werd die stof voor de Rijkswateren als een probleemstof beschouwd wanneer de norm in 2006 werd overschreden en voor de regionale wateren wanneer de norm voor 2005 en/of 2006 werd overschreden. Deze stoffen en de stoffen waarvan de norm onder de detectiegrens ligt zijn in het Overzicht Probleemstoffen (bladzijde 14 en 15 in Wergroep Waterkwaliteit KRW Schelde, 2008) opgenomen.

Door Rijkswaterstaat wordt een Beheersplan voor de Rijkswateren 2009 – 2015 voorbereid. Het Beheersplan speelt een belangrijke rol bij de implementatie van de KaderRichtlijn Water (KRW). Het Beheersplan voor de Rijkswateren ontleent zijn informatie aan de zogenoemde brondocumenten. Een brondocument bevat op het niveau van het oppervlaktewaterlichaam de relevante KRW-gegevens, waaronder de uitkomsten van de toetsingen aan de (deel)maatlatten voor de afzonderlijke chemische en ecologische kwaliteitselementen.

Het eerste voor het Grevelingenmeer uitgekomen brondocument stamt uit 2008 (Brondocument, 2008), waarin gegevens van het meetpunt Dreischor voor het jaar 2007 zijn uitgewerkt. Het meetpunt Dreischor is binnen de KRW aangeduid als een T&T (toestand en trend) meetpunt bij de KRW-rapportage naar Brussel. In het najaar van 2009 is het brondocument over het jaar 2008 verschenen (Brondocument, 2009). In het allereerste Brondocument (2008) worden voor het Grevelingenmeer voor het jaar 2007 de uitkomsten van de toetsing aan de KRW met betrekking tot chemische stoffen (en andere zaken) besproken. In het Brondocument (2009) wordt dat gedaan voor het jaar 2008 met inachtneming van Europese Unie (2008).

De Brondocumenten hebben elk jaar dezelfde opbouw voor wat betreft de indeling van de hoofdstukken. De belangrijkste hoofdstukken zijn:

- Huidige situatie. "Het doel van de beschrijving van de huidige situatie is het toezien op de ontwikkelingen ten aanzien van de watertoestand en het bieden van een deugdelijke basis voor het afleiden van de doelen en de daarvoor noodzakelijke maatregelen. In dit hoofdstuk wordt de huidige situatie afgezet tegen de referenties en kwaliteitselementen voor natuurlijke wateren (GET)."
- Maatregelen. "Dit hoofdstuk beschrijft de maatregelen voor de KRW en Natura 2000, die Rijkswaterstaat in het waterlichaam uitvoert tussen 2010 en 2015 ter realisatie van de doelstellingen."
- Doelstellingen. "In dit hoofdstuk worden op basis van de in de Handreiking MEP/GEP aangereikte methode de doelen voor het waterlichaam geformuleerd. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in biologische of ecologische kwaliteitselementen, algemeen fysisch-chemische elementen en prioritair en overige (stroomgebied) relevante stoffen."
- Monitoring. "In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van het KRW-monitoringprogramma oppervlaktewater."

Alleen de toetsresultaten uit het hoofdstuk Huidige situatie uit dit Brondocument (2009) worden integraal overgenomen in dit hoofdstuk.

De chemische waterkwaliteit is in Brondocument (2009) onderzocht voor de volgende drie groepen/parameters: Prioritaire stoffen, Overige relevante stoffen en Fysisch-chemische parameters). De uitkomsten voor de groepen Prioritaire stoffen zijn gebruikt voor de toetsing van de chemische toestand, de Overige relevante stoffen en de Fysisch-chemische parameters zijn de Biologie ondersteunende parameters. Gegevens van de MWTL-biomonitoring voor de ecologische kwaliteitselementen ten slotte zijn gebruikt voor de KRW-toetsing van de ecologische toestand.

Chemische waterkwaliteit

Op het meetpunt Dreischor vindt geen normoverschrijding plaats door prioritair stoffen. Van de overige relevante stoffen voldoet tetrabutyltin niet aan de norm.

De prioritair stoffen 4-tertiair-octylfenol, som benzo(g,h,i)peryleen en indeno(1,2,3-c,d)pyreen, vlamvertragers (PBDE's) en tributyltin (TBT) zijn aangemerkt als aandachtstof (zie Tabel 9.1) vanwege analytisch chemische beperkingen (een onvoldoende lage rapportagegrens). Datzelfde geldt voor de stoffen dibutyltin en trifenyltin uit de categorie overige relevante stoffen.

Van TBT is bekend dat het een probleem is voor de ecologie van het water. Voor TBT is daarom een uitzondering gemaakt en is gebruik gemaakt van aanvullende




gegevens in zwevend stof om de stof te kunnen toetsen. Voor het Grevelingenmeer zijn echter geen gegevens van TBT in zwevend stof voorhanden. De C₁₀-C₁₃-chlooralkanen zijn voor het eerst in 2008 betrouwbaar gemeten en voldoen aan de norm.

Tabel 9.1

Stoffen die de norm overschrijden met de overschrijdingsfactor van Prioritaire stoffen en Overige relevante stoffen in het waterlichaam Grevelingenmeer, 2006-2008. Uit Brondocument (2009).

Stofgroep	Dreischor (TT en OM)				
	JG	MAC		P90	
	zonder	zonder	met	zonder	met
Prioritaire stoffen					
4-tertiair-octylfenol					
som PAK BghiP en IndP [@]					
tributyltin					
Overige relevante stoffen					
dibutyltin					
tetrabutyltin					
trifenylnin					

@som benzo(g,h,i)peryleen en indeno(1,2,3-c,d)pyreen

Legenda en KRW-oordeel	KRW-oordeel
o.g. = onvoldoende gegevens voor toetsing	 Voldoet
JG = Jaargemiddelde	 toetsing niet mogelijk: rapportagegrens > norm
MAC = Maximum Aanvaardbare Concentratie	 voldoet niet
P90 = toetsing aan 90-percentiel van de meetwaarden	

Fysisch-chemische kwaliteit

Het resultaat van de toetsing van de fysisch-chemische parameters staat weergegeven in Tabel 9.2. Alle fysisch-chemische parameters voldoen aan het GEP.

Tabel 9.2

Overzicht huidige situatie (Witteveen & Bos, 2009) en referentiewaarden Grevelingenmeer (M32 wateren; van der Molen & Pot, 2006) van de algemeen fysisch-chemische kwaliteitselementen. Uit Bronndocument (2009).

Fysisch-chemisch kwaliteitselement	GET (M32)	GEP (M32)	matig	ontoeirekend	slecht	Huidige situatie (2006 t/m 2008) Dreischor
Temperatuur (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 27,5	≤ 30	>30	20,8
Zuurstof (%)	60-120	60-120	50-60/120-130	40-50/130-140	<40/>140	90,5
Chloride (mg/l)	≥ 10000	≥ 10000	9000-10000	8000-9000	<8000	n.u.
pH	6,5-9	6,5-9	9,0-9,5/<6,5	9,5-10	>10	8,08
Doorzicht (m)	≥0,9	≥0,9	≥0,6 - 0,9	≥0,45 - 0,6	<0,45	2,14
Winter DIP (mg/l)	n.v.t					n.v.t
Winter DIN (mg/l)	≤0,46 ¹	≤0,46 ¹	>0,46 - 0,77	>0,77 - 0,92	>0,92	0,33

¹De waarde van 0,46 mg N/l of 33 µM N geldt bij een saliniteit van 30 en hoger; bij een lagere saliniteit is de DINnorm (in mg/l) = 2.59 - 0.071 * saliniteit en de DINnorm (in µM) = 184.7 - 5.057 * saliniteit. Vanwege afwezigheid gegevens over saliniteit is de norm 0,46 mg N/l.

KRW-oordeel:



n.u.

voldoet aan GET/GEP

voldoet niet aan GET/GEP; kwaliteitsoordeel matig

voldoet niet aan GET/GEP; kwaliteitsoordeel ontoereikend

voldoet niet aan GET/GEP; kwaliteitsoordeel slecht

Vanwege ontbrekende gegevens of methodiek niet uitvoerbaar

Ecologische kwaliteit

Ten aanzien van de ecologische kwaliteit van het Grevelingenmeer zijn de volgende kwaliteitselementen van belang: fytoplankton, macrofyten (macroalgen en angiospermen), macrofauna en vissen.

De huidige situatie per kwaliteitselement wordt weergegeven in Tabel 9.3. Kerkum & Ohm (2009) hebben de huidige toestand van het waterlichaam Grevelingenmeer beoordeeld op basis van de beschikbare gegevens en de definitieve maatlat (van der Molen & Pot, 2006). Er is getoetst op de referentiemaatlat M32 (grote, brakke tot zoute wateren).

Vanwege menselijke hydromorfologische ingrepen behoort het waterlichaam Grevelingenmeer tot een sterk veranderd waterlichaam en zullen de ecologische kwaliteitselementen de GET (Goede Ecologische Toestand) niet bereiken. Voor de beoordeling van de kwaliteitselementen is daarom een GEP (Goed Ecologisch Potentieel) afgeleid, dat rekening houdt met deze ingrepen. Het GEP voor sterk veranderde wateren is voor elk kwaliteitselement maximaal 0.6.

In de huidige situatie voldoen nog niet alle kwaliteitskenmerken aan het GEP. Het kwaliteitselement fytoplankton voldoet ruim aan het GEP, de kwaliteitselementen macrofauna en vis voldoen bijna. De overige waterflora is van slechte kwaliteit door het sterk verminderde areaal zeegras.

Tabel 9.3

Samenvatting huidige ecologische situatie Grevelingenmeer per kwaliteitselement (EKR) ten opzichte van de natuurlijke referentie M32 (Kerkum & Ohm, 1990). Geaggregeerd over 2006-2008. Uit Brondocument (2009).

Kwaliteitselement	GEP	Huidige situatie (2006-2008) EKR
Fytoplankton	0,6	0,92
Macroalgen en angiospermen	0,6	0,01
Macrofauna	0,6	0,59
Vis	0,6	0,55

Knelpunten per kwaliteitselement

In het Brondocument (2009) wordt ook een tabel gegeven met daarin de belangrijkste knelpunten per kwaliteitselement (Tabel 9.4).

Tabel 9.4

Belangrijkste knelpunten per kwaliteitselement. Uit Brondocument (2009).

Kwaliteitselement	Knelpunten ecologisch functioneren	Opmerking
Ecologie		
Fytoplankton	Geen knelpunt	
Macroalgen en angiospermen	Zoet-zout gradiënt is niet aanwezig	Ongeschikt voor zeegras
	Bloei van zeesla bij bepaalde weersomstandigheden	Verbeteren wateruitwisseling nodig
Macrofauna	Geen knelpunt	
Vis	Harde zoet-zout overgang Grevelingenmeer - polders	Weinig tot geen diadrome vissoorten
	Barrières naar buiten voor opgegroeide vis	Zoetwatersoorten ontbreken door hoge zoutgehaltenes
Biologie ondersteunende parameters		
Overige relevante stoffen	Geen aantoonbare overschrijdingen	Plus een aantal aandachtstoffen waar niet met zekerheid kan worden vastgesteld of er overschrijding van normen speelt
Fysisch-chemische elementen	Nutriëntenbelasting voldoet	
Chemische toestand		
Prioritaire stoffen	Geen aantoonbare overschrijdingen	Plus een aantal aandachtstoffen waar niet met zekerheid kan worden vastgesteld of er overschrijding van normen speelt

Opvallend is dat bij de KRW-toetsing voor macrofauna geen knelpunten onderkend worden (Tabel 9.4) en dat macrofauna in de ecologische situatie (Tabel 9.3) bijna (0.59) voldoet aan de GEP-waarde (0.6). Dit is in schril contrast met de waarneming dat er al vanaf 1990 een dalende trend in biomassa bestaat (Hoofdstuk 8.5) en er na 1999 ook veel "lege" monsters voorkomen in het diepte stratum 2 tot 6 m (8.4.4 *Bodemdieren en KRW*).

Verder valt op dat het zuurstof (%) in de huidige situatie (90.5) voldoet aan het GET/GEP (60-120) (Tabel 9.2) en dit heeft dus betrekking op oppervlaktewater. Uit Hoofdstuk 7 Stratificatie en zuurstofdeficiëntie, blijkt echter dat bij de bodem de situatie ten aanzien van zuurstof na 1998 aanzienlijk is verslechterd.

9.2 Natura 2000

Het doel van Natura 2000 is de sterke achteruitgang van de onder druk staande natuur in Europa en Nederland te stoppen en de meest unieke aspecten ervan behouden en zonodig herstellen. In Natura 2000 worden als het ware de Habitatrictlijn (soorten + habitats) en de Vogelrichtlijn (vogels) samengevoegd. Binnen het Deltagebied liggen negen gebieden, waaronder het Grevelingenmeer, die vallen onder het Europese Natura 2000 netwerk.

Voor ieder Natura 2000 gebied wordt een beheerplan opgemaakt. Voor de negen Deltawateren trekt Rijkswaterstaat, als beheerder van de grootste oppervlakken, dit proces. Het beheerplan zal eerst voor een periode van zes jaar worden opgesteld waarna zal worden geëvalueerd in welke mate de gestelde doelen zijn gerealiseerd en of ze wellicht moeten worden bijgesteld.

In het Doelendocument Natura 2000 Deltagebied wordt een uitwerking in ruimte, tijd en omvang van alle aangewezen natuurdoelen per gebied gegeven. Het beschrijft waar habitattypen en soorten voorkomen, wanneer ze er voorkomen en in welke mate. Op basis van deze uitwerking wordt voorspeld of een voortzetting van het huidige beheer voldoende zal zijn om aan de opgaven te voldoen, of dat er extra maatregelen nodig zullen zijn. Het gaat hierbij dan vooral om inrichtings- en beheersmaatregelen. Van het Doelendocument is ook een Samenvatting Doelendocument Natura 2000 gebieden in de Delta gemaakt (DPM, 2009).

Ook autonome processen die mogelijk van invloed zijn op het behalen van de doelen worden meegenomen. De uitwerking van Natura 2000 doelen wordt per gebied samengevat in twee tabellen (A en B). In Tabel A wordt voor alle aangewezen habitat-typen en soorten per gebied aangegeven of de opgave naar verwachting bij een voortzetting van het huidige beheer behaald zal worden. Doelen waarvan verwacht wordt dat de opgave bij een voortzetting van het huidige beheer niet behaald zullen worden, zijn verder uitgewerkt in de tweede Tabel B: Resterende opgaven voor extra beheer-inspanningen. Deze Tabel B wordt hier integraal

overgenomen voor wat betreft vogels, niet voor wat betreft zilte pionierbegroeiingen, schorren en zilte graslanden (Tabel 9.2.1).

Tabel 9.2.1
Resterende opgaven voor onderzoek/en extra maatregelen.
Bron: DPM (2009).

HR/VR #	Natura 2000 waarde	broed-vogel?	Huidig beheer voldoende?	Oorzaak niet behalen doel	Geplande / reeds uitgevoerde maatregelen	Extra maatregelen / potenties	Onderzoek nodig?
A005	Fuut		mogelijk niet	Draagkracht lijkt niet verminderd, maar oorzaak afgenomen aantallen in winter moet onderzocht worden		Oorzaak voor afgenomen aantal overwinteraars moet onderzocht worden	ja
A017	Aalscholver	n	nee	onbekend		eerst oorzaak onderzoeken	ja
A041	Kolgans	n	nee	onbekend		eerst oorzaak onderzoeken	ja
A067	Brilduiker	n	nee	onbekend, waarschijnlijk gerelateerd aan foerageerfunctie		eerst oorzaak onderzoeken	ja
A130	Scholekster	n	nee	onbekend		eerst oorzaak onderzoeken	ja
A132	Kluut	b	nee	verdwijnen dynamiek en verzoeting, vegetatiesuccessie	kustbroedvogelbeheer (schelpenlagen, eilandjes, maaien, rattenbestrijding, maaiveld verlagen, verlaging waterpeil in broedseizoen)	peilbeheer aanpassen / Slikken van Flakkee beheren tbv kustbroedvogels	
A137	Bontbekplevier	b	nee	verdwijnen dynamiek en verzoeting, vegetatiesuccessie	kustbroedvogelbeheer (schelpenlagen, eilandjes, maaien, rattenbestrijding, maaiveld verlagen, verlaging waterpeil in broedseizoen)	peilbeheer aanpassen / onderzoeken hoe kustbroedvogelbeheer aangepast kan worden tbv bontbekplevier	ja
A138	Strandplevier	b	nee	verdwijnen dynamiek en verzoeting, vegetatiesuccessie	kustbroedvogelbeheer (schelpenlagen, eilandjes, maaien, rattenbestrijding, maaiveld verlagen, verlaging waterpeil in broedseizoen)	peilbeheer aanpassen / extra schelpenlagen / Slikken van Flakkee beheren tbv kustbroedvogels	
A191	Grote stern	b	mogelijk niet	Regiodoel wordt eerst wel gehaald maar op termijn actie nodig i.v.m. verdwijnen dynamiek, vegetatiesuccessie, verdwijnen kokmeeuwen en predatie.	kustbroedvogelbeheer (schelpenlagen, eilandjes, maaien, rattenbestrijding, maaiveld verlagen, verlaging waterpeil in broedseizoen)	peilbeheer aanpassen / rattenbestrijding / beste potentie op Markenje bij kokmeeuw-kolonie	
A193	Visdief	b	nee	verdwijnen dynamiek en verzoeting, vegetatiesuccessie	kustbroedvogelbeheer (schelpenlagen, eilandjes, maaien, rattenbestrijding, maaiveld verlagen, verlaging waterpeil in broedseizoen)	peilbeheer aanpassen / extra schelpenlagen	

Omdat voor de in Tabel 9.2.1 vermelde broedvogels zogenoemde regio-doelen gelden, is het mogelijk dat ook andere Vogelrichtlijngebieden in de regio bijdragen aan het realiseren van deze doelen. Er blijven dan vier soorten broedvogels (Kluut, Bontbekplevier, Strandplevier en Visdief) over waarvoor het regio-doel niet gehaald wordt.

Als oorzaken voor het niet behalen van de Natura 2000 regio-doelen worden genoemd het verdwijnen van dynamiek alsmede verzoeting. Geplande / reeds uitgevoerde maatregelen vallen onder de noemer kustbroedvogelbeheer (zie Tabel 9.2.1). Daarnaast zijn nog extra maatregelen / potenties mogelijk, waarvan de belangrijkste onder de noemer peilbeheer aanpassen vallen (zie Tabel 9.2.1).

10 Ontwikkelingen

10.1 Verkenning en Planstudie Grevelingen

RWS Zeeland heeft de Verkenning Grevelingen water en getij uit laten voeren en de definitieve rapportage is onlangs opgeleverd (Turlings & Nieuwkamer, 2009). De achterliggende redenen voor deze Verkenning zijn de ecologische achteruitgang van het meer en problemen met de zuurstofhuishouding, met name bij de bodem. De Verkenning is uitgevoerd door Witteveen en Bos met Bureau Waardenburg als onderaannemer voor de ecologische analyse (Turlings & Nieuwkamer, 2009). Ook Deltares was bij de Verkenning betrokken voor toegepast ecologisch model onderzoek.

Als één van de aanbevelingen voor nader onderzoek wordt in de Verkenning aanbevolen om een actualisatie van het laatste bekkenrapport te maken. Ten behoeve van de verkennende planstudie is het dus van belang dat er een actualisatie plaatsvindt van de beschikbare monitoringsgegevens. Feitelijk is er voor de beheerstaken van RWS Zeeland dus behoefte aan een actualisatie van het laatste bekkenrapport dat tevens kan dienen als een T0 beschrijving voor de verkennende planstudie.

Het is de bedoeling dat deze Verkenning in 2009/2010 een vervolg krijgt in de vorm van een verkennende Planstudie. Ook de mogelijkheden van het weer in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis, een getijdencentrale in de Brouwersdam en terugkeer van enig getij in het Grevelingenmeer zullen in deze studie worden onderzocht.

De te volgen procedure is die volgens het MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport), waarbij ook burgers worden betrokken bij de planontwikkeling. Er zal een verlengde Verkenning Water en Getij uitgevoerd gaan worden. Daarbij is RWS Zeeland trekker voor de onderdelen Waterkwaliteit, Waterkwantiteit en Natuur, de provincies Zeeland en Zuid-Holland voor het onderdeel Getijdencentrale en ook voor de onderdelen Schutsluis en Jachthaven. De daarna uit te voeren Planstudie zal dan een eenvoudiger karakter kunnen hebben. De start van de verlengde Verkenning Water en Getij is in januari 2010 begonnen.

10.2 Hevel

De hevel wordt voorlopig niet in gebruik genomen. Aantonen meerwaarde hevel wordt meegenomen in de MIRT-verkenning.

10.3 KRW-maatregelen

Zeegras

In het kader van de KRW, en in aansluiting daarop het BPRW (BeheersPlan RijksWateren), is er ruimte om een pilot uit te voeren waarin Groot zeegras wordt aangeplant in het Grevelingenmeer (en het Veerse Meer) (de Jong, 2009). Deze pilot is gepland voor de periode 2009 – 2015, waarbij in de periode 2011 – 2012

daadwerkelijke aanplant kan plaatsvinden, met daarop aansluitend monitoring t/m 2015.

10.4 Natura 2000

Omdat voor vier soorten broedvogels (Kluut, Bontbekplevier, Strandplevier en Visdief) de regio-doelen (nog) niet gehaald zijn, zijn en worden maatregelen uitgevoerd (kustbroedvogelbeheer) dan wel extra maatregelen genomen (peilbeheer) (zie Tabel 9.2.1).

11 Aanbevelingen

-Het blijkt een moeizame zaak te zijn om alle waterkwaliteits- en debietgegevens van de gemalen compleet te krijgen. Bovendien blijkt het ook meermalen voor te komen dat van een gemaal voor een bepaald jaar geen waterkwaliteits- en/of debietgegevens bijgehouden zijn. **Het verdient dus aanbeveling om meer gestructureerd (Landelijke Emissie Registratie?) met de waterschappen bezig te zijn om waterkwaliteits- en debietgegevens van de gemalen jaarlijks compleet te krijgen en te houden.**

-Het is eveneens een moeizame zaak om gegevens over Ntotaal en Ptotaal in atmosferische depositie boven water te krijgen. Hiervan is in ieder geval Ntotaal een belangrijke post, die van dezelfde orde van grootte is als de totale polderwaterbelasting op het Grevelingenmeer. **De aanbeveling is dus om ook deze gegevens op de één of andere manier (Landelijke Emissie Registratie?) elk jaar gestructureerd compleet te krijgen en te houden.**

-Het is niet bekend hoe de zuurstofsituatie nabij de bodem in de noordelijke geul en ondiepten is. **Het is aan te bevelen om in de noordelijke geul en ondiepten tijdens het GTSO-programma ook weer eens vertikaal metingen uit te voeren.** Dit is in juli 2010 ook daadwerkelijk uitgevoerd (zie Hoofdstuk 7 Stratificatie en zuurstofdeficiëntie).

-Van de voor fytoplankton noodzakelijke nutriënten is vooral de fosfaat concentratie afgenomen. **De aanbeveling is dan om met het oog op nutriëntenbeperking van het fytoplankton en een eventuele afname van de draagkracht de ontwikkeling van de nutriënten concentraties dan ook jaar op jaar te volgen.**

-Onderzoek ontwikkeling bodemdieren: Er is een afname van de bodemdieren biomassa. Waarom zijn er verschillende ontwikkelingen in biomassa in het westelijke en oostelijke deel en waarom is er in het westelijke deel een verschil in de ontwikkeling in biomassa op diepte 0-2 m en 2-6 m?

-Onderzoek wat de oorzaak is van de afname van de bodemdier biomassa, desgewenst met gebruikmaking van oudere bodemdiergegevens.

-De wijziging van het spuiregiem in 1999 heeft er vermoedelijk voor gezorgd dat het streven om niet meer dan 5% van de bodem zuurstofloos te laten worden bij lange na niet is gehaald. **Het verdient aanbeveling om het spuiregiem te heroverwegen. Daarbij is het ook verstandig om na te gaan of het niet mogelijk is om de organische belasting van hevige *Phaeocystis*-bloeien van uit de Voordelta buiten te sluiten.**

-Het lijkt aannemelijk en er zijn aanwijzingen dat de hard substraat levensgemeenschappen na 2000 door het omhoog komen van de diepte waar zuurstofloosheid optreedt (zie 7.1.3) beïnvloed zullen zijn. **Omdat er tot op heden gemonitord is zouden deze gegevens geanalyseerd kunnen worden teneinde de ernst van de achteruitgang/veranderingen van de hard substraat levensgemeenschappen in kaart te brengen, waarbij dan tevens de**

nulsituatie voor eventuele toekomstige ingrepen in de waterhuishouding is vastgesteld.

-Vissen zijn sinds 1994 voor het eerst weer actief gemonitord in het winterhalfjaar 2007-2008. De bemonsteringsinspanning in 2008 is echter niet al te groot geweest. Daarom is het niet verstandig dat de eerstvolgende bemonstering pas in 2011 zal plaatsvinden.

Het verdient aanbeveling om in deze beginfase van nieuwe monitoring jaarlijks actief te monitoren en niet eens per drie jaar.

-De passieve monitoring met fuiken is in 2007 en later niet van de grond gekomen.

Ten aanzien van de passieve monitoring is het zinvol om na te gaan of en hoe deze passieve monitoring weer leven ingeblazen kan worden.

-Het is niet duidelijk waardoor de aantallen viseters van het open water zoals Fuut en Aalscholver na 1998 zo laag geworden en gebleven zijn en waardoor de fluctuaties in het aantal Middelste zaagbekken worden veroorzaakt. **Het verdient daarom aanbeveling om jaarlijks in plaats van eens per drie jaar onderzoek te doen naar de visstand in het Grevelingenmeer, niet alleen bij de bodem in de wat diepere delen, maar ook bij de bodem in de ondiepere delen en in het pelagiaal.**

-Ook verdient het aanbeveling om **onderzoek te doen naar de oorzaken van de fluctuaties van de aantallen van de Brilduiker**, een bodemdiereter van het open water.

-Monitoring gegevens zouden vaker op een rij gezet en geanalyseerd moeten worden.

12 Referenties

- AGV, 1997. Evaluatiedialoog waterbeheer Grevelingenmeer. In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Anonymous (zonder jaartal). Toelichting continuering waterbeheer Grevelingenmeer 2004-2009.
- Antia, N.J., C.D. McAllister, T.R. Parsons, K. Stephens & J.D.H. Strickland, 1963. Further measurements of primary production using a large volume plastic sphere. *Limnology and Oceanography* 8: 163-183.
- Apon, L.P., 1990. Verspreiding en biomassa van het macrofytobenthos in het Grevelingenmeer in 1989. Rapporten en Verslagen 1990-03. DIHO, Yerseke, 69p.
- Bakker, C. & I. de Vries, 1984. Phytoplankton- and nutrient dynamics in saline Lake Grevelingen (SW Netherlands) under different hydrodynamical conditions in 1978-1980. *Netherlands Journal of Sea Research* 18(3/4): 191-220.
- Bannink, B.A., J.H.M. van der Meulen & P.H. Nienhuis, 1984. Lake Grevelingen: from an estuary to a saline lake. An introduction. *Netherlands Journal of Sea Research* 18(3/4): 179-190.
- Bekker, J.P. & K. Mostert, 2001. Muizen en ratten in de Delta. Een inventarisatie van de twintigste eeuw. *Archief van het Koninklijk Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen* 2001: 137-192.
- Bergers, P.J.M., B. van den Boogaard, D.P.E.M. Frissen & W Nieuwenhuizen, 1998. De Noordse wowlmuis in het Deltagebied: richtlijnen voor beheer en inrichting. Rapport Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. Wageningen.
- Bollenbakker, P., 1990. Resultaten STRESS-runs Grevelingenmeer. Notitie Rijkswaterstaat DGW GWWS-90.13186.
- Bouma, S., W. Lengkeek, T.J. Boudewijn, L.G. Turlings, R. Abma & R.L.J. Nieuwkamer, 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen, 45p.
- Brondocument, 2008. Brondocument Waterlichaam Grevelingenmeer. Doelen en maatregelen rijkswateren Ministerie van VenW, Rijkswaterstaat, 2008, 85p.
- Brondocument, 2009. Brondocument Waterlichaam Grevelingenmeer. Doelen en maatregelen rijkswateren Ministerie van VenW, Rijkswaterstaat, 2009, 95p.
- Brummelhuis, E.B.M., J.A. Craeymeersch, R. Markusse & W. Sijm, 1997a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer. Voorjaar 1996. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke.
- Brummelhuis, E.B.M., J.A. Craeymeersch, R. Markusse & W. Sijm, 1997b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer. Najaar 1996. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke.
- Brummelhuis, E.B.M., J.A. Craeymeersch, W. Dimmers, R. Markusse & W. Sijm, 1998a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 1997. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke.
- Brummelhuis, E.B.M., J.A. Craeymeersch, W. Dimmers, R. Markusse & W. Sijm, 1998b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar

1997. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke.
- Brummelhuis, E.B.M., H. Hummel, W. Dimmers, R. Markusse & W. Sijm, 1999a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 1998. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke.
- Brummelhuis, E.B.M., H. Hummel, W. Dimmers, R. Markusse & W. Sijm, 1999b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 1998. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke.
- Brummelhuis, E.B.M., W.C.H. Sijm, H. Hummel, W.J. Dimmers & R.M. Markusse, 1999c. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 1999. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 43p.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Sijm & E.C. Stikvoort, 1992a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer. Najaar 1990. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Sijm & E.C. Stikvoort, 1992b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer. Voorjaar 1991. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, W. Sijm & E.G.J. Wessel, 1993a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer. Najaar 1991. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, W. Sijm & E.G.J. Wessel, 1993b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in 1992. I. Dichtheden. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, W. Sijm & E.G.J. Wessel, 1994a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in 1992. II. Biomassa's. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, W. Sijm & E.G.J. Wessel, 1994b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 1993. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, W. Sijm & E.G.J. Wessel, 1994c. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 1993. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, W. Sijm & E.G.J. Wessel, 1995a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 1994. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, R. Markusse & W. Sijm, 1995b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de

- Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 1994. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, R. Markusse & W. Sijm, 1996a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 1995. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, R. Markusse & W. Sijm, 1996b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 1995. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEMO, Yerseke.
- de Jong, D.J., 2007. KaderRichtlijn Water, bepaling referentiesituatie en P-REF/P-GET en opstellen maatlat voor angiospermen en macrowieren in de zoute en brakke watertypen K1, K2, K3, O2 en M32 in Nederland. Versie 6-2007. Werkdocument RIKZ/ZDO/2007.803.w, 46p.
- de Jong, D.J., 2009. Aanpak pilot aanplant groot zeegras Grevelingenmeer en Veerse Meer ihkv de KRW. Ongepubliceerd memo, 1-4-09, 7p.
- de Jong, H., 1987. Waterhuishoudkundige gegevens Zuidelijk Deltagebied. Notitie GWWS-87.549, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg, juni 1987.
- de Kluijver, M.J., 1995. De sublittorale hard-substraat levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer – De ontwikkeling in de periode 1985-1994. In opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee. Rapportnummer 95.0683.
- de Kluijver, M.J., 2002. De sublittorale hardsubstraat levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer. De ontwikkeling in de periode 1996-2001. AquaSense, rapport 1777b: 71p.
- de Kluijver, M.J. & M. Dubbeldam, 2002. De effecten van een nieuw spuiregiem in het Grevelingenmeer op de waterhuishouding en de waterbodem en de gevolgen daarvan op de kolonisatie van hard-substraat organismen. In opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee. AquaSense, rapport 1777a: 49p.
- de Kogel, T.J., 1983. Veranderingen in de kleine-zoogdierfauna van de Slikken van Flakkee na de afsluiting van de Grevelingen in 1971. *Lutra* 26: 93-104.
- de Kraker, C., 1993. Verslag Hompelvoet/Markenje 1992 of 1993. Intern rapport, Staatsbosbeheer.
- de Kraker, K., 2008. Grevelingenverslag 2007. Onderzoek aan flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen. Ecologisch adviesbureau SANDVICENSIS, Burgh-Haamstede.
- de Kraker, K., 2009. Grevelingenverslag 2008. Onderzoek aan flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen. Ecologisch adviesbureau SANDVICENSIS, Burgh-Haamstede: 66p.
- de Kraker, K., 2010a. Broedvogels Grevelingen – 2009. BMP-plot inventarisatie. Kustvogels. Ecologisch adviesbureau SANDVICENSIS, Burgh-Haamstede: 46p.
- de Kraker, K., 2010b. Grevelingenverslag 2009. Onderzoek aan flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen. Ecologisch adviesbureau SANDVICENSIS, Burgh-Haamstede: 76p.
- DPM, 2009. Samenvatting Doelendocument Natura 2000 gebieden in de Delta. Rapport Delta Project management, 30 maart 2009, 49p.
- Engelberts, A., van Avesaath, P.H. & H. Hummel, 2007. Inventarisatie Groot zeegras in de Grevelingen. Situatie 2007. Monitor Taskforce Publication Series 2007-

15, 9p.

- Engelsma, F.J., T.J. Boudewijn & A.J.M. Meijer, 1994. Visstand Grevelingen, Inventarisatie bestaande gegevens en onderzoeksvoorstel. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Europese Unie, 2008. Richtlijn inzake milieukwaliteitsnormen op het gebied van het waterbeleid tot wijziging van Richtlijn 2000/60/EG. Richtlijn 2008/105/EG van het Europees Parlement en Raad, 16 december 2008.
- Fisher, T.R., L.W. Harding, D.W. Stanley & L.G. Ward, 1988. Phytoplankton, nutrients and turbidity in the Chesapeake, Delaware, and Hudson estuaries. *Estuarine coastal Shelf Science* 27: 61-93.
- Gillbricht, M., 1988. Phytoplankton and nutrients in the Helgoland region. *Helgoländer Meeresunters.* 42: 435-467.
- Goudswaard, P.C., 2007. Vismonitoring Overgangswater: Westerschelde en Zoute Meren: Veerse Meer en Grevelingen. Rapport C108/07, Wageningen IMARES, Vestiging Yerseke: 22p.
- Gray, J.S., R. Shiu-sun Wu & Y.Y. Or, 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series* 238: 249-279.
- Haas, H., P. van der Linden & H. Holzhauer, 2006. Flakkeese Spuisluis in ere hersteld. Studie naar de effecten van de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis op het Grevelingenmeer. RIKZ rapport 2006.022, 44p.
- Herman, P.M.J., M.A. Hemminga, P.H. Nienhuis, J.M. Verschuure & E.G.J. Wessel, 1996. Wax and wane of eelgrass *Zostera marina* and water column silicon levels. *Marine Ecology Progress Series* 144: 303-307.
- Hoeksema, H.J., 2002. Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. Rapport RIKZ/2002.033, 60p.
- Holland, A.M.B., 1991. Waterbeheer Grevelingenmeer 1980-1990. Nota GWWS-91.086, 76p.
- Houtekamer, N., 1999. Waterbeheersplan Grevelingenmeer 1999-2003. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, 36p.
- Kamermans, P., M.A. Hemminga & D.J. de Jong, 1999. Significance of salinity and silicon levels for growth of a formerly estuarine eelgrass (*Zostera marina*) population (Lake Grevelingen, The Netherlands). *Marine Biology* 133: 527-539.
- Kerkum, F. & M. Ohm, 2009. Beoordeling van biologische kwaliteitselementen in de Rijks-waterlichamen. Ongepubliceerd document Waterdienst.
- La Haye, M. & J.M. Drees, 2004. Beschermingsplan noordse woelmuis. Rapport EC-LNV nr. 270: 74p.
- Lambeek, R.H.D., G. Doornbos & J. Beijersbergen, 1985. Komen, gaan of blijven. Variaties in de vogelstand. In: P.H. Nienhuis (red.). *Het Grevelingenmeer. Van estuarium naar zoutwatermeer*: 146-161.
- Lengkeek, W., S. Bouma & B. van den Boogaard, 2010. De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer. Onderzoek naar de effecten van zuurstofloosheid. Bureau Waardenburg, Culemborg, rapport nr. 10-187, 50p.
- Lengkeek, W., S. Bouma & H.W. Waardenburg, 2007. Het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer. Een blik onder water. Bureau Waardenburg, Culemborg, rapport nr. 07-186, 49p.
- Lievense, P., 1997. Stress GM, aanvullende berekeningen 1994. Memo Rijkswaterstaat directie Zeeland, AX 97.005.

- Meijer, A.J.M. & H.W. Waardenburg, 1990. Monitoring-onderzoek aan de visfauna van het Grevelingenmeer. Rapportage resultaten 1980-1989. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Meijer, A.J.M., 1995. Bestandsopname visfauna Grevelingenmeer. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Nienhuis, P.H., 1983. Temporal and spatial patterns of eelgrass (*Zostera marina* L.) in a former estuary in The Netherlands, dominated by human activities. *Marine Technology Society Journal* 17: 69-77.
- Nienhuis, P.H., 1985. Zeegras. Mysterieuze opkomst en ondergang van een waterplant. In: P.H. Nienhuis. Het Grevelingenmeer. Van estuarium naar zoutwatermeer. Natuur en techniek/Maastricht-Brussel: 54-73.
- Nienhuis, P.H. & B.H.H. de Bree, 1977. Production and ecology of eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Grevelingen estuary, the Netherlands, before and after the closure. *Hydrobiologia* 52: 55-66.
- Nienhuis, P.H., B.H.H. de Bree, P.M.J. Herman, A.M.B. Holland, J.M. Verschuure & E.G.J. Wessel, 1996. Twentyfive years of changes in the distribution and biomass of eelgrass, *Zostera marina*, in Grevelingen lagoon, The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 30 (2-3): 107-117.
- Nolte, A., T. Troost, G. de Boer, C. Spiteri & B. van Wesenbeeck, 2008. Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Deltares rapport WD-5003, 105p.
- Oorthuijsen, W. & C.W. Iedema, 1992. Analyse Waterbeheer Grevelingenmeer. Onderbouwing voor het waterhuishoudkundig beheer Grevelingenmeer. Nota Rijkswaterstaat directie Zeeland, AX 92.036: 68p.
- Pelsma, T., 2007. Vismonitoring conform de KRW. *Visionair* 1(4): 14-17.
- Peperzak, L., 2002. Plaagalgen in het Grevelingenmeer. MONISNEL document zonder nummer, 19p.
- Peperzak, L. & A.M.B. Holland, 1997. Sterfte van oesters en het voorkomen van een nieuwe plaagalg in het Grevelingenmeer in de jaren 1996 en 1997. werkdocument RIKZ/OS97.862x.
- Pieters, J.P.F., B.A. Bannink & J.P.G. van de Kamer, 1985. Een mathematisch model van de chloride- en zuurstofhuishouding van het Grevelingenmeer tijdens de uitwisseling met zeewater. Nota DDMI-85.05, 28p, met bijlagen.
- Roomen, M.W.J. van, E. van Winden, K. Koffijberg, L. van den Bremer, B. Ens, R. Kleefstra, J. Schoppers & J.-W. Vergeer, SOVON Ganzen- en Zwanenwerkgroep & L. Soldaat, 2007. Watervogels in Nederland in 2005-2006. SOVON-monitoringrapport 2007/03, Waterdienst-rapport BM07.09, SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek/Ubbergen.
- Schaub, B.E.M., D. van Oevelen, W.C.H. Sijm, M. Rietveld, P.M.J. Hummel & H.H. Hummel, 2002. Veranderingen in de samenstelling van het macrobenthos van de Grevelingen (periode 1990-2000) en de mogelijke oorzaken. NIOO-CEME rapport 2002-01, Yerseke.
- Sierdsma, F. & T. van den Broek, 2007. Voorstellen voor KRW-maatregelen en -doelen voor zoute rijkswateren in Zuid-Nederland. Grevelingenmeer. Rapport nr. 9S0926. Royal Haskoning, Rotterdam.
- Sijm, W.C.H., H. Hummel, W.J. Dimmers, M.M. Markuse & J.M. Verschuure, 2000a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 1999. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 53p.
- Sijm, W.C.H., H. Hummel, W.J. Dimmers & J.M. Verschuure, 2000b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en

- het Grevelingenmeer in het voorjaar 2000. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 62p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, M.M. Markusse, M. Rietveld & J.M. Verschuure, 2001a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 2000. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 52p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse, M. Rietveld & J.M. Verschuure, 2001b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 2001. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 50p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse, M. Rietveld & J.M. Verschuure, 2002a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 2001. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 48p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse, M. Rietveld & J.M. Verschuure, 2002b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 2002. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 46p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse & J.M. Verschuure, 2003a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 2002. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 46p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel & M. Rietveld, 2003b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 2003. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 52p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse, A. Pronker & J.M. Verschuure, 2004a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 2003. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 50p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M. Rietveld & E. Van Soelen, 2004b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 2004. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 56p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse, M. Rietveld & E. Van Soelen, 2005a. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 2004. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 50p.
- Sisternans, W.C.H., H. Hummel, A. Dekker, A.G.M. Engelberts, O.J.A. van Hoesel & M. Rietveld, 2005b. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar 2005. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. NIOO-CEME, Yerseke, 50p.
- Sisternans, W.C.H., V. Escaravage, H. Hummel, A.G.M. Engelberts & M.M.

- Markusse, 2006. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 2005. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. Rapport Monitor Taakgroep, NIOO-CEME, Yerseke, 65p.
- Sisttermans, W.C.H., V. Escaravage, H. Hummel, M.A. Bergmeijer, A.G.M. Engelberts, L. Dek, A. Dekker, O.J.A. van Hoesel & M.M. Markusse, 2007. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voor- en najaar van 2006. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. Rapport Monitor Taakgroep, NIOO-CEME, Yerseke, 132p.
- Sisttermans, W.C.H., H. Hummel, M.A. Bergmeijer, A.G.M. Engelberts, L. de Witte-Dek, A. Dekker, O.J.A. van Hoesel & M.M. Markusse, 2008. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voor- en najaar van 2007. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. Rapport Monitor Taakgroep, NIOO-CEME, Yerseke, 96p.
- Sisttermans, W.C.H., H. Hummel, M.A. Bergmeijer, D. Blok, A.G.M. Engelberts, L. de Witte-Dek, A. Dekker, O.J.A. van Hoesel, L. Kleine Schaars & M.M. Markusse, 2009. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voor- en najaar van 2008. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. Rapport Monitor Taakgroep, NIOO-CEME, Yerseke, 107p.
- Slim, P.A., 1985. Van bruinvis tot noordse woelmuis: de zoogdieren van de eilanden in de Grevelingen. *Lutra* 28: 4-20.
- Spikmans, F., J. Kranenbarg & B. Crombaghs, 2008?. Actieve monitoring 3 nieuwe wateren, Grevelingen, Volkerak en Twente kanaal. Memo zonder datum. RAVON, Natuurbalans:5p.
- Stikvoort, E.C. & R. Brand, 1991. Biomonitoring macrozoöbenthos Deltagebied 1990. Intern Rapport Delta Instituut voor hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke.
- Stokman, G.N.M., 1978. De gevolgen van het openen van de spuisluis in de Brouwersdam in juni 1978. Rijkswaterstaat, notitie DDMI-78.426.
- Stronkhorst, J., 1989. Stratificatie en nutriëntengehalten in het Grevelingenmeer over de periode 1980-1988. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren GWWS-89.403.
- Stronkhorst, J., 198x?. Hydrobiological Bulletin (volledige referentie niet kunnen achterhalen).
- Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lillipaly, 2008. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2006/2007. Rapport RWS Waterdienst/2008.031, 107p.
- Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lillipaly, 2009a. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2007/2008. Rapport RWS Waterdienst BM09.06, 114p.
- Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lillipaly, 2010a. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2008/2009. Rapport RWS Waterdienst BM10.08, 118p.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2007. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2006. Rapport RIKZ/2007.016. RIKZ, Middelburg.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2008. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2007. Rapport RWS Waterdienst 2008.032: 86p.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2009b. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2008. Rapport RWS Waterdienst BM09.05: 94p.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2010b. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2009. Rapport RWS Waterdienst BM10.09: 110p.
- Turlings, L.G. & R.L.J. Nieuwkamer, 2009. Verkenning Grevelingen water en getij.

- Rapport Witteveen en Bos: 40p.
- UNESCO, 1966. UNESCO technical papers in marine science. No. 4. – Second report of the joint panel on oceanographic tables and standards. UNESCO, Paris, 9p.
- van der Linden, P.R.A., 2006. Visfauna Grevelingenmeer. Ontwikkeling vanaf 1960. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- van der Molen, D.T. & R. Pot, 2006. Referenties en maatlatten voor meren ten behoeve van de KRW. STOWA-rapport 2004-42a. STOWA, Utrecht, december 2006.
- van der Molen, D.T. & R. Pot (red.), 2007. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. Definitieve versie december 2007. STOWA-rapport 2007-32, ISBN 978.90.5773.383.3, 67p.
- van der Reest, P.J., J.P. Bekker, C. de Kraker & G. van Zuylen, 1998. De Noordse woelmuis op eilanden in de Deltawateren. Verslag van een inventarisatie van de Noordse woelmuis in Veenmeer, Grevelingen en Krammer-Volkerak in 1997. Mededeling 44 van de Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming: 43p.
- van Hoey, G., J. Drent, T.J. Ysebaert & P.M.J. Herman, 2007. The Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch coastal and transitional waters for the Water Framework Directive. NIOO-rapport 2007-02.
- van Kessel, N., M. Dorenbosch, F. Spikmans, J. Kranenburg & B. Crombaghs, 2008. Jaarrapportage actieve vismonitoring zoete rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2007-2008. Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen, 75p.
- van Kessel, N., M. Dorenbosch, F. Spikmans, J. Kranenburg & B. Crombaghs, 2009. Jaarrapportage actieve vismonitoring zoete rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2008-2009. Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen, 74p.
- van Splunder, I., T.A.H.M. Pelsma & A. Bak, 2006. Richtlijnen monitoring oppervlaktewater Europese kaderrichtlijn water. Versie 1.3, augustus 2006. ISBN 9036957168: 53p.
- van Wesenbeeck, B., A. Nolte, S. Bouma, W. Lengkeek, A. Joosten & P. Herman, 2009. Witte bacteriematten als indicator voor de achteruitgang van de Grevelingen. De Levende Natuur 110(7): 357-360.
- van Wijngaarden, A. & K. Zimmermann, 1965. Zur Kenntniss von *Microtus oeconomus arenicola* (De Sélys-Longchamps, 1841). Zeitschrift für Säugetierkunde 30: 129-136.
- van Wijngaarden, A., 1967. Rapport over de verspreiding van de noordse woelmuis, *Microtus oeconomus arenicola* de Sélys Longchamps 1841, in Nederland: 157p, ongenummerd. Rapport Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten behoeve van het Natuurbehoud, Zeist.
- van Wijngaarden, A., 1969. De Noordse woelmuis, *Microtus oeconomus* Pall. in Nederland: 1-59, kaart 1-8. Rapport Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten behoeve van het Natuurbehoud, Zeist.
- Verschuure, J.M., 1994. Verspreiding en biomassa van Groot zee gras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer en het Veenmeer in 1994. NIOO-CEME, Yerseke, 9p.
- Verschuure, J.M., 1995. Verspreiding en biomassa van Groot zee gras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer in 1995. NIOO-CEME, Yerseke, 5p.
- Verschuure, J.M., 1996. Verspreiding en biomassa van Groot zee gras (*Zostera*

- marina* L.) in het Grevelingenmeer en het Veerse Meer in 1996. NIOO-CEME, Yerseke, 8p.
- Verschuure, J.M., 1997. Verspreiding van Groot zeegras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer in 1997. NIOO-CEME, Yerseke, 6p.
- Verschuure, J.M., 1998. Verspreiding van Groot zeegras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer en het Veerse Meer in 1998. NIOO-CEME, Yerseke, 8p.
- Verschuure, J.M., 2000. Verspreiding van Groot zeegras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer en het Veerse Meer in 2000. NIOO-CEME, Yerseke, 6p.
- Verschuure, J.M., 2003. Verspreiding van groot zeegras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer en het Veerse Meer in 2003. NIOO-CEME, Yerseke, 5p.
- Waardenburg, H.W., 1973. Sociologisch onderzoek en vergelijk van de macrobenthische flora en fauna op en tussen het harde substraat in Oosterschelde, Grevelingen, Veerse Meer en Brielse Meer. Verslag doctoraal studie, Landbouw Hogeschool, Wageningen.
- Waardenburg, H.W., 1982. Tien jaar onderzoek naar de levensgemeenschappen op hard substraat in de Grevelingen (Dreischor). Nederlandse Onderwatersport Bond, Utrecht.
- Waardenburg, H.W., 1998. Vismigratie door de Brouwerssluis (Grevelingenmeer). Rapport nr. 98.042, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Wattel, G., 1989. Belastingen van polderwater en neerslag op het Grevelingenmeer. Notitie GWWS-89.620, 8p + bijlagen.
- Wattel, G., 1996. Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar. De ontwikkelingen in de periode 1990-1995. Rapport RIKZ-96.014, 101p.
- Wattel, G., 2002. Belastingen en onttrekkingen van het Grevelingenmeer. RIKZ/AB-2002.871x: 12p.
- Werkgroep Waterkwaliteit KRW Schelde, 2008. Probleemstoffen en bronnen in het Scheldestroomgebied. Achtergrondrapport bij de RBO-nota 2007, 96p.
- Wetsteijn, L.P.M.J., 2009. Evaluatie MONISNEL. Analyse van *Phaeocystis*-gegevens en plaagalgenbulletins. Rapport RWS Waterdienst: 49p.
- Wijgergangs, L.J.M. & M.M. van Katwijk, 1993. Zeegrassterfte in het Grevelingenmeer. Een studie naar de mogelijke oorzaken van de afname van het Groot zeegras, *Zostera marina* L., sinds eind jaren tachtig. Rapport afd. Aquatische Oecologie, vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, 60p.
- Wijnhoven, S. & H. Hummel, 2009. Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta. De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren. Rapport Monitor Taakgroep, NIOO-CEME, 192p.
- Wijsman, J., 2002. Stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer. Werkdocument RIKZ/AB/2002.819x, 8p.
- Witteveen en Bos, 2009. KRW toetsing 2008 chemische parameters Rijkswateren. Rapport RW 1793-1. 6 augustus 2009. Rijkswaterstaat Waterdienst.
- Winter, H.V., W. Dekker & J.J. de Leeuw, 2006. Optimalisatie MWTL vismonitoring. Rapport RI-4437, Wageningen IMARES: 45p.
- Ysebaert, T., I. de Mesel & P. Herman, 2008. Kaderrichtlijn Water – Achtergronddocument Zoute Macrofauna 2008. Wageningen IMARES, Vestiging Yerseke, Rapport C076/08, 73p.