



Herman van Dam, adviseur Water en Natuur

Martin Meirink, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Gert van Ee, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Minder planten en dieren in Hollands Noorderkwartier

In het Hollands Noorderkwartier wordt al lang onderzoek uitgevoerd naar de biologische en chemische kwaliteit van het water, voornamelijk sloten. Deze gegevens (1982-2007) zijn in de loop van de tijd voor verschillende doeleinden verzameld met verschillende methoden en intensiteit. Ondanks de soms grote diversiteit in de data is toch een analyse gedaan over de hele tijdsperiode. Hierdoor is een beeld ontstaan van veranderingen op lange termijn. Als erfenis van de vroegere brakke situatie zijn de nutriëntconcentraties extreem hoog, hoewel de stikstofconcentratie sterk is afgenomen, deels door klimaatverandering. De hoeveelheden waterplanten en kleine waterdieren zijn sterk verminderd, mogelijk door intensivering van het beheer en vertroebeling van het water door afbraak van organisch materiaal. Er worden aanbevelingen gedaan voor toekomstige monitoring van de waterkwaliteit.

Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft voor het basismetnet waterkwaliteit en diverse projecten op enkele honderden locaties (rond 90 procent sloten) gegevens van verschillende chemische en biologische kwaliteitselementen verzameld, met wisselende frequentie, intensiteit, omvang en diepgang. De gegevens, die zijn gebruikt voor jaar- en projectrapportages, zijn nu voor het eerst in onderlinge samenhang verwerkt. Hiermee wordt inzicht verkregen in de veranderingen in de waterkwaliteit in het gebied en kunnen aanbevelingen worden gedaan voor voortzetting van de biologische monitoring, in relatie tot het te verwachten gebruik van

deze gegevens, onder andere ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water en beleidsthema's (klimaatverandering, verzilting). In dit artikel staan de sloten centraal. De basisgegevens, ook van de overige watertypen, zijn elders gerapporteerd¹⁾.

Voormalig brakwatergebied

Al eeuwen is het grootste deel van het gebied (zie afbeelding 1) in agrarisch gebruik. Natuurgebieden liggen vooral in en langs de duinstrook en in het veenweidegebied ten noorden van Amsterdam (onder andere Waterland). De meeste wateren zijn kunstmatig (sloten, kanalen), hebben een vast peil en zijn voedselrijk. Na de afsluiting

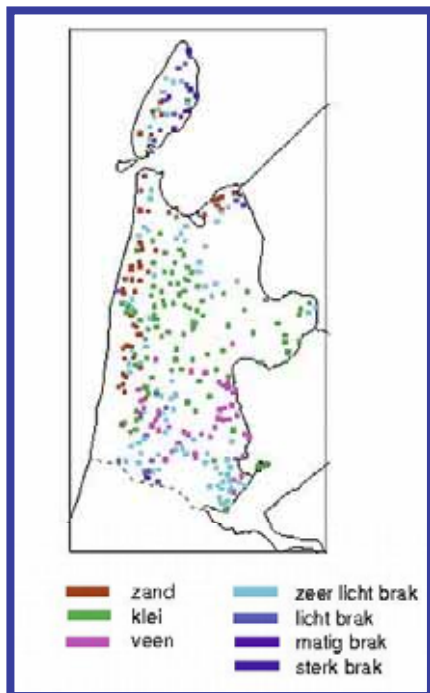
van de Zuiderzee in 1932 is het brakke karakter van de meeste wateren goeddeels verdwenen, door inlaat van zoet water uit het IJsselmeer. Matig tot sterk brakke sloten zijn er alleen nog op Texel, in delen van de Wieringermeerpolder, achter de Hondsbossche Zeewering en bij het Noordzeekanaal. De voorheen matig tot sterk brakke veensloten in Waterland zijn nu nog ten hoogste zeer zwak brak. De zoetste sloten liggen in de zandige binnenduinrand van het vasteland, op Texel en op Wieringen.

Gegevens

Uit de bestanden van het Hoogheemraad-

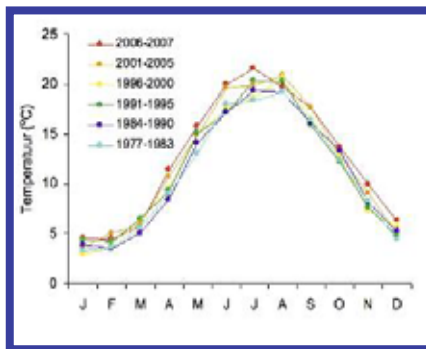
Typenindeling van de sloten naar bodemsoort en chlorideconcentratie en aantallen locaties per type. De jaartallen geven het eerste bemonsteringsjaar van het betreffende kwaliteitselement aan.

type	Cl (mg/l)	chemie	water- en moerasplanten	kleine waterdieren	kiezelwieren
		1977	1987	1982	1992
zand	50 - 300	56	50	48	18
klei	68 - 300	109	101	100	68
veen	94 - 300	46	34	44	43
zeer zwak brak	300 - 1 000	89	77	69	60
zwak brak	1 000 - 3 000	18	16	10	8
matig brak	3 000 - 10 000	12	11	1	1
sterk brak	≥ 10 000	2	2	-	-
alle typen	50 - 10 809	332	291	272	198



Afb. 1: Verspreiding van de sloottypen.

schap Hollands Noorderkwartier zijn 330 sloten geselecteerd waarvan biologische monsters uit de periode 2003-2007 en ten minste één van de perioden 1983-1987, 1988-1992 en 1993-1997 beschikbaar zijn (zie tabel). Het aantal locaties binnen de typen loopt sterk uiteen: van twee bij de sterk brakke sloten tot 109 bij de kleisloten. Ook het aantal locaties waarop de biologische kwaliteitselementen zijn bemonsterd, verschilt: van 198 bij de kiezelwieren tot 291 bij de macrofyten. Van de chemie zijn van vrijwel alle locaties gegevens van ecologisch relevante variabelen als chloride, totaal-fosfaat, totaal-stikstof, zuurstof en doorzicht vanaf 1977 en van sulfaat vanaf 1988 verwerkt. Daarnaast zijn gegevens van de concentratie chlorofyl-a bij de analyses betrokken. Voor de analyse van de temperatuurverandering zijn uit de databank van Hollands Noorderkwartier alle locaties geselecteerd waarvoor in de periode 1977-2007 tenminste 124 temperatuurmetingen zijn verricht. Het betreft gemiddeld 985 metingen per jaar (minimaal 410 en maximaal 1.394). In sloten alleen zijn onvoldoende waarnemingen



Afb. 2: Gemiddelde maandtemperatuur van het oppervlaktewater in het Noorderkwartier, per periode.

beschikbaar. Daarom zijn ook metingen uit andere watertypen dan sloten voor de temperatuuranalyse gebruikt.

Fysische en chemische variabelen Verwerking

Voor de verwerking van de gegevens is de hele onderzoeksperiode ingedeeld in perioden van vijf jaar. Behalve het zuurstofgehalte en doorzicht, zijn de meeste variabelen scheef verdeeld en daarom logaritmsch getransformeerd voor de verdere verwerking. Bovendien is niet voor elke variabele voor elke locatie in elke periode een waarde beschikbaar. Daardoor kan geen normale variantie-analyse worden uitgevoerd om de significantie van de verschillen tussen de perioden te toetsen. Daarom is per watertype de verwachte waarde van elke meting berekend met een lineair regressiemodel met de factoren 'periode' en 'locatie'. Hierdoor zijn de 'gaten' die in de loop der tijd door verschil in intensiteit van meten op statistisch verantwoorde wijze opgevuld. De verschillen tussen de perioden zijn vervolgens getoetst door variantie-analyse.

Temperatuur

In 30 jaar is de temperatuur flink gestegen, gemiddeld over het jaar met $1,6^{\circ}\text{C}$, maar met $2,6^{\circ}\text{C}$ in de maanden mei-juli (zie afbeelding 2). Vergelijkbare veranderingen zijn ook gevonden in vennen²⁾ en Friese meren³⁾. Een dergelijke temperatuurtoename heeft grote invloed op biogeochemische processen. Zo kan de snelheid van denitrificatie, waarbij nitraat wordt omgezet in stikstof en

verdwijnt uit het oppervlaktewater, worden verhoogd en zelfs verdubbelen⁴⁾.

Chloride, nutriënten, doorzicht

De grootste verzoeting vond plaats in de eerste jaren na het gereedkomen van de Afsluitdijk van de brakke Zuiderzee in 1932. In de onderzoeksperiode is de chlorideconcentratie verder gedaald met een gemiddelde snelheid van ongeveer $3,5\text{ mg/l}$ per jaar (zie afbeelding 2). Juist in de zeer zwak brakke wateren gaat de daling veel sneller, zodat het brakke watertype op den duur op enkele locaties na zal verdwijnen uit het gebied. Door de verzoeting komen veel voedingsstoffen en sulfaat uit de voorheen zilte bodem in het oppervlaktewater. Ook komen nutriënten vrij bij de oxidatie van ontwaterd veen. Hierdoor is het oppervlaktewater grotendeels zeer voedselrijk. Slechts een beperkt deel van de nutriënten wordt aangevoerd door effluent van rioolwaterzuiveringen, inlaat van water uit het Markermeer en regenwater. De concentratie van totaal-fosfor is gemiddeld over de laatste 30 jaar $0,72\text{ mg/l}$, wat ver boven de concentratie ligt die voor een gezonde plantengroei gewenst is (maximaal $0,22\text{ mg/l}$)⁵⁾. De gemiddelde concentratie daalt slechts met $0,005\text{ mg/l}$ per jaar (zie afbeelding 3). De concentratie van totaal-stikstof is tussen 1977 en 2007 gedaald van gemiddeld $5,8$ tot $3,1\text{ mg/l}$. De gewenste waarde in sloten is $2,4\text{ mg/l}$. De stikstofconcentratie neemt af door toegenomen efficiëntie van rwzi's, lagere mestoverschotten, verbetering van de kwaliteit van het inlaatwater en de neerslag en een toename van de denitrificatie als gevolg van een stijging van de gemiddelde watertemperatuur.

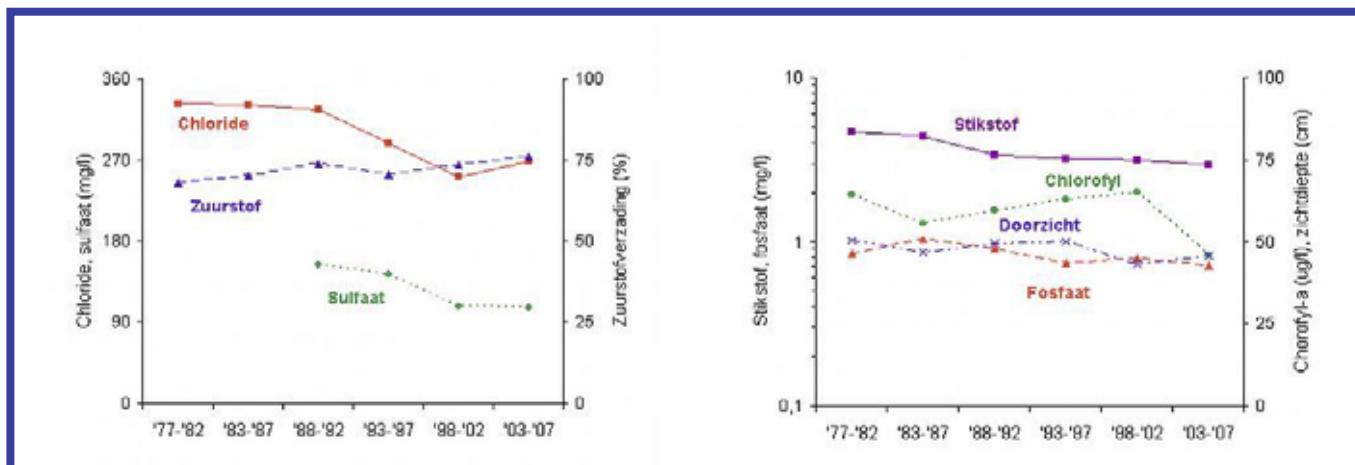
Het doorzicht is afgenomen: het water is gemiddeld troebeler geworden. De oorzaak hiervan is mogelijk de verhoging van de temperatuur. Door de toegenomen activiteit van denitrificerende en zwavelreducerende bacteriën kan de afbraak van organische stof in het water toenemen, waardoor het humusgehalte toeneemt.

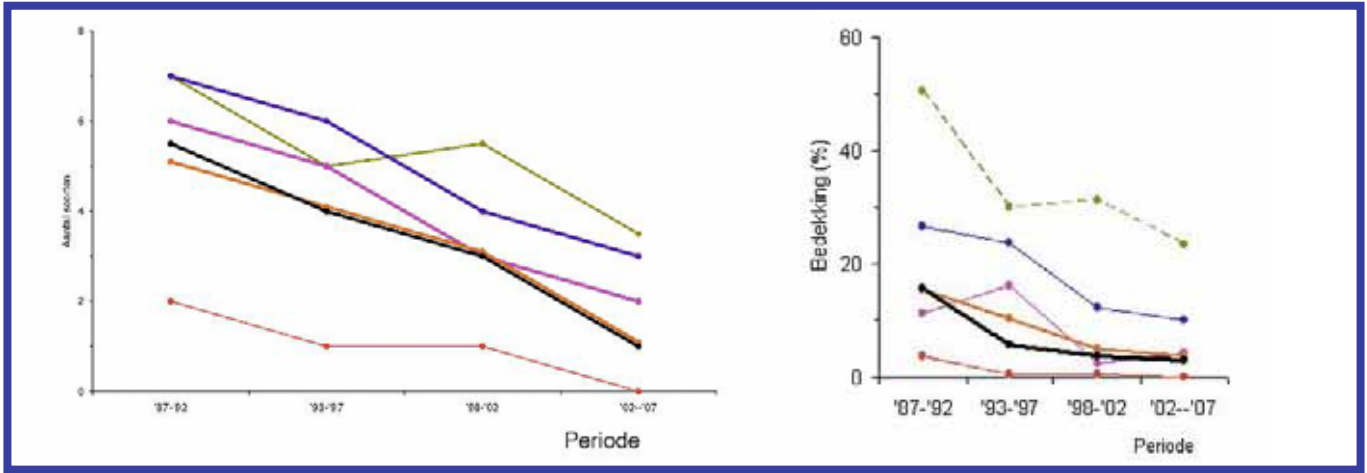
Biologie

Verwerking

De gegevens van de water- en moerasplanten, de macrofauna en de kiezelwieren zijn door de jaren heen niet altijd op vergelijkbare wijze verzameld. Doelen en

Afb. 3: Veranderingen van waarden van fysische en chemische variabelen per periode voor alle locaties in alle sloten samen. Alle veranderingen zijn significant ($P < 0,001$).





Afb. 4: Veranderingen van de mediane aantallen soorten en de hoeveelheid (bedekking) van de echte waterplanten uit 1.760 zomeropnamen in de loop der tijd. De dikte van de lijnen is evenredig met de significantie van de mate van verschil tussen de verschillende perioden.

methoden in het onderzoek zijn in de loop van de onderzoeksjaren veranderd. Hierdoor zijn er soms grote verschillen in naamgeving, determinatieniveau en grootte en diepgang van monsternames. Vóór de verwerking van de data zijn de gegevens zoveel mogelijk op elkaar afgestemd, onder andere door het samenvoegen van soorten die in de loop der tijd niet consequent zijn gedetermineerd, het aanpassen van de namen van soorten die in de onderzoeksperiode zijn veranderd en het omrekenen van aantallen gevangen dieren per monster naar aantallen per vierkante meter.

Voor elk biologisch kwaliteitselement is de EKR op de KRW-maatlat berekend met het programma QBwat^(5,6). Daarnaast is naar de verandering van het aantal taxa gekeken. Voor de water- en moerasplanten is nagegaan hoe de samenstelling van groeivormen (ondergedoken waterplanten, kroos, overige planten met drijfbladeren, draadwier/flab, emerse waterplanten, oeverplanten en landplanten) is veranderd⁽⁷⁾. De eerste vier groeivormen samen worden ook vaak 'echte waterplanten' genoemd. Voor de kleine waterdieren is berekend hoe de voedselvoorkeur is veranderd^(8,9). Verschillen tussen de perioden zijn statistisch getoetst indien voldoende waarnemingen beschikbaar waren. Om veranderingen en verschillen in de totale soortensamenstelling van en tussen

de locaties vast te stellen zijn per groep van organismen ordinaties verricht. Daarbij is de variatie in de soorten van veel monsters tegelijkertijd op een zodanige manier in een plat vlak afgebeeld dat sterk op elkaar gelijkende monsters dicht bij elkaar komen te liggen en sterk van elkaar verschillende monsters juist ver uit elkaar⁽¹⁰⁾. Vervolgens is uitgerekend hoe sterk de verandering van de soortensamenstelling in de loop der tijd samenhangt met veranderingen van de waarden van omgevingsvariabelen, zoals de hydromorfologie (breedte, diepte, steilheid van de oever) en de waterchemie.

Water- en moerasplanten

In veel sloten is de waterdiepte veel groter dan de zichtdiepte. De wortelende, ondergedoken waterplanten krijgen daar te weinig licht om zich goed te kunnen ontwikkelen. Niettemin zijn er op 291 locaties nog 151 soorten water- en moerasplanten gevonden. De meeste hiervan zijn ook elders in Nederland algemeen, zoals riet en kroos. Bijzondere brakwatersoorten, zoals zilte waterranonkel en groot nimfkruid komen nog maar weinig voor, maar heen (zeebies) is betrekkelijk algemeen. Uit de ordinaties blijkt dat de soortensamenstelling van de water- en oeverbegroeiing vooral wordt bepaald door de afmetingen van het water, het lichtklimaat en het chloridegehalte en in mindere mate door de

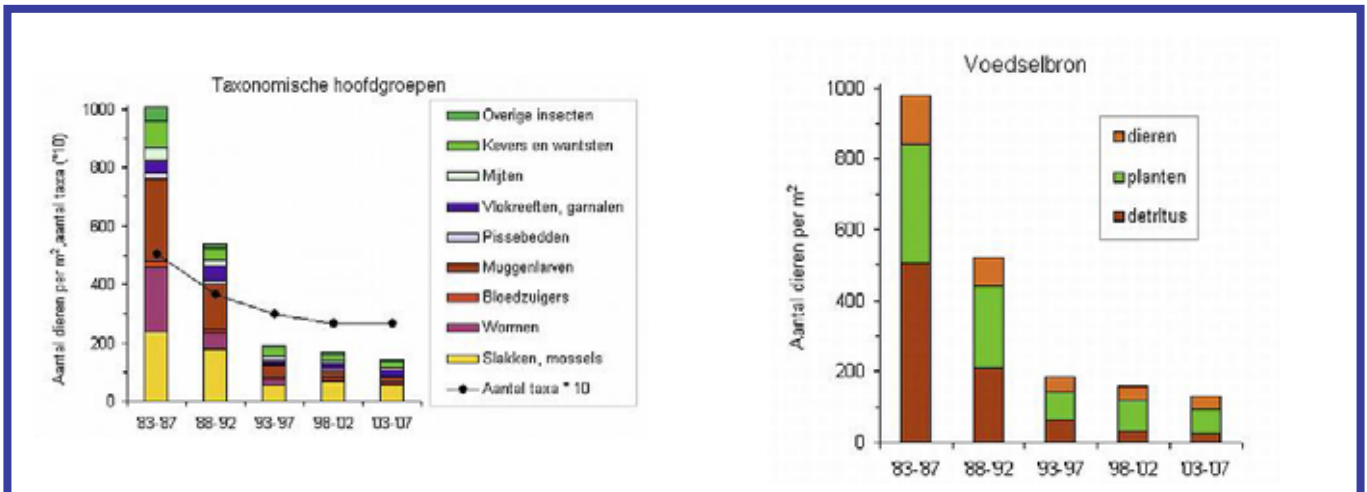
concentraties van totaal-stikstof en totaal-fosfaat.

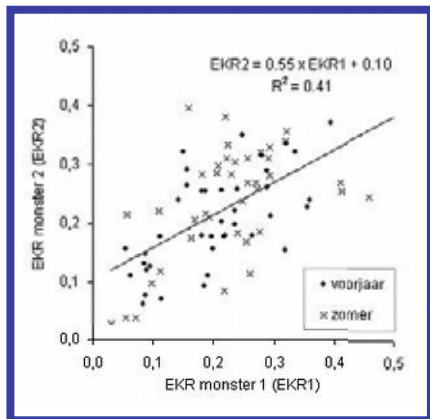
Tussen 1987 en 2007 zijn de hoeveelheden kroos, maar ook die van ondergedoken waterplanten als hoornblad en waterpest en het aantal soorten per locatie sterk afgenomen (zie afbeelding 4). Op de maatlaten van de KRW is de kwaliteit ontoereikend tot slecht. De oorzaken van de verslechtering zijn niet precies bekend: mogelijk spelen de toegenomen vertroebeling van het water en intensiever onderhoud een rol.

Kleine waterdieren

Op en tussen water- en oeverplanten en in de bovenste lagen van de modderbodem zijn tussen 1982 en 2007 op 272 locaties in totaal 462 (groepen van) soorten kleine (ongewervelde) waterdieren gevonden. Het belangrijkste zijn ook elders in Nederland algemene soorten slakken, wormen en muggenlarven, die zich voeden met fijn verdeeld organisch materiaal. Door de verzoeting komen garnalen en kleine kreeftachtigen van brak water nog maar weinig voor. Ruim 5 procent van de dieren bestaat uit exoten als Jenkins' waterhoren (een slakje) en de tijgervlokreeft. Volgens de ordinaties is de soortensamenstelling vooral gecorreleerd met de concentraties van chloride, het doorzicht, totaal-stikstof en de hoeveelheid kroos en andere waterplanten. Ook de afmetingen van het

Afb. 5: Verdeling van de kleine waterdieren uit 809 voorjaars- en 810 zomermonsters uit zoete en zeer zwak brakke sloten in de loop der tijd.





Afb. 6: De EKR in 80 paren duplomonsters van de kleine waterdieren.

water zijn belangrijk, maar de steilheid van de oever niet, behalve in de zwak en matig brakke sloten.

Vanaf 1982 is de dichtheid van de waterdieren afgenomen met een factor vijf. In tegenstelling tot de verwachting nemen vooral de soorten die zich voeden met fijn verdeeld organisch materiaal (detritus) af en de plantenetende soorten in mindere mate (zie afbeelding 5). Het aantal soorten per monster is gehalveerd. De oorzaak van deze veranderingen is niet duidelijk. Mogelijk is er sprake van vergiftiging door toegenomen ammoniak- en sulfideconcentraties. Ook verschillen in bemonstering door wisselingen in het personeel kunnen een rol spelen. Tussen de voorjaars- en zomermonsters bestaan verschillen, maar die zijn van ondergeschikt belang.

Kleisloot langs de Oosterdijk tussen Bergen en Alkmaar (foto: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).



Veensloot in Polder Mijzen bij Avenhorn. (foto: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).



Op de maatlatten van de KRW is de kwaliteit ontoereikend tot slecht. Tussen vlak naast elkaar en simultaan genomen monsters van dezelfde locatie kunnen vaak grote verschillen optreden in de ecologische kwaliteit op deze maatlatten (zie afbeelding 6).

Kiezelwieren

Op de ondergedoken delen van rietstengels zijn tussen 1993 en 2007 (steeds in het voorjaar) op 207 locaties in de tellingen 385 soorten gevonden, vooral soorten uit voedselrijke, zoete tot matig brakke wateren, die ook elders in het land algemeen zijn. Het meest algemeen is Gomphonema parvulum, die karakteristiek is voor voedselrijke wateren die in wisselende mate met organisch afbreekbaar materiaal worden belast. Twaalf soorten, zowel uit voedselarme als sterk brakke tot zoute wateren, zijn nog niet eerder in Nederland gevonden. In het gebied zijn chloride, sulfaat, totaal-fosfaat, de afmetingen van het water en de helling van de oever en in mindere mate totaal-stikstof belangrijke verklarende variabelen voor de soortensamenstelling van de kiezelwieren.

Belangrijker nog dan deze milieuv variabelen is de maand van bemonstering, die tussen 1993 en 2007 is verschoven van april (oude, overjarige rietstengels met veel verticaal aangehechte soorten) naar juni (jonge, nieuwe rietstengels met veel horizontaal aangehechte soorten). De seizoensveranderingen overschaduwen eventuele veranderingen op lange termijn.

Totaalbeeld

De sloten in het Noorderkwartier zijn grotendeels zeer voedselrijk en scoren ontoereikend of slecht op de maatlatten van de KRW, vooral als gevolg van de zeer hoge nutriëntenconcentraties (P-totaal rond 0,7 mg/l), die grotendeels een erfenis zijn van het brakke verleden van een groot deel van het gebied. De KRW-maatlatten voor het gebied behoeven daarom bijstelling. De chlorideconcentratie daalt nog steeds, zodat het brakke watertype op enkele kleine gebieden na op den duur zal verdwijnen. De fosfaatconcentraties zijn in de afgelopen 30 jaar - ondanks grote inspanningen van de waterbeheerder - nauwelijks gedaald. De stikstofconcentraties zijn echter wel gedaald, door afname van toevoer uit diverse bronnen en waarschijnlijk ook door toename van denitrificatie als gevolg van temperatuurstijging door klimaatverandering. De troebelheid van het water is toegenomen. Voor de waterplanten in het Noorderkwartier zijn het chloridegehalte, de afmetingen van het water en het lichtklimaat in het gebied belangrijker dan de nutriëntenconcentraties. De toegenomen troebelheid kan een rol spelen bij de waargenomen achteruitgang van de waterplanten, zowel in soortenaantal als in hoeveelheid. Mogelijk speelt ook de intensivering van het slootonderhoud een rol. Voor de kleine waterdieren zijn onder andere chloride, troebelheid en de hoeveelheid waterplanten belangrijk, naast breedte en diepte van de sloten (niet de steilheid van de oever). Het aantal kleine waterdieren in de monsters is sterk afgenomen. De oorzaak hiervan is nog niet duidelijk, maar kan deels

Matig brakke sloot bij Oosterend op Texel (foto: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).



Veensloot in de Kalverpolder bij de Zaanse Schans (foto: Wim Oskam).





Zwak brakke sloot bij Ilpendam (foto: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).

te maken hebben met veranderingen in methoden.

Hoe verder?

De resultaten uit het onderzoek geven aan dat het zoute verleden ook nu nog van grote invloed is op de chemie en biologie van het oppervlaktewater. Dit heeft gevolgen voor het opstellen van de KRW-doelen en de mogelijke haalbaarheid van doelen na uitvoering van maatregelen. In de komende jaren zal nader worden onderzocht hoe groot de invloed van de sterk verhoogde concentraties van stoffen op de kwaliteit van het oppervlaktewater precies is. Dit is van belang om de effectiviteit van voorgenomen maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit, waarmee vaak grote sommen geld gemoeid zijn, beter in te kunnen schatten.

De tot nu toe gebruikte onderzoeksmethoden blijken niet altijd adequaat te zijn gedocumenteerd. De kwaliteit van de determinaties wisselt in de loop der jaren en de waarnemingen zijn niet steeds op vergelijkbare tijdstippen gedaan. Er dient meer aandacht te worden besteed aan intercollegiale toetsing. De representativiteit van macrofaunamonsters dient nader te worden onderzocht. De alkaliniteit, als sturende factor voor veel biogeochemische processen, verdient meer aandacht.

In een robuust meetnet, dat aansluit op huidige en toekomstige beleidsopgaven, levert de soortensamenstelling van de verschillende biologische kwaliteitselementen - na bewerking tot relevante indices - de benodigde informatie¹¹⁾. De methoden uit de beginjaren van de monitoring geven niet voldoende informatie voor de KRW-beoordelingen. Bij de herziening van de meetnetten in 2007-'08 zijn deze daarom aangepast aan de richtlijnen voor de KRW en het Kwaliteits-handboek Hydrobiologie¹²⁾.

Om op statistisch verantwoorde wijze een algemeen beeld van de veranderingen in de ecologische kwaliteit van de sloten in het gebied te krijgen, blijken tenminste enkele tientallen locaties per type nodig te zijn¹³⁾. De mogelijke afstemming op andere meetnetten van de waterbeheerder en anderen dient te worden onderzocht. De resultaten dienen ten minste eens per zes jaar te worden gepresenteerd in een rapportage, waarin veranderingen worden besproken en voorstellen tot bijstelling van het meetnet kunnen worden gedaan.

De informatie uit de nieuwe meetnetten zal gebruikt worden om de KRW-doelen scherper te stellen, de effecten van de maatregelen te toetsen en een goede onderbouwing te geven voor het doen van nader onderzoek bij het uitblijven van gewenste effecten na genomen maatregelen.

LITERATUUR

- 1) Van Dam H. (2009). Evaluatie basismetnet waterkwaliteit Hollands Noorderkwartier: trendanalyse hydrobiologie, temperatuur en waterchemie 1982-2007. Rapport 708.
- 2) Van Dam H. en A. Mertens (2008). Vennen minder zuur maar warmer. H₂O nr. 12, pag. 36-39.
- 3) Van Dam H., J. Wanink, F. Grijpstra en T. Claassen (2008). Trendanalyse 1981-2005 van hydrobiologische gegevens uit Friesland. H₂O nr. 6, pag. 29-34.
- 4) De Klein J. (2008). From ditch to delta: nutrient retention in running waters. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- 5) Evers C., A. van den Broek, R. Buskens, A. van Leerdam en R. Knoben (2007). Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA-rapport 2007-32b / RWS-WD-rapport 2007-019.
- 6) Pot R. (2008). QBwat: ecologische beoordeling van waterkwaliteit conform de Europese Kaderrichtlijn Water, versie 4.16.
- 7) Van den Berg M. (2004). Achtergrondrapportage referenties en maatlatten waterflora. Expertteam macrofyten en fytoplankton. STOWA / RIZA.
- 8) Verdonschot P. (1990). Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel: het netwerk van cenotypen als instrument voor ecologisch beheer, inrichting en beoordeling van oppervlaktewateren. Rijksinstituut voor Natuurbeheer / Provincie Overijssel.
- 9) Amesz M. en A. Barendregt (1996). IMRAM: een voorspellingsmodel voor aquatische macrofauna in Noord-Holland. Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht.
- 10) Ter Braak C. en P. Smilauer (2002). CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Biometris / České Budějovice.
- 11) Knotters M. (2008). Een blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving. WOT-studies 6. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- 12) STOWA (2010). Kwaliteitshandboek hydrobiologie.