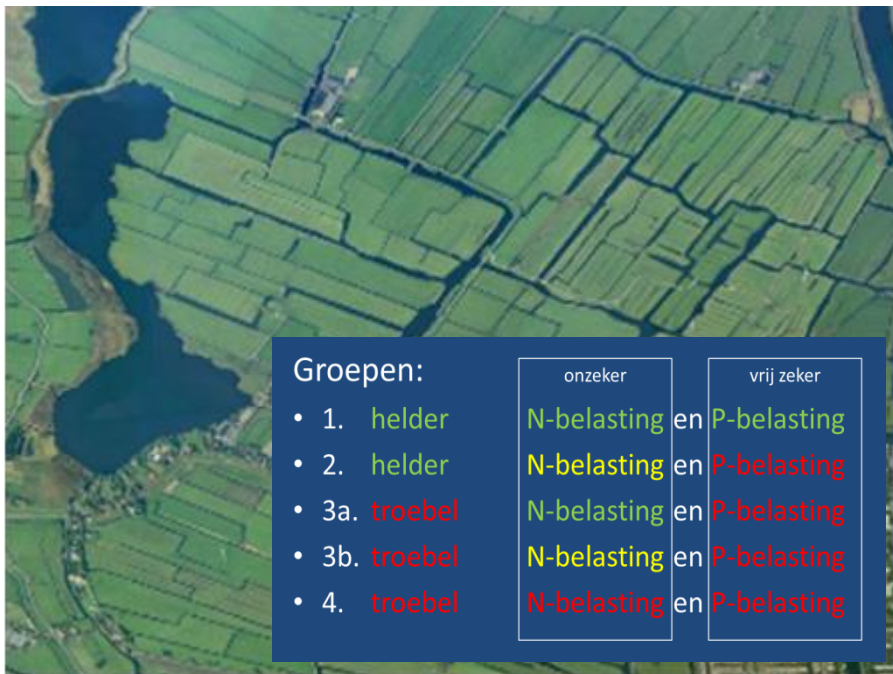


Doelen op maat

2. Analyse ESF Lichtklimaat, Productiviteit water en Habitatgeschiktheid



Doelen op maat

2. Analyse ESF Lichtklimaat, Productiviteit water en Habitatgeschiktheid

Rapport 2015-009

R. Bijkerk
N. Jaarsma
H. van Dam

Nico Jaarsma
Ecologie en Fotografie

Natuur
Water Herman van Dam

 **koeman en bijkerk bv**
ecologisch onderzoek en advies

| | |
|-------------|---------------------------|
| bezoekadres | oosterweg 127 Haren |
| postadres | postbus 111 9750 AC Haren |
| telefoon | 050 8200018 |
| telefax | 050 8200013 |
| email | info@koemanenbijkerk.nl |
| website | www.koemanenbijkerk.nl |

Colofon


| | |
|-------------------------------|---|
| Opdrachtgever | Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier Postbus 250, 1700 AG Heerhugowaard |
| Titel | Doelen op maat |
| Subtitel | 2. Analyse ESF Lichtklimaat, Productiviteit water en Habitatgeschiktheid |
| Auteurs | R. Bijkerk, N. Jaarsma, H. van Dam |
| Datum | 23 november 2015 |
| Pagina's (inclusief bijlagen) | 95 |
| Registratienr | 14.0051431 |
| Projectnr | 2014-140 |
| Rapportnr | 2015-009 |
| Status | Definitief |
| Akkoord | Ir. H. Boonstra (<i>adviseur hydrobiologie</i>) |
| Paraaf |  |

Foto omslag:

Deze publicatie kan geciteerd worden als:

Bijkerk R, Jaarsma N & van Dam H (2015) Doelen op maat. 2. Analyse ESF Lichtklimaat, Productiviteit water en Habitatgeschiktheid. KenB rapport 2015-009. Koeman en Bijkerk bv, Haren/Nico Jaarsma Aquatische Ecologie & Fotografie, Den Hoorn/Adviseur Water en Natuur, Amsterdam

© Koeman en Bijkerk bv / Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Koeman en Bijkerk bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Koeman en Bijkerk bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Koeman en Bijkerk bv; opdrachtgever vrijwaart Koeman en Bijkerk bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Inhoudsopgave

| | |
|---|-----------|
| COLOFON | 3 |
| VOORWOORD | 7 |
| SAMENVATTING | 9 |
| 1 INLEIDING | 11 |
| 1.1 Achtergrond | 11 |
| 1.2 Vraagstelling | 11 |
| 1.3 Leeswijzer | 12 |
| 2 OPZET | 13 |
| 2.1 Uitgangspunten | 13 |
| 2.2 Onderzoeksgebied en afbakening | 15 |
| 2.3 Ecologische sleutelfactoren | 17 |
| 2.4 Van globaal tot gedetailleerd | 21 |
| 2.5 De doelen van de studie samengevat | 22 |
| 2.6 Verantwoording | 22 |
| 3 TYPOLOGIE: ZOET, BRAK OF EEN BEETJE VAN BEIDE | 23 |
| 3.1 Achtergrond | 23 |
| 3.2 Werkwijze | 25 |
| 3.3 Representativiteit | 26 |
| 3.4 Brakkarakter | 26 |
| 4 LICHTKLIMAAT | 31 |
| 4.1 Achtergrond | 31 |
| 4.2 Werkwijze | 32 |
| 4.3 Representativiteit | 32 |
| 4.4 Verhouding Zichtdiepte/Waterdiepte | 32 |
| 4.5 Oorzaken troebelheid | 35 |
| 4.6 Kroosbedekking | 38 |
| 5 PRODUCTIVITEIT WATER | 45 |
| 5.1 Achtergrond | 45 |
| 5.2 Werkwijze | 46 |
| 5.3 Representativiteit | 47 |
| 5.4 Overschrijdt de actuele belasting de kritische belasting? | 47 |
| 5.5 In hoeverre komt een overschrijding van de kritische belasting tot uitdrukking in nutriëntengehalten, helderheid en productiviteit? | 49 |
| 5.6 Welke andere factoren bepalen (of beperken) de productiviteit? | 62 |
| 5.7 Is N-limitatie beperkend voor de productiviteit? | 63 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 6 | HABITATGESCHIKTHEID | 67 |
| 6.1 | Achtergrond | 67 |
| 6.2 | Vraagstelling | 67 |
| 6.3 | Welke textuureigenschappen belemmeren groei en worteling van waterplanten? | 67 |
| 6.4 | Waar komen deze bodems voor binnen het beheergebied? | 68 |
| 6.5 | Bij welke condities van zwavelverbindingen, ammonium en zuurstof is het habitat ongeschikt? | 71 |
| 6.6 | Waar komen deze condities voor binnen het beheersgebied | 72 |
| 6.7 | Welk onderzoek moet worden gedaan om deze vragen te beantwoorden? | 72 |
| 7 | INTEGRATIE | 75 |
| 7.1 | Vijf groepen van waterlichamen op basis van belasting en toestand | 75 |
| 7.2 | Ecologische Sleutelfactoren | 78 |
| 7.3 | Functioneren watersystemen | 79 |
| 8 | HOE VERDER? | 83 |
| 8.1 | Nadere analyse van de groepen: | 83 |
| 8.2 | Nadere analyse van ESF'en | 84 |
| 8.3 | Aanbevelingen voor monitoring | 86 |
| 9 | LITERATUUR | 87 |
| BIJLAGE I | AFWATERINGSGEBIEDEN HHNK: KRW-TYPE, AANTAL MEETPUNTEN EN BODEMAARD | 89 |
| BIJLAGE II | AFWATERINGSGEBIEDEN HHNK: LANDGEBRUIK | 90 |
| BIJLAGE III | AFWATERINGSGEBIEDEN HHNK: INDICATIE MEETFREQUENTIE | 91 |
| BIJLAGE IV | DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN | 92 |
| BIJLAGE V | AFWATERINGSGEBIEDEN HHNK: AANTAL MEETPUNTEN EN WAARNEMINGEN CL, N, P, DIEPTE, ZD, ZS EN CHLA | 93 |
| BIJLAGE VI | AFWATERINGSGEBIEDEN HHNK: CHLORIDEGEHALTEN (IN MG/L) | 94 |
| BIJLAGE VII | INDELING AFWATERINGSGEBIEDEN IN BELASTINGGROEPEN EN ZOMERGEMIDDELDEN VAN GEBRUIKTE GEGEVENS | 95 |

Voorwoord

Voor de derde generatie stroomgebiedsbeheersplannen wil het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier haar doelen gebieds- en watersysteemgericht vaststellen. Dat wil zeggen, met inachtneming van de achtergrondbelasting en de specifieke ecologische factoren eigen aan de verschillende waterlichamen.

In een eerste stap hebben we een exploratieve analyse gemaakt van de factoren lichtklimaat en nutriëntenbeschikbaarheid: wat bepaalt de troebelheid in de verschillende waterlichamen en hoe zit het met de beschikbaarheid van stikstof en fosfaat (Bijkerk & van Dam, 2014). In deze tweede stap is een analyse uitgevoerd volgens de systematiek van de Ecologische Sleutelfactoren, naar het lichtklimaat, de productiviteit van het water die in de ESF-systematiek vooral samenhangt met de nutriëntenbelasting en de habitatgeschiktheid voor waterplanten, met het oog op het beschrijven van de huidige situatie en het vaststellen van knelpunten. Daarnaast is aandacht besteed aan de factor chloride. In dit rapport presenteren we de resultaten.

Wij danken Gert van Ee voor zijn enthousiasme om met deze studie aan de slag te gaan en Martin Meirink en Ton Schermer voor de aanlevering van gegevens. Gert van Ee, Martin Meirink, Ben Eenkhoorn en Dennis Kos gaven waardevol commentaar tijdens presentaties van voorlopige resultaten. De projectleiding vanuit HHNK berustte bij Gert van Ee.

Haren, 23 november 2015

Ronald Bijkerk
Nico Jaarsma
Herman van Dam

Samenvatting

Voor de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) moet de komende jaren gewerkt worden aan de derde stroomgebiedsbeheersplannen voor de planperiode 2021-2027 (SGBP3). Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) wil in SGBP3 haar doelen gebieds- en watersysteemgericht vastgesteld hebben. Dat wil zeggen, met inachtneming van de achtergrondbelasting en de specifieke ecologische factoren eigen aan de diverse waterlichamen. Om deze factoren te kennen en hun invloed op de ontwikkeling van de biologische kwaliteitselementen te weten te komen, laat het HHNK onderzoek uitvoeren.

ESF

In dit rapport presenteren we de resultaten van een analyse van de factoren Lichtklimaat, Productiviteit van het water en Habitatgeschiktheid, volgens de systematiek van de Ecologische Sleutelfactoren (ESF). Daarnaast besteden we aandacht aan de factor chloride, omdat deze factor van grote invloed is op de macrofauna en een criterium is in de KRW-typologie die ten grondslag ligt aan de doelaflleiding en beoordeling. In de ESF-systematiek zou deze analyse onder de sleutelfactor Habitatgeschiktheid geschaard kunnen worden, we hebben hem hier echter apart beschreven los van de ESF'en.

Doel en uitgangspunt

Doelen van deze analyses zijn (1) inzicht in het functioneren van de watersystemen, in de mogelijkheden en knelpunten voor de aflleiding van doelen, en (2) een ecologische ordening van de monitoringdata die het HHNK in de periode 2004-2014 heeft verzameld. Hieronder verstaan we een groepering van gegevens gericht op het verkrijgen van inzicht in ecologische toestanden en sleutelfactoren. Dit is een bijkomend doel, dat duidelijk maakt welke gegevens nodig zijn om het gewenste inzicht te verkrijgen. De periode 2004-2014 is gekozen om de analyses actueel te laten zijn en toch over voldoende gegevens te beschikken om tot representatieve resultaten te kunnen komen.

Ons uitgangspunt in de analyses is dat groei van ondergedoken waterplanten een vereiste is voor de ontwikkeling van voldoende biodiversiteit onder macrofauna en vis om een goede score op de betreffende KRW-maatlatten te kunnen krijgen.

Chloride

Minder dan een kwart van de 51 afwateringsgebieden valt wat brakarakter betreft volledig binnen de klassegrenzen van zijn KRW-type. Dat zijn tien zoete gebieden en twee zwak brakke gebieden. Binnen de overige gebieden is de ruimtelijke variatie zodanig groot, dat jaargemiddelde chloridegehalten op een deel van de meetpunten de klassegrenzen overschrijden die de watertypen onderscheiden. Daarmee wordt het moeilijk om terug te vallen op de gangbare watertypen, voor de beoordeling en de doelaflleiding. De gradiënten binnen een gebied zijn vrij stabiel: de temporele variatie op een meetpunt, mits betrokken op de klassegrenzen die behoren bij de eigenlijke typologie van dat punt, is op de meeste punten betrekkelijk gering.

Een overschrijding van de grens van 300 mg Cl/l beperkt naar alle waarschijnlijkheid de bestaansmogelijkheden van veel positieve en kenmerkende macrofaunasoorten die

uitsluitend voorkomen bij chloridegehalten lager dan 300 mg/l. Deze soorten hebben we nodig voor een goede score op de KRW-maatlat.

Lichtklimaat

De analyse van de ESF Lichtklimaat laat zien dat in ongeveer een derde van de oppervlakte van het beheergebied van HHNK de wateren gemiddeld voldoende helder zijn om licht tot op de bodem te laten doordringen zodat waterplanten zich kunnen ontwikkelen. In de overige tweederde zijn de wateren gemiddeld te troebel. Maar ook in die gemiddeld troebele gebieden zijn locaties waar het lichtklimaat wel voldoende is. Wateren met een zandbodem (> 50% zand in de ondergrond) hebben een significant hogere verhouding tussen doorzicht en waterdiepte dan klei- en veenwateren. Dit komt doordat de waterdiepte in veel zandwateren lager is dan in klei- en veenwateren. Voor wateren met overwegend (> 50%) klei of veen in de bodem is er een duidelijke relatie tussen de zichtdiepte en de hoeveelheid fytoplankton (chlorofyl-a), die omstreeks 60% van de variatie in de zichtdiepte verklaart. Het doorzicht in afwezigheid van algen (het achtergronddoorzicht) wordt met dit model geschat op slechts 0,7 meter. Er is een positieve relatie tussen het percentage veen in de bodem en het gehalte zwevende stof zonder algen, die 23% van de variatie in dit gehalte verklaart. Het lichtklimaat verdient in het vervolg nog nadere aandacht (aanvullende monitoring en analyse).

Productiviteit water

De analyse van de ESF Productiviteit water heeft als vertrekpunt een vergelijking tussen de kritische en actuele, externe nutriëntenbelasting. Op basis hiervan kunnen 40 van de 51 afwateringsgebieden ingedeeld worden in één van vijf 'belastinggroepen', die verschillen in P- en N-belasting en helderheid. De volgende vijf zijn onderscheiden:

- Groep 1 Heldere wateren met een lage N- en P-belasting (3);
- Groep 2 Heldere wateren met een matige N-belasting en een hoge P-belasting (11);
- Groep 3a Troebele veenkanalen met een lage N-belasting en een hoge P-belasting (8);
- Groep 3b Troebele wateren met een matige N- en een hoge P-belasting (7);
- Groep 4 Troebele wateren met een hoge N- en P-belasting (11).

Deze vijf groepen zijn uitgangspunt van verdere analyses. Drie voorbeelden:

- (1) ondanks hun lage N-belasting kennen de troebele veenkanalen (groep 3a) de hoogste chlorofyl-a-gehalten. Veenafbraak vormt hier vermoedelijk een interne bron van N;
- (2) hoge kroosbedekkingen komen relatief veel voor in de wateren van groep 1.
- (3) de relatief hoge externe belasting met P en N in groep 4 komt maar beperkt tot uitdrukking in een hoge productiviteit van algen of vis.

Habitatgeschiktheid

De meeste waterplanten vermijden plaatsen met weinig geconsolideerde sedimenten. Vanwege de gebrekkige verankering en de aanwezigheid van giftige sulfiden en ammonium. Deze kritische gehalten worden overschreden op bijna een derde van 28 locaties die onderzocht zijn in het zuidelijk deel van het beheergebied van HHNK. Van 34 afwateringsgebieden zijn slibdikten bekend. De gemiddelde dikte van de sliblaag, varieert van 0 cm in polder Vier Noorder Koggen -2,20 tot 55 cm in t Twiske.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Voor de tweede generatie stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP2) heeft het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) medio 2014 de ecologische doelen vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de relatief hoge natuurlijke achtergrondbelasting in het beheergebied (Schipper *et al.* 2014).

In de aanloop hiernaar, zijn ook twee studies uitgevoerd naar enkele fundamentele, ecologische randvoorwaarden voor een goede, ecologische ontwikkeling in de verschillende afwateringsgebieden (Bijkerk & van Dam 2014, Witteveen + Bos 2014). Ten opzichte van het landelijke beeld blijkt de situatie in het beheergebied van HHNK wat betreft deze ecologische stuurfactoren vrij uitzonderlijk:

- de achtergrondbelasting met P is dusdanig hoog als gevolg van biochemische processen in veelal mariene afzettingen dat de kritische waarde van de P-belasting alleen daardoor al in veel gebieden overschreden wordt;
- de primaire productie is in veel afwateringsgebieden potentieel stikstofgelimiteerd;
- de troebelheid wordt in veel afwateringsgebieden niet veroorzaakt door algen maar door andersoortige zwevende stof;
- de chloridegehalten vertonen in sommige afwateringsgebieden een dusdanig grote variatie, dat deze gebieden moeilijk in alleen zoete of brakke KRW-typen in te delen zijn.

Dit beeld is gebaseerd op een globale analyse van meetresultaten van grotendeels abiotische parameters, op één of enkele meetpunten binnen de verschillende afwateringsgebieden. Voor de derde generatie stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP3, planperiode 2012-2027) wil het HHNK het inzicht in het ecologische functioneren binnen de verschillende afwateringsgebieden vergroten, om uiteindelijk te kunnen komen met ecologisch goed onderbouwde doelen.

1.2 Vraagstelling

Op dit moment is nog onvoldoende bekend:

- wat de ruimtelijke variatie aan ecologisch relevante factoren is binnen de verschillende afwateringsgebieden;
- hoe biologische kwaliteitselementen reageren op (variërende) ecologische condities binnen de afwateringsgebieden.

In de komende jaren moet voldoende relevante informatie worden verzameld om hierin inzicht te krijgen, zodat het HHNK zijn KRW-doelen ecologisch goed kan onderbouwen.

De ecologen van het HHNK moeten duidelijk kunnen maken welke keuzes er zijn en wat de consequenties zijn van die keuzes.

Afhankelijk van politieke ontwikkelingen in de KRW-implementatie, wordt het wellicht mogelijk om binnen afwateringsgebieden *c.q.* waterlichamen, verschillende doelen te formuleren. Met inzicht in de variatie binnen gebieden en in de respons hierop van de biologische kwaliteitselementen, zou een 'gebiedsafhankelijke doelafleiding' ingevuld kunnen worden.

De relevante informatie willen wij stapsgewijs verzamelen in een gefaseerd project, in nauwe samenwerking met medewerkers van het HHNK en op basis van duidelijke vragen. Op deze wijze denken wij een maximale doelmatigheid en betrokkenheid en een optimaal draagvlak te kunnen realiseren. In hoofdstuk 2 werken we deze opzet uit.

1.3 Leeswijzer

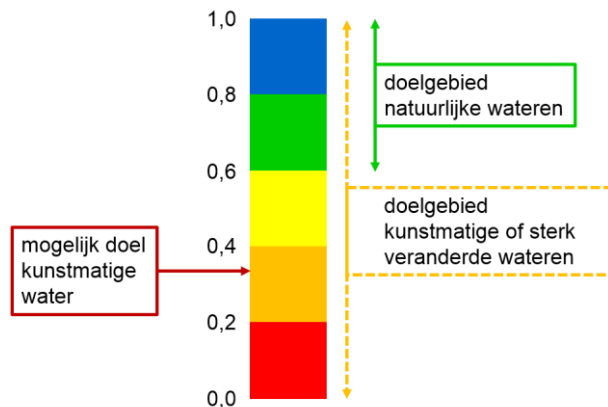
In hoofdstuk 2 geven we een beschrijving van de opzet van dit onderzoek. We doen een analyse van de abiotische condities volgens de systematiek van de Ecologische Sleutelfactoren (ESF) en vanuit de veronderstelling dat helder plantenrijk water een vereiste is voor een goede ecologische kwaliteit. In de daaropvolgende hoofdstukken bespreken we de resultaten van onze werkzaamheden voor de sleutelfactoren Lichtklimaat, Productiviteit water en Habitatgeschiktheid. Voor elke sleutelfactor worden achtergrond en werkwijze kort besproken, waarna de resultaten van de analyses gepresenteerd worden. Daarnaast besteden we aandacht aan de huidige typologie van wateren op basis van het chloride gehalte en kijken we of de huidige indeling recht doet aan de gemeten variatie in ruimte en tijd. In Hoofdstuk 7 geven we een gedetailleerde samenvatting van de resultaten per ESF en een hypothetische schets van het functioneren van de watersystemen in het beheergebied van HHNK. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek presenteren we in hoofdstuk 8.

2 Opzet

2.1 Uitgangspunten

Doelen op de maatlat

Biologische doelen worden gekwantificeerd door middel van een Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) op de KRW-maatlat. Het vaststellen van biologische doelen komt dus neer op het bepalen van de EKR die we minimaal willen bereiken. Voor wateren die als “natuurlijk” zijn gekarakteriseerd is dat eenvoudig: de ecologische toestand moet minimaal goed zijn (GET), dus het doelgebied wordt begrensd door de EKR's 0,6 en 1,0. Binnen het beheergebied van HHNK zijn alle waterlichamen als sterk veranderd of als kunstmatig gekarakteriseerd. Voor deze wateren ligt het ingewikkelder. In dat geval moet men streven naar een Goed Ecologisch Potentieel (GEP). Waar dit GEP ligt op de KRW maatlat verschilt per waterlichaam. Het ligt standaard (default) op een EKR-waarde van 0,6. Maar als men kan motiveren dat dit om technische of maatschappelijke redenen niet haalbaar is, kan men een lager doel stellen. In beginsel wordt het doelgebied voor dit soort wateren dus begrensd door de EKR's 0,0 en 1,0, maar in de praktijk meestal door de EKR's 0,0 en 0,6 (Figuur 1).



Figuur 1 Doelen worden aangegeven met een positie (EKR) op de maatlat. Voor natuurlijke wateren moet de EKR groter zijn dan 0,6. Voor kunstmatige of sterk veranderde, natuurlijke wateren, mag de EKR lager zijn dan 0,6.

Typologie

De maatlaten voor de KRW-beoordeling zijn specifiek ontwikkeld voor omschreven watertypen. Deze watertypen verschillen in de mate van stroming, in het chloridegehalte of de alkaliteit, in de breedte of oppervlakte en in de diepte de aard van de bodem (Elbersen *et al.* 2003). Met name de parameters stroming en chloridegehalte bepalen welke flora en fauna zich in een water kunnen ontwikkelen. Daarom zijn deze parameters al op een hoog niveau onderscheidend in de typologie. Om te zorgen dat we de juiste doelen stellen en met de juiste maatlat meten, moeten we vaststellen tot welk type ons water behoort.

Typologie raakt aan het ESF-thema Habitatgeschiktheid (zie verder in dit hoofdstuk), maar kan andere consequenties hebben voor de doelstellingen:

- KRW-doelen en beoordelingen vloeien voort uit referentiebeelden voor watertypen. Als een water niet onder één type gevat kan worden, kunnen we niet terugvallen op onze landelijke systematiek voor doelafleiding en beoordelingen. Feitelijk past de KRW-typologie dan niet. Dit is een methodisch probleem en kan niet met maatregelen worden opgelost;
- wanneer de habitatgeschiktheid in het geding is, hoeft dat niet te betekenen dat ons referentiebeeld niet van toepassing is. Alleen dat het habitat ten opzichte van dit beeld te wensen over laat en wellicht door maatregelen kan worden verbeterd.

Watervegetatie

Wat is nodig voor een goede ecologische toestand? Een goede waterkwaliteit, zult u zeggen, maar wanneer is de waterkwaliteit goed..? Het uitgangspunt dat wij hanteren is dat een goede ecologische toestand alleen kan ontstaan als ondergedoken waterplanten de kans krijgen zich te ontwikkelen. Hierdoor ontstaat de verscheidenheid in habitat en voedselaanbod, die ten grondslag ligt aan een grotere soortenrijkdom van macrofauna, amfibieën en vis. En het is vooral de toename van de biodiversiteit die maatgevend is voor een ecologische verbetering en leidt tot een hogere score op de KRW-maatlatten.

Ruimtelijke variatie

De ecologische factoren die de typologie en de ecologische toestand bepalen, kunnen variëren binnen afwateringsgebieden. Dit is een gevolg van hydrologische en morfologische gradiënten binnen gebieden en van het 'zelfreinigend vermogen' van watersystemen. De KRW veronderstelt dat waterlichamen qua typologie homogeen zijn, dus geen ruimtelijke variatie vertonen. In het beheergebied van HHNK leidt de aanwezigheid van oude mariene afzettingen en brakke kwel tot ruimtelijke variaties in de chloridebelasting binnen afwateringsgebieden, met consequenties voor de typologie en daarmee voor de doelafleiding. Daarom is ons onderzoek ook gericht op het vaststellen van de ruimtelijke variatie binnen afwateringsgebieden, met specifieke aandacht voor chloride. Deze ruimtelijke variatie kan een aanleiding zijn om binnen afwateringsgebieden verschillende doelen te stellen.

Temporele variatie

De temporele variatie of variatie in de tijd, van de ecologische toestand en van ecologische factoren, kent drie tijdschalen:

- 1) de variatie over een etmaal; een factor waarvan de variatie over het etmaal van grote invloed is op het leven, is het zuurstofgehalte, met name in stilstaande ondiepe wateren; het zuurstofgehalte varieert door de afwisseling van productie en respiratie, dat weer varieert met de hoeveelheid daglicht;
- 2) de variatie over het jaar; seizoensmatige variatie in temperatuur en lichtinstraling en in reactie daarop bijvoorbeeld allerlei microbiële processen, zoals mineralisatie en denitrificatie; maar ook de vorming van kroosdekken leidt tot een seizoensmatige variatie in het lichtaanbod op de bodem en in de zuurstofhuishouding;

- 3) de variatie over een periode van meerdere jaren; door natuurlijke processen maar vooral door menselijk handelen, kunnen allerlei ecologische factoren geleidelijk en soms vrij plotseling veranderen, bijvoorbeeld de belasting van het oppervlaktewater met organische stof (saprobiëring), voedingsstoffen (eutrofiëring) en toxicanten.

Ad 1)

De variatie over een etmaal heeft misschien wel meer invloed op de levensgemeenschap dan wij denken, vooral op het vóórkomen van gevoelige soorten. Deze variatie kunnen we niet direct afleiden uit de fysisch-chemische monitoring, omdat metingen en bemonsteringen maar op één tijdstip op de dag plaatsvinden. Indicaties voor een grote variatie in het zuurstofgehalte kunnen we afleiden uit het BZV, de dikte van de sliblaag en het ammoniumgehalte.

Ad 2)

In beginsel beschrijven we de waterkwaliteit op basis van jaargemiddelden (chloride) of zomerhalfjaargemiddelden (gemiddelden over de maanden april tot en met september; nutriënten, zichtdiepte). Seizoensafhankelijke factoren waar we rekening mee houden zijn de vorming van kroosdekken en de beschikbaarheid van stikstof door middel van een evaluatie van de verhouding tussen stikstof en fosfaat.

Ad 3)

De lange-termijnontwikkelingen van de waterkwaliteit en hydrobiologie in het beheergebied van HHNK tussen 1982 en 2007 zijn beschreven door van Dam (2009). Sterk afgenomen in deze periode zijn de hoeveelheden kroos en ondergedoken waterplanten en de dichtheid van de macrofauna. Omdat we moeten uitgaan van de actuele situatie, maar tegelijkertijd van zoveel mogelijk meetpunten meerdere meetjaren willen hebben, hebben we voor ons onderzoek gebruik gemaakt van monitoringgegevens uit de periode 2004-2014. Bijlage III geeft een indicatie van de waarnemingsdichtheid.

2.2 Onderzoeksgebied en afbakening

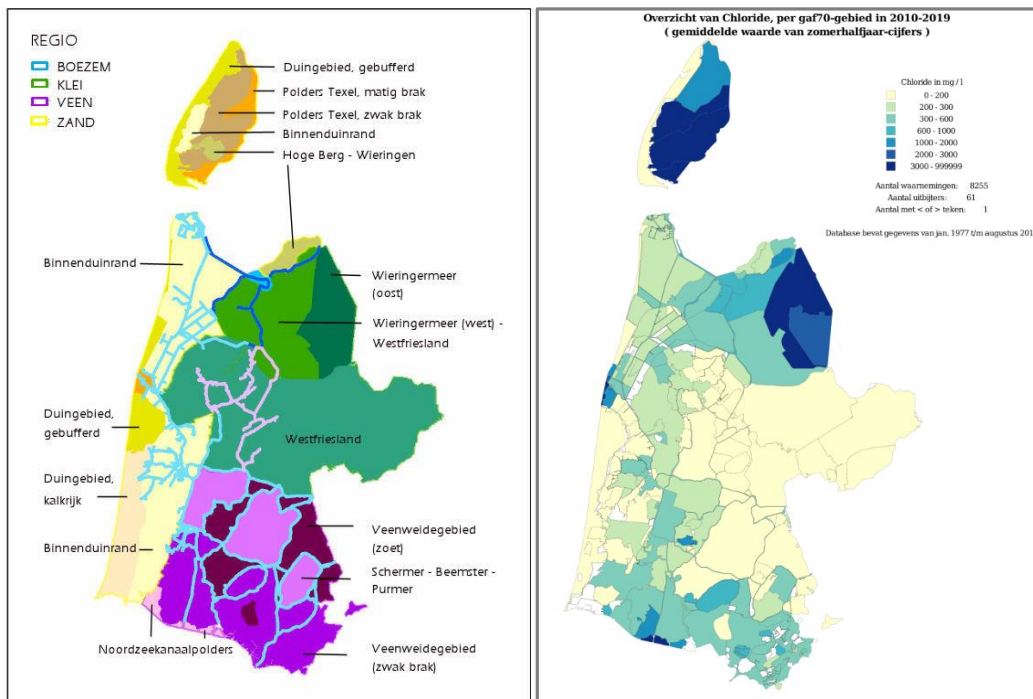
Van Dam (2009) heeft een beschrijving gegeven van de ontstaansgeschiedenis, de onderscheiden landschappelijke regio's, menselijke invloed en landgebruik van het beheergebied van HHNK. Onderstaande samenvatting en figuren zijn grotendeels ontleend aan dit rapport. Voor een uitgebreide beschrijving verwijzen wij naar het oorspronkelijke rapport.

Gebiedsbeschrijving

Het gebied van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is een kustgebied, waar de bodem bestaat uit zand, veen en klei. Figuur 2 (linkerpaneel) geeft de ligging van het dominante bodemtype globaal weer. In de late Middeleeuwen en daarna is het gebied steeds meer door de mens beïnvloed. Meren zijn drooggemalen en door bemaling is de ontwatering sterk toegenomen. De meeste wateren in het gebied zijn kunstmatig en hebben een vast peil (sloten, kanalen). De oevers zijn vaak steil en beschoeid, wat vooral geldt voor de boezemwateren. Het boezemsysteem is het centrale aan- en

afvoersysteem. In grote lijnen wordt het water het beheergebied ingelaten vanuit het Markermeer en het IJsselmeer. Het water wordt afgevoerd naar de Waddenzee via Den Helder en naar het Noordzeekanaal via de Zaan. Min of meer natuurlijke wateren, met een wisselend peil, komen vrijwel alleen in de duinen voor. Texel is voor de aanvoer van zoet water voor een groot afhankelijk van neerslag. Daarnaast wordt drinkwater aangevoerd vanaf het vaste land. Dit water vindt vervolgens zijn weg naar het oppervlaktewater via rioolstelsels en de RWZI Eversteekoog. Het waterbeheer is gericht op het zoveel mogelijk vasthouden van het zoete water.

Vanaf de late Middeleeuwen tot 1932 is het gebied meer en meer omgeven door zout water. Met de aanleg van de Afsluitdijk is de nog steeds voortgaande verzoeting ingetreden. Het rechterpaneel in Figuur 2 geeft de ruimtelijke variatie in het zoutgehalte weer. Het grootste deel van het gebied is in gebruik als agrarisch gebied (grasland, akkerbouw, tuinbouw, bollenteelt) en wordt bemest. Een deel van de voedingsstoffen komt door uit- en afspoeling in het oppervlaktewater. Daarnaast komen nutriënten vrij uit de brakke ondergrond en bij de oxidatie van ontwaterd veen, zodat het oppervlaktewater grotendeels zeer voedselrijk is. Een beperkt deel van de nutriënten wordt aangevoerd door effluent van rioolwaterzuiveringen, inlaat van water uit het Markermeer en regenwater.



Figuur 2 Linkerpaneel: regio-indeling van het Hollands Noorderkwartier (Grontmij 2006); rechterpaneel: huidige zomergemiddelde chloridegehalte (mg/l) van het oppervlaktewater (bron: HHNK).

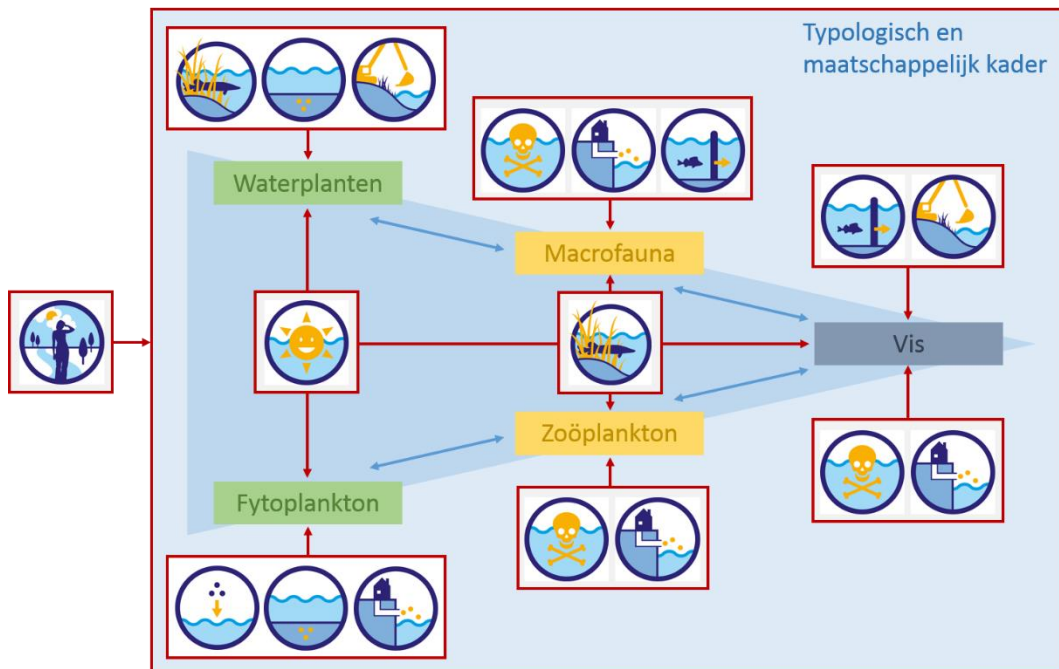
Afbakening

Voor de KRW is het beheergebied van HHNK ingedeeld in 51 waterlichamen, voor ieder waterlichaam is eveneens het bijbehorende afwateringsgebied bepaald (GAF90-gebied). Het onderzoek richt zich op deze 51 KRW-afwateringsgebieden (Bijlage I-III, met uitzondering van de gebieden IJsselmeer, Markermeer, Noordzeekanaalpolders en Waddenzee). NB: het gebied Beverwijk en Wijkermeerpolder is geen KRW waterlichaam meer, maar is nog wel onderscheiden in de bijlagen.

2.3 Ecologische sleutelfactoren

Welke stuurfactoren bepalen de ecologische toestand? In de systematiek van Ecologische Sleutelfactoren (ESF) voor stilstaande wateren worden negen factoren onderscheiden (STOWA 2014; zie kader op pagina 19 en Bijlage IV). Met uitzondering van de factor Context, gaat het om abiotische factoren.

In de Ecologische Sleutelfiguur (Figuur 3) laten we zien hoe deze factoren aangrijpen op de biotische onderdelen van het watersysteem (fytoplankton, waterplanten, zoöplankton, macrofauna en vissen).



Figuur 3 De Ecologische Sleutelfiguur laat zien hoe de Ecologische Sleutelfactoren aangrijpen op de biologische kwaliteitselementen.

Welke sleutelfactoren zijn onderzocht in dit rapport?

Om ondergedoken watervegetatie te kunnen krijgen moet volgens de ESF systematiek worden voldaan aan een lage productiviteit van het water (ESF1), voldoende licht (ESF2) en niet te veel nutriënten in de waterbodem (ESF3).

ESF2

In de analyse besteden we veel aandacht aan het lichtklimaat (ESF2). Als het lichtklimaat niet voldoet, is het water te troebel voor ondergedoken waterplanten, of te diep bij de heersende helderheid. Lichtuitdoving kan het gevolg zijn van vertroebeling door planktonalgen, door opgewervelde bodemdeeltjes, en/of door een hoog gehalte aan humuszuren in het water.

ESF1

Is fytoplankton de belangrijkste oorzaak van troebelheid dan wijst dat op een overmaat aan voedingsstoffen waarvan de algen gebruik kunnen maken en moet een analyse worden uitgevoerd van de ESF1 Productiviteit water.

Hebben we te maken met een situatie waarbij het water troebel is door zwevende klei- of veendeeltjes, dan wordt de productiviteit door algen en ondergedoken waterplanten beperkt door licht. Wanneer de oorzaak van het troebele water wordt opgelost, ontstaat een nieuwe situatie waarbij de productiviteit kan toenemen. Een analyse van ESF1 is vervolgens ook in deze gevallen zinvol.

Drie belangrijke vragen bij een analyse van ESF1 zijn:

- 1) wordt de primaire productie beperkt door voedingsstoffen en zo ja, door N, door P of door beide;
- 2) hoe hoog is de nutriëntenbelasting ten opzichte van de kritische belasting;
- 3) welke bronnen van nutriënten zijn kwantitatief van belang.

Echter, een overmaat aan voedingsstoffen hoeft niet te leiden tot troebelheid door algen, maar kan ook een overmatige ontwikkeling van kroos tot gevolg hebben. Ook dan levert een analyse van ESF1 inzicht in de herkomst van de nutriëntenbelasting en de mate waarin deze te hoog is, dat wil zeggen, de kritische grens overschrijdt.

Naast ESF1 en ESF2 besteden we ook aandacht aan chloride. In het kader op pagina 21 vatten we de opzet samen.

Overige sleutelfactoren van belang voor herstel van soorten

ESF3

In dit rapport hebben we geen analyse uitgevoerd van de productiviteit van de waterbodem (ESF3). De productiviteit van de bodem kan echter een belangrijke rol spelen: de meeste waterplanten, met name fonteinkruiden, vederkruiden, drijfbladplanten en emergente planten, halen hun voedingsstoffen uit de bodem. Een te hoge productiviteit van de bodem leidt tot de ontwikkeling van kroos, draadalgen en fytoplankton. Een volledige analyse van ESF3 kan door het ontbreken van gegevens op dit moment nog niet worden uitgevoerd. Echter, door een analyse van de eerste twee sleutelfactoren (productiviteit water en lichtklimaat) kan al een eerste filtering worden gemaakt van de watersystemen (waterlichamen) waar een nadere analyse van de productiviteit van de waterbodem zinvol is. De productiviteit van de bodem komt dus wel voorbij als mogelijke oorzaak voor een hoge productiviteit die niet verklaard kan worden uit een analyse van ESF1. ESF3 is dus een aandachtspunt voor vervolgonderzoek.

Kader *Ecologische Sleutelfactoren (ESF)*

| | | |
|---|-----------------------------|--|
|  | Productiviteit water | <p>Ondergedoken waterplanten en oeverplanten (ESF1-3) Voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten is voldoende licht op de bodem de belangrijkste voorwaarde. Het grootste potentiële knelpunt hiervoor is de aanwezigheid van algen of kroos veroorzaakt door een te hoge externe belasting met nutriënten (ESF1 productiviteit water). Als de belasting voldoet kunnen bijvoorbeeld zwevend stof en kleuring voor verstoring van het lichtklimaat zorgen (ESF2 lichtklimaat). Pas als er voldoende licht op de bodem valt, kan de samenstelling van de waterbodem een knelpunt vormen voor herstel (ESF3 productiviteit waterbodem). De ontwikkeling van oeverplanten is afhankelijk van voldoende peilfluctuatie (ESF4 habitatgeschiktheid).</p> |
|  | Lichtklimaat | |
|  | Productiviteit bodem | |
|  | Habitatgeschiktheid | |
|  | Verspreiding | <p>Herstel van specifieke planten, vis en macrofaunasoorten (ESF4-6) Voor het herstel van specifieke soorten zijn standplaatscondities bepalend (ESF4). Bovendien spelen migratiemogelijkheden en de aanwezigheid van restpopulaties (ESF5 verspreiding) en beheer, onderhoud en vraat (ESF6 verwijdering) een belangrijke rol. De samenstelling van soorten macrofauna en vis is vooral afhankelijk van de aanwezigheid van substraat (waaronder waterplanten), stroming (ESF4) en verspreidingsmogelijkheden (ESF5).</p> |
|  | Verwijdering | |
|  | Organische belasting | |
|  | Toxiciteit | |
|  | Context | |

Waterkwaliteit in een bredere context (ESF 7-8 en SF9)

Drie ecologische sleutelfactoren die niet direct van invloed zijn op de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten, maar wel van belang zijn voor waterkwaliteit en ecologie in een bredere context zijn de drie laatste ecologische sleutelfactoren. Deze ecologische sleutelfactoren staan, wanneer ze een rol spelen en een probleem vormen, vaak als hoogste in de hiërarchie van de sleutelfactoren. De organische belasting bepaalt of er sprake is van zuurstofproblemen (ESF 7). Microverontreinigingen kunnen zorgen voor acute toxische effecten op de aanwezige planten en dieren (ESF 8). Ten slotte brengt de laatste sleutelfactor (SF9, context is geen ecologische sleutelfactor) in beeld wat de ruimte is voor verbetering van waterkwaliteit en ecologische kwaliteit, door afweging van de verschillende functies die een watersysteem vervult. Dit is dus feitelijk de maatschappelijke context en daarmee de link met andere beleidsterreinen rondom het waterbeheer.

ESF4, ESF5 en ESF6

Als voldaan wordt aan bovenstaande randvoorwaarden voor ondergedoken waterplanten, dat wil zeggen ESF1 en ESF2 'staan op groen', mag worden verwacht dat deze waterplanten ten minste in een redelijke bedekking aanwezig zijn. Dat is echter nog niet hetzelfde als een diverse watervegetatie, wat de KRW nastreeft. Om dat te bereiken zijn er nog drie andere sleutelfactoren waar we rekening mee moeten houden:

- 1) Habitatgeschiktheid (ESF4): plantensoorten hebben een meer of minder sterke voorkeur voor bodemsoort, alkaliteit en macro-ionenverhouding (Bloemendaal & Roelofs 1988). Dit kan worden onderzocht door de omstandigheden in het veld te vergelijken met habitateisen van soorten (soortresponsies) en is een aandachtspunt voor het vervolgonderzoek;
- 2) Verspreiding (ESF5): of planten en dieren ook daadwerkelijk in een gebied aanwezig zijn hangt af van de mogelijkheden om een gebied te bereiken. Het beheergebied van HHNK ligt relatief geïsoleerd boven het Noordzeekanaal en is als gevolg van de vrij recente verzoeting door veel soorten nog niet of beperkt "gekoloniseerd". Dit belangrijke aspect is dus eveneens een aandachtspunt voor het vervolgonderzoek;
- 3) Verwijdering (ESF6) *i.c.* het maai- en schoningsbeheer: de soortensamenstelling van vegetaties wordt hierdoor beïnvloed; frequent maaien bevordert soorten als Smalle waterpest, Tenger fonteinkruid en Haarfonteinkruid en doet andere soorten verdwijnen. Ook dit is geen onderdeel van deze rapportage maar, ook met het oog op de ophanden zijnde 'transitie maai-beheer', een belangrijk aandachtspunt voor het vervolgonderzoek.

Sleutelfactoren van belang voor specifieke situaties

ESF7 en ESF8

De sleutelfactoren organische belasting (ESF7) en toxiciteit (ESF8) kunnen in specifieke situaties (lokaal) van belang zijn, maar zijn niet (meer) op grote schaal beperkend voor de ecologische kwaliteit. Voorbeelden zijn overstorten en bladval (organische belasting) en gewasbeschermingsmiddelen, of lozingen van microverontreinigingen (toxiciteit). Dit laatste wordt afgedekt door het KRW meetnet voor chemie en het meetnet gewasbeschermingsmiddelen van HHNK.

Toxiciteit voor planten kan optreden in geval van hoge gehalten aan ammoniak of sulfide in de waterbodem, dit wordt echter geschaard onder ESF3 (metingen in de waterbodem) en ESF4 (bepalen van de habitatgeschiktheid).

In hoeverre het zinvol is om deze sleutelfactoren nog verder uit te werken, dient nog nader te worden bezien.

ESF9: Context – afweging tussen doelen en functies

Dit is zoals gezegd geen ecologische sleutelfactor, maar wel zeer bepalend voor wat uiteindelijk haalbare ecologische doelen zijn. De ecologische systeemanalyses moeten de inhoudelijke informatie opleveren om deze afweging te kunnen maken. Ze moeten richting geven aan de discussie, door kansrijke (effectieve, haalbare en betaalbare) maatregelen te identificeren en daarbij behorende doelen (EKR's) te formuleren. De daadwerkelijke afweging vindt elders plaats.

Kader *Belangrijke sleutelfactoren voor het beheergebied van HHNK*

Kenmerkend voor het beheergebied van HHNK is de historische en huidige mariene invloed. Dit komt tot uiting in het zoutgehalte (hoge chloridegehalten) en in de nutriëntenhuishouding (hoge fosfaatgehalten). Landschappelijk is het onderscheid tussen zand, klei en veen van belang, deze gebieden zijn ook in hydrologisch opzicht verschillend.

Zout is een ecologisch zeer bepalende factor. Binnen de KRW is het samen met stroming de belangrijkste factor voor de indeling in de KRW-watertypen. Binnen de systematiek van de ESF's heeft zout geen aparte plek, het past het best binnen ESF4 (habitatgeschiktheid). In dit rapport wordt vooral vanuit typologisch oogpunt gekeken naar het zoutgehalte (passen de wateren van HHNK qua zoutgehalte wel binnen in de landelijke typologie?). In het vervolg willen we meer kijken naar de habitatgeschiktheid, voor welke soorten is het zoutgehalte en de variatie hierin beperkend?

Gezien de hoge nutriëntengehalten is de productiviteit (ESF1) een belangrijke sleutelfactor. De analyse is er op gericht om te onderzoeken in hoeverre de hoge nutriëntengehalten ook daadwerkelijk tot uitdrukking komen in productie van fytoplankton, waterplanten en vis. Dit heeft ook een relatie met het lichtklimaat (ESF2). Zoals hierboven beschreven speelt het lichtklimaat altijd een belangrijke rol, hier wordt dus ook uitgebreid aandacht aan besteed.

In dit rapport worden voor de waterlichamen waarvan voldoende data beschikbaar zijn, analyses van ESF1 en ESF2 uitgevoerd.

Bij de analyses wordt ten slotte het bodemtype (en de hydrologie) als mogelijk onderscheidende factor onderzocht. Dit is gedaan door onderscheid te maken in data van wateren in zand-, klei- en veengebied.

2.4 Van globaal tot gedetailleerd

De analyse en beschrijving van de abiotische condities en randvoorwaarden doen we per afwateringsgebied op twee ruimtelijke niveaus:

- 1) het globale niveau, op basis van gemiddelden over alle meetpunten en een indeling in kwaliteitsklassen;
- 2) het gedetailleerde niveau, op basis van gemiddelden van de afzonderlijke meetpunten.

Het globale niveau laat zien welke afwateringsgebieden goed of slecht scoren ten aanzien van de abiotische sleutelfactoren. Het gedetailleerde niveau toont welke ruimtelijke variatie er bestaat binnen de afwateringsgebieden.

2.5 De doelen van de studie samengevat

Ons onderzoek is exploratief en heeft vier doelen:

- 1) een kwantitatief beeld voor elk afwateringsgebied van de stuurfactoren die bepalend zijn voor ecologische kwaliteit. Daarbij richten we ons eerst op de factor chloriniteit en de ESF'en Lichtklimaat, Productiviteit water en Habitatgeschiktheid. Daarbij hebben we de volgende vragen geformuleerd:
 - vormt de factor een knelpunt in het hele gebied of in delen ervan;
 - beschikken we over voldoende informatie voor een representatief, kwantitatief beeld per sleutelfactor.
- 2) een beschrijving van relaties tussen abiotische en biotische variabelen om inzicht te krijgen in het functioneren van de watersystemen binnen het beheergebied. Op basis van dit inzicht kunnen voorspellingen worden gedaan over effecten van maatregelen;
- 3) vaststellen van leemten in de kennis; welke informatie hebben we nog nodig voor een representatief beeld van de relevante sleutelfactoren en hun relaties met de biologische ontwikkeling;
- 4) een 'ecologische ordening' van de monitoringdata van het HHNK. Hieronder verstaan we een groepering van gegevens gericht op het verkrijgen van inzicht in ecologische toestanden en sleutelfactoren. Dit is een bijkomend doel, dat duidelijk maakt welke gegevens nodig zijn om het gewenste inzicht te verkrijgen.

2.6 Verantwoording

De analyse van de chloriniteit (de ruimtelijke en temporele variatie van het chloridegehalte) en van de ESF Lichtklimaat is uitgevoerd door Ronald Bijkerk en Nico Jaarsma, de analyse van de ESF Productiviteit water door Nico Jaarsma en Ronald Bijkerk en die van de ESF Habitatgeschiktheid (dikte sliblaag) door Herman van Dam en Ronald Bijkerk. De rapportage is samengesteld door Ronald Bijkerk en Nico Jaarsma. Herman van Dam leverde tekst voor hoofdstuk 6. Databestanden zijn beschikbaar gesteld door Martin Meirink en Ton Schermer van HHNK. Gert van Ee, Martin Meirink, Ben Eenkhoorn en Dennis Kos gaven waardevol commentaar tijdens presentaties van voorlopige resultaten. De projectleiding vanuit HHNK berustte bij Gert van Ee.

3 Typologie: zoet, brak of een beetje van beide

3.1 Achtergrond

Typologie

Het chloridegehalte is sterk bepalend voor de KRW-typologie van stilstaande wateren. De grens tussen zoet en brak is in deze typologie gesteld op 0,3 g Cl/l (Elbersen *et al.* 2003). Bij een gehalte boven 0,3 g Cl/l onderscheiden we vervolgens zwak brakke (0,3-3 g Cl/l), matig brakke (3-10 g Cl/l) en sterk brakke tot zoute wateren (> 10 g Cl/l). Figuur 4 laat de voor het beheergebied van HHNK meest relevante KRW-typen zien. In het gebied komen sloten voor (typen M01 en M08), kanalen (M03, M06, M07 en M10), ondiepe en diepe meren (M11, M14, M20 en M25) en brakke wateren (M30 en M31). Binnen het type M01 worden tegenwoordig twee subtypen onderscheiden, op basis van chloride (zie hierna).

Lijnvormige, stilstaande zoete wateren (sloten en kanalen, chloridegehalte < 0,3 g/l)

| Type aanduiding Diepte, breedte | | Slot ≤ 3 m, ≤ 8 m | Klein, ondiep kanaal ≤ 3 m, > 8-15 m | Groot ondiep kanaal ≤ 3 m, > 15 m | Groot diep kanaal > 3 m, > 15 m |
|--|-----------|----------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| MATIG TOT STERK GEBUFFERD 1 - 4 meq/l | ZAND/KLEI | M01 | M03 M05 Strang | M06 | M07 |
| | KALK | M08 | M10 | | |

Ondiepe, zoete plassen en meren (diepte < 3 m, chloridegehalte < 0,3 g/l)

| Type aanduiding Oppervlakte | | Kleine ondiepe plas ≤ 50 ha | Middelgrote ondiepe plas > 50 - 10 000 ha | Grote ondiepe plas > 10 000 ha |
|--|-----------|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| MATIG TOT STERK GEBUFFERD 1 - 4 meq/l | ZAND/KLEI | M11 | M14 | M15 |
| | KALK | M22 | M23 | |
| | VEEN | M25 | M27 | |

Zwak brakke tot zoute wateren (chloridegehalte > 0,3 g/l)

| Type aanduiding Chloridegehalte | Zwak brakke wateren > 0,3 - 3 g Cl/l | Matig brakke wateren > 3 - 10 g Cl/l | Sterk brakke tot zoute wateren > 10 g Cl/l |
|------------------------------------|---|---|---|
| | M30 | M31 | M32 |

Figuur 4 Typologische indeling van ondiepe, stilstaande wateren voor de KRW op basis van chloridegehalte, bodemaard en afmetingen; niet alle typen komen voor in het gebied van HHNK (uit: Bijkerk 2010).

Subtypen op basis van chloride

Bij de uitwerking van de referenties voor implementatie van de KRW in Nederland, bleek dat veel sloten in gebieden bij de kust relatief hoge chloridegehalten vertonen in de zomer. Dit chloride is afkomstig uit de bodem (zeeklei) of uit brakke kwel. Dit fenomeen beperkt de ecologische ontwikkelingsmogelijkheden van deze sloten, omdat de chloridegehalten aan de ene kant te hoog zijn voor chloridegevoelige soorten en aan de andere kant nog te laag voor echte brakwatersoorten. Daarom heeft men binnen het type M1, gebufferde sloot op minerale grond, twee subtypen onderscheiden (Evers *et al.* 2012):

- 1) M01a Zoete sloten; met een chloridegehalte lager dan 150 mg Cl/l;
- 2) M01b Niet-zoete sloten, met een chloridegehalte tussen 150 en 1.000 mg Cl/l.

Klassegrenzen voor chloride

De grens van 1.000 mg Cl/l is goed gekozen als we afgaan op de Kromme van Remane. Deze beschrijft het aantal soorten in relatie tot het chloridegehalte (Figuur 5). Voorbij een gehalte van circa 1.000 mg Cl/l neemt het aantal zoetwatersoorten sterk af en het aantal brakwatersoorten langzaam toe. Verberk *et al.* (2012) leggen voor macrofauna grenzen bij 300, 1.000, 3.000 en 10.000 mg Cl/l. Omdat een groot deel van de positieve en kenmerkende soorten uitsluitend voorkomend bij gehalten lager dan 300 mg Cl/l (Tabel 3) veronderstellen Bijkerk *et al.* (2014) dat gevoelige en 'strikt zoete' macrofauna al bij chloridegehalten beneden 300 mg/l gaat verdwijnen.

In feite kan men dit onderscheid ook maken binnen het type M08, de gebufferde sloot op laagveen. Dit is in de maatlatdocumenten niet gedaan, omdat het niet-zoete type in het laagveen minder voorkomt dan op de zeeklei. Maar juist in het beheergebied van Hollands Noorderkwartier komt dit type wel veel voor, met name in de Zaanstreek en Waterland. Ook hier zou een opdeling in twee subtypen met een bovengrens van 1.000 mg Cl/l in plaats van 300 mg Cl/l, beter op zijn plaats zijn.

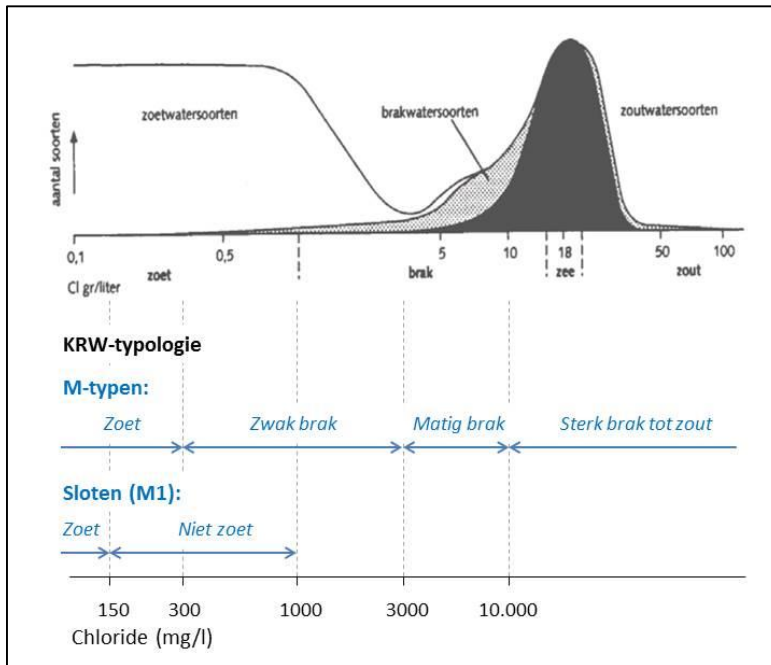
Niet alleen voor sloten maar ook voor kanalen speelt dit fenomeen. Vooral van type M03 (gebufferde kanalen) en M10 (veenkanalen) zijn er veel voorbeelden in het beheergebied waarbij het chloridegehalte varieert tussen 150 en 1.000, met een gemiddelde rond 300 mg/l. Deze typen zijn voor de KRW-toetsing en beoordeling van groter belang dan sloten, omdat veel waterlichamen een KRW-type M03 of M10 hebben. In onderstaand kader wordt beschreven hoe hier in de doelafleiding mee kan worden omgegaan.

Kader Hoe om te gaan met "subtypen" op basis van chloridegehalte ?

Wisselende chloridegehalten kunnen een belangrijke invloed hebben op het voorkomen van soorten. Dit heeft negatieve consequenties voor de soortenrijkdom en daarmee op de KRW-maatlatscore. Alleen voor gebufferde sloten (M01) zijn de maatlaten hierop aangepast. Voor alle overige wateren met wisselende chloridegehalten (rond 300 mg/l), moet er iets worden bedacht om dit in de doelstellingen te verdisconteren. Dit kan door voor deze subtypen van wateren nieuwe MEP's en GEP's af te leiden, waarin de lagere soortenrijkdom is verdisconteert. Of door binnen een gebied verschillende doelen te formuleren wanneer het chloridegehalte ruimtelijk verschilt. Dit is tevens onderwerp van een parallel lopend studentenonderzoek bij HHNK. De resultaten hiervan zullen worden gebruikt in de verdere uitwerking van deze vraag.

Centrale vraag

De centrale vraag in dit hoofdstuk is in hoeverre de ruimtelijke en temporele variatie in het chloridegehalte de toepasbaarheid van de KRW-typologieën onmogelijk maakt. Voor een juiste doelafleiding moet de gekozen typologie representatief zijn voor het gehele afwateringsgebied, of men moet het gebied opsplitsen in verschillende typen en voor elk type de daarbij behorende doelen afleiden.



Figuur 5 Boven: Kromme van Remane (bron Wolff 1989). Onder: KRW-typologie (overgenomen uit: Bijkerk *et al.* 2014).

3.2 Werkwijze

Voor het globale overzicht zijn per afwateringsgebied het gemiddelde, minimale en maximale chloridegehalte bepaald uit alle metingen in de periode 2004-2014. Deze getallen zijn vergeleken met de onder- en bovengrenzen van het chloridegehalte die horen bij de KRW-typen. Om de ruimtelijke variatie te beschrijven is hetzelfde gedaan voor de afzonderlijke meetpunten. Op basis van dit gemiddelde is het punt ingedeeld in de klasse zoet, zwak brak, matig brak of sterk brak. Vervolgens is per afwateringsgebied het aantal meetpunten per klasse bepaald. Daarnaast zijn de maximale chloridegehalten per meetpunt in deze periode ingedeeld in hun juiste klasse. Om de representativiteit voor het afwateringsgebied te beschrijven, is per gebied het percentage meetpunten bepaald waarvan chloridegegevens uit de periode 2004-2014 beschikbaar zijn.

3.3 Representativiteit

Voor 28 van de 51 afwateringsgebieden geldt dat van alle meetpunten in deze gebieden chloridegegevens beschikbaar zijn. Van 21 afwateringsgebieden zijn er chloridegegevens van gemiddeld 81% van alle meetpunten (Bijlage V). Over het algemeen zijn deze punten representatief verdeeld over de afwateringsgebieden. Waar chloride gemeten werd in de periode 2004-2014, gebeurde dit op ruim 70% van de meetpunten minstens zes keer per jaar. We kunnen daarom stellen dat de chloridemetingen voor vrijwel alle afwateringsgebieden een representatief beeld geven van de ruimtelijke en temporele variatie.

3.4 Brakkarakter

Globaal

Van de 51 afwateringsgebieden zijn er bij de uitwerking van de KRW in 2009 door HHNK 41 toegekend aan het KRW-type zoet, tien aan het type zwak brak (M30) en één aan het type brak (M31) (Tabel 1 en Bijlage VI).

Van de 41 zoete gebieden zijn er tien die op jaarbasis gemiddeld zouter zijn, dat wil zeggen, een jaargemiddeld chloridegehalte bezitten dat hoger is dan 300 mg/l. Deze zouden eigenlijk tot het type M30 gerekend moeten worden. In zeventig procent (in 29 van de 41 gebieden) van deze zoete afwateringsgebieden treden soms of lokaal verhoogde chloridegehalten op.

Van de tien zwak brakke gebieden zijn er twee die gemiddeld zouter zijn. Met een gemiddeld chloridegehalte hoger dan 3.000 mg/l zouden deze eigenlijk tot het type M31 moeten behoren. In zestig procent treden soms of lokaal verhoogde chloridegehalten op en in alle gebieden zijn de gehalten lokaal of zo nu en dan verlaagd.

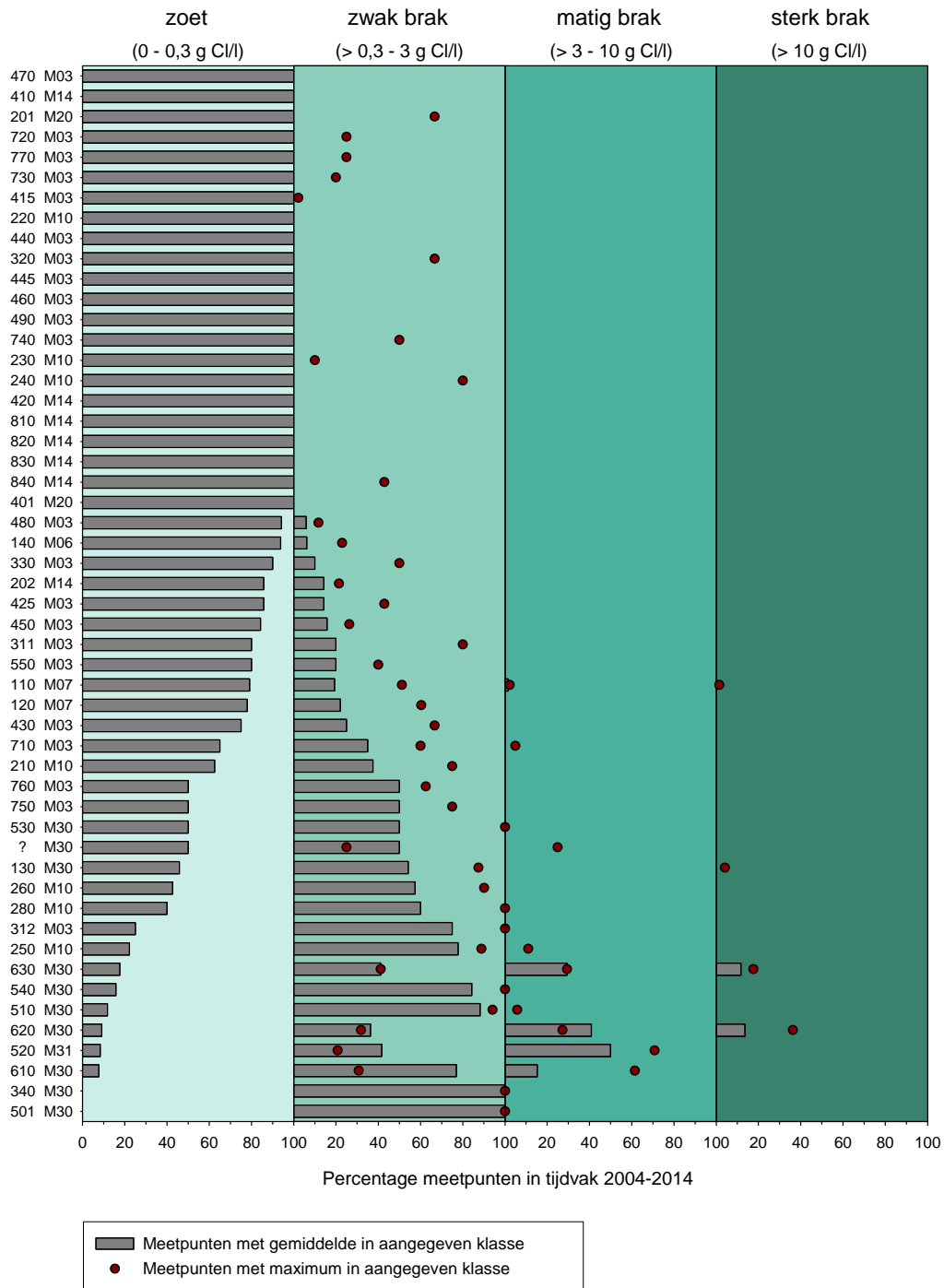
Tabel 1 Vergelijking tussen het gekozen KRW-type afwateringsgebied en het effect hierop van het jaargemiddelde en het maximum en minimum van het gemeten chloridegehalte in de periode 2004-2014.

| Gekozen KRW-type | Aantal gebieden | Gemiddeld zouter | Gemiddeld zoeter | Lokaal/soms zouter | Lokaal/soms zoeter |
|------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Zoet | 41 | 10 | 0 | 29 | 0 |
| Zwak brak | 10 | 2 | 0 | 6 | 10 |
| Brak | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Gedetailleerd

Ruimtelijk

Minder dan een kwart van de afwateringsgebieden valt wat brakkarakter betreft volledig binnen de klassegrenzen van zijn KRW-type. Dat zijn tien zoete gebieden, onder andere polder Vier Noorder Koggen (440 en 445), polder Drieban (460), Oosterpolder (470) en de duingebieden (810, 820 en 830) en twee zwak brakke gebieden, Wijdewormer (340) en Amstelmeer (501); Figuur 6).



Figuur 6 Ruimtelijke variatie van het chloridegehalte (jaargemiddelde over de periode 2004-2014) binnen de 51 afwateringsgebieden (het 52^e gebied '?' is het gebied Beverwijk en Wijkermeerpolder, dat geen zelfstandig afwateringsgebied meer is). De figuur geeft het percentage meetpunten met een gemiddeld chloridegehalte in de aangegeven KRW-klasse, zoet, zwak brak, matig brak en sterk brak. De rode stippen tonen het percentage meetpunten met maximale chloridegehalten in de aangegeven klasse; dit is temporele variatie.

Binnen de overige afwateringsgebieden is de ruimtelijke variatie groter en behoort een deel van de meetpunten wat het chloridegemiddelde betreft tot een ander type dan hetgeen gekozen is voor het gehele gebied.

Twee voorbeelden van meer extreme situaties: in het gebied Waal en Burg (620), getypeerd als zwak brak (M30), behoort 9% van de meetpunten tot een zoet type, 36% tot het type zwak brak (M30), 41% tot het type matig brak (M31) en 14% tot het type sterk brak (M32). In de polder Westzaan (250), dat getypeerd is als zoet, kan 22% van de meetpunten beschouwd worden als zoet en 78% als zwak brak.

Van alle zoete afwateringsgebieden is gemiddeld 85% van de meetpunten daadwerkelijk zoet en 15% zwak brak (0). En binnen de zwak brakke afwateringsgebieden is gemiddeld 21% van de meetpunten zoet, 68% zwak brak en 11% matig tot sterk brak.

Voor alle duidelijkheid: ruimtelijke variatie in het chloridegehalte moet niet als een negatieve situatie beschouwd worden. Integendeel, ruimtelijke zoet-zoutgradiënten zijn ecologisch belangrijk in ons kustgebied en zouden versterkt moeten worden.

Tabel 2 Vergelijking tussen gekozen KRW-type afwateringsgebied en type-indeling meetpunten.

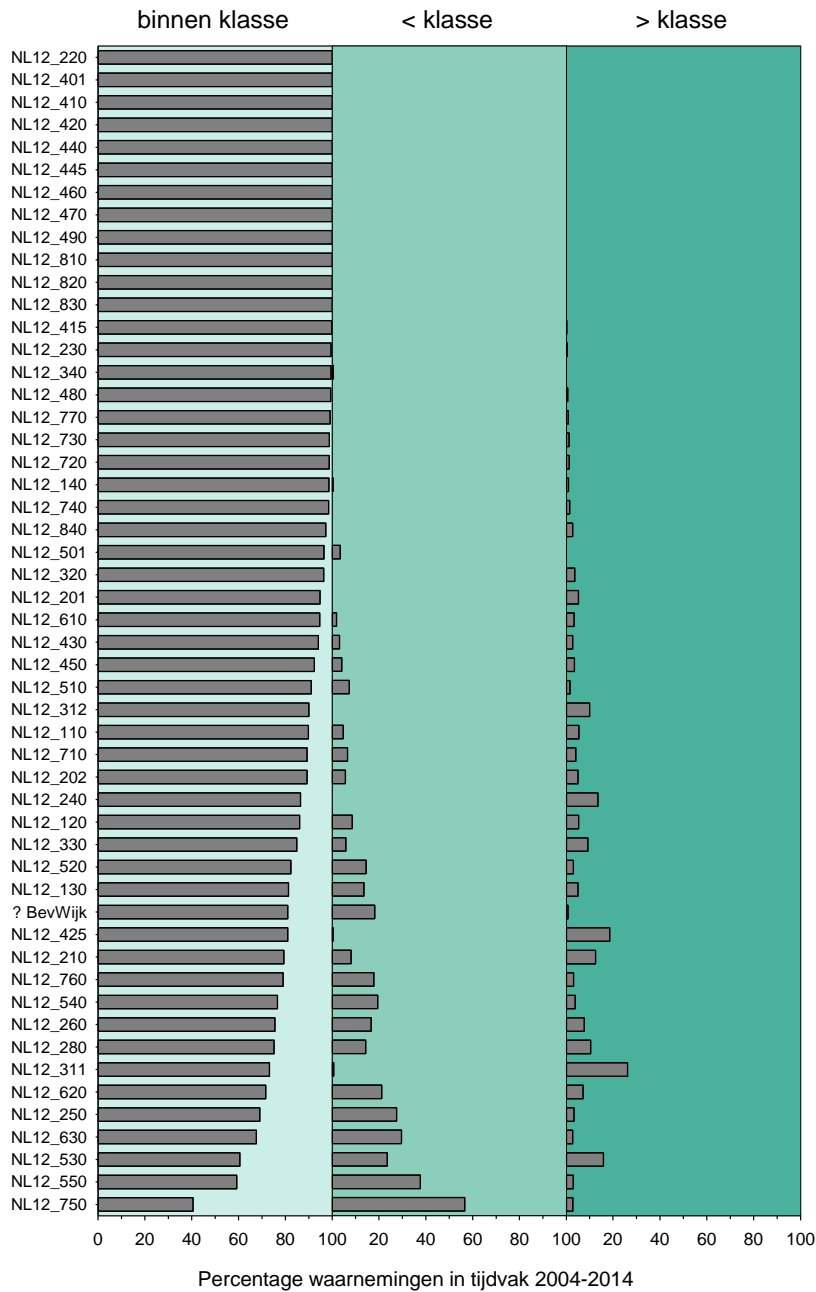
| Gekozen KRW-type | Aantal gebieden | Gemiddeld percentage meetpunten per klasse | | | |
|------------------|-----------------|--|-----------|------------|------------|
| | | Zoet | Zwak brak | Matig brak | Sterk brak |
| Zoet | 41 | 85 | 15 | < 1 | 0 |
| Zwak brak | 10 | 21 | 68 | 9 | 2 |
| Matig brak | 1 | 8 | 42 | 50 | 0 |
| Sterk brak | 0 | - | - | - | - |

Temporele variatie

Het chloridegehalte kan op meetpunten binnen afwateringsgebieden ook in de tijd variëren, op dusdanige wijze dat de typengrenzen overschreden worden. Deze variatie moet beschouwd worden als een stressfactor voor aanwezige organismen en beperkt de bestaansmogelijkheden van soorten die slecht tegen chloridefluctuaties bestand zijn.

Uit onze analyse blijkt dat de overschrijdingskans van het chloridegehalte in 56% van de gebieden kleiner is dan 10%, zodat we kunnen stellen dat de temporele variatie binnen de meeste afwateringsgebieden beperkt is (Figuur 5). De ruimtelijke gradiënten in het chloridegehalte zijn dus behoorlijk stabiel. Hierbij moeten we wel opmerken dat we gekeken hebben naar de overschrijding van de klassegrenzen die horen bij de typologie van het meetpunt (op basis van het jaargemiddelde chloridegehalte). Dit kan dus een ander type zijn als voor het afwateringsgebied als geheel. Op deze wijze geanalyseerd is de ruimtelijke variatie in veel gebieden groter dan de temporele.

Een overschrijdingsfrequentie van 40% of hoger zien we binnen de gebieden 550 (Anna Paulownapolder hoog) en 750 (polder Egmondermeer; Figuur 7). In beide gevallen gaat het om overschrijdingen van de ondergrens.



Figuur 7 Temporele variatie van het chloridegehalte binnen de 51 afwateringsgebieden over de periode 2004-2014. De figuur geeft het percentage waarnemingen binnen de chloridegrenzen van het meetpunttype ('binnen klasse'), beneden de ondergrens ('< klasse') en boven de bovengrens ('> klasse'); de som van de laatste twee is de overschrijdingsfrequentie. NB: de klassegrenzen voor elk meetpunt zijn bepaald uit de typologie afgeleid uit het jaargemiddelde chloridegehalte op dat punt. Deze zijn niet altijd gelijk aan de klassegrenzen die behoren bij de typologie van het afwateringsgebied.

Onderstaande tabellen laten de chloridegevoeligheid van macrofaunasoorten zien uit de KRW-maatlatten. Hieruit blijkt dat veel positieve en kenmerkende soorten uit sloten, kanalen en ondiepe plassen, uitsluitend voorkomen bij gehalten beneden 300 mg Cl/l. Op plaatsen met hogere gehalten of waar het chloridegehalte fluctueert rond 300 mg/l, worden deze soorten dus niet of nauwelijks verwacht.

Uit het gebied zelf is informatie beschikbaar over het vóórkomen van macrofauna in relatie tot het chloridegehalte (mondelijke meded. G. van Ee). Verder loopt op dit moment een studentenonderzoek bij HHNK. Daarbij wordt onder andere de KRW-score van bepaalde typen (M01, M03, M08) vergeleken tussen wateren met chloridegehalten < 150 mg/l en wateren met hogere en wisselende chloridegehalten tot 1.000 mg/l.

Tabel 3 Chloridegevoeligheid van macrofaunasoorten in de maatlatten voor watertypen in het beheergebied van HHNK. Afgeleid uit Verberk *et al.* 2012 en de maatlatten in van der Molen *et al.* 2012 en Evers *et al.* 2012.

| M3, M4, M6a/b, M7a/b en M10 | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| Vóórkomen | Positieve taxa | Negatieve taxa | Kenmerkende taxa |
| Uitsluitend zoet (<300 mg Cl/l) | 424 | 3 | - |
| Vrijwel uitsluitend zoet | 61 | 4 | - |
| Voornamelijk zoet tot zwak brak | 16 | 1 | - |
| Indifferent | 4 | 1 | - |
| Uitsluitend brak-zout (>300 mg Cl/l) | 3 | 0 | - |
| Onbekend | 89 | 4 | - |
| Totaal | 597 | 13 | - |

| M14 | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| Vóórkomen | Positieve taxa | Negatieve taxa | Kenmerkende taxa |
| Uitsluitend zoet (<300 mg Cl/l) | 15 | 3 | 127 |
| Vrijwel uitsluitend zoet | 2 | 6 | 10 |
| Voornamelijk zoet tot zwak brak | 1 | 0 | 2 |
| Indifferent | 0 | 0 | 0 |
| Uitsluitend brak-zout (>300 mg Cl/l) | 0 | 0 | 0 |
| Onbekend | 6 | 4 | 19 |
| Totaal | 24 | 13 | 158 |

| M30 | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| Vóórkomen | Positieve taxa | Negatieve taxa | Kenmerkende taxa |
| Uitsluitend zoet (<300 mg Cl/l) | 0 | 1 | 1 |
| Vrijwel uitsluitend zoet | 1 | 0 | 8 |
| Voornamelijk zoet tot zwak brak | 1 | 0 | 2 |
| Zoet tot matig brak | 0 | 1 | 5 |
| Uitsluitend brak-zout (>300 mg Cl/l) | 2 | 0 | 1 |
| Onbekend | 4 | 2 | 16 |
| Totaal | 8 | 4 | 33 |

4 Lichtklimaat

4.1 Achtergrond

Het lichtklimaat bepaalt voor een belangrijk deel de ontwikkelingsmogelijkheden voor fytoplankton en ondergedoken waterplanten. In water dat erg troebel is door zwevende deeltjes (klei, veen) wordt de fytoplanktonproductie geremd door licht. Hoe dieper het water, hoe minder licht de algen 'gemiddeld' ontvangen. Voor de meeste waterplanten moet er zelfs een zekere hoeveelheid licht tot op de bodem doordringen. Het lichtklimaat kan dus niet zinvol worden beoordeeld zonder ook naar de waterdiepte te kijken. Interessant is dat er duidelijke terugkoppelingen zijn; fytoplankton vertroebelt het water en verslechtert daarmee het lichtklimaat voor ondergedoken waterplanten maar ook voor zichzelf (als groep). Water- en oeverplanten hebben juist een positief effect op het lichtklimaat, doordat ze de bodem vasthouden, de bezinking van zwevende stof (ook algen) bevorderen en omdat waterplanten en hun aangroei-algen nutriënten opnemen en daarmee concurreren met algen.

Hoeveel licht hebben waterplanten nodig. Uit de resultaten van een Europees onderzoek naar de maximale diepte tot waar ondergedoken waterplanten nog voorkomen, kunnen we afleiden dat 2 tot 16% van het ingestraalde licht tot op de bodem moet doordringen, met een gemiddelde van 10% (Phillips 2006). Op grond van andere publicaties stellen Penning *et al.* (2012) dat 4% van de straling aan het oppervlak de bodem moet bereiken. Een gemiddelde van 10% wordt gehaald wanneer de verhouding tussen zichtdiepte en waterdiepte 0,8 bedraagt. Om 4% tot de bodem te laten doordringen, is een verhouding nodig van 0,6. In Nederland wordt in de regel met deze verhouding van 0,6 gewerkt (Jaarsma *et al.* 2008). Hoeveel licht op de bodem nodig is, hangt ook af van de soort. Sommige soorten, zoals Gekroesd fonteinkruid en Schedefonteinkruid, groeien de eerste decimeters vanuit hun ondergrondse delen waarin reservevoedsel zit opgeslagen. Deze soort vinden we in veel van onze troebele, chloriderijke wateren. Voor een soortenrijke vegetatie met een groter aandeel kritische soorten is wellicht de hogere ratio nodig. In ieder geval hebben we bij de analyse met beide 'normen' rekening gehouden.

Het zonlicht dat niet gereflecteerd wordt door het wateroppervlak, dringt de waterkolom in. De hoeveelheid licht die uiteindelijk de bodem bereikt, wordt vanaf dat moment bepaald door de eigenschappen van het water. Drie factoren die kunnen leiden tot een sterke uitdoving van het licht in de waterkolom, door absorptie of verstrooiing zijn:

- 1) een hoge dichtheid planktonalgen;
- 2) een hoge dichtheid zwevende stof;
- 3) een hoog gehalte aan humuszuren.

Daarnaast kunnen aanwezige drijfbladplanten zoals kroos, watergentiaan of gele plomp, de lichtinstraling sterk verminderen. Met name kroos kan een dusdanig gesloten dek vormen, dat de hoeveelheid licht dat tot de waterbodem doordringt sterk wordt gereduceerd.

4.2 Werkwijze

Voor alle 51 afwateringsgebieden is per meetpunt de zomergemiddelde zichtdiepte (ZD) en de zomergemiddelde waterdiepte (WD) berekend en de verhouding tussen deze. Voor het globale overzicht per gebied zijn deze verhoudingen gemiddeld.

Om een beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie is per gebied het percentage meetpunten met ZS/WD groter en kleiner dan 0,6 en 0,8 bepaald.

4.3 Representativiteit

Het aantal meetpunten waarvan dieptegegevens beschikbaar zijn is gemiddeld kleiner dan het aantal meetpunten met waarnemingen van de zichtdiepte. Per gebied is de waterdiepte bekend van gemiddeld 62% van de meetpunten en zichtdiepte van 78%; het aantal dieptemetingen beperkt dus de representativiteit. Van de 51 afwateringsgebieden zijn er zes waarvan dieptemetingen beschikbaar zijn voor alle meetpunten uit het gebied. Voor 31 gebieden geldt dat waterdiepte bekend is van meer dan de helft van het aantal meetpunten (Bijlage V).

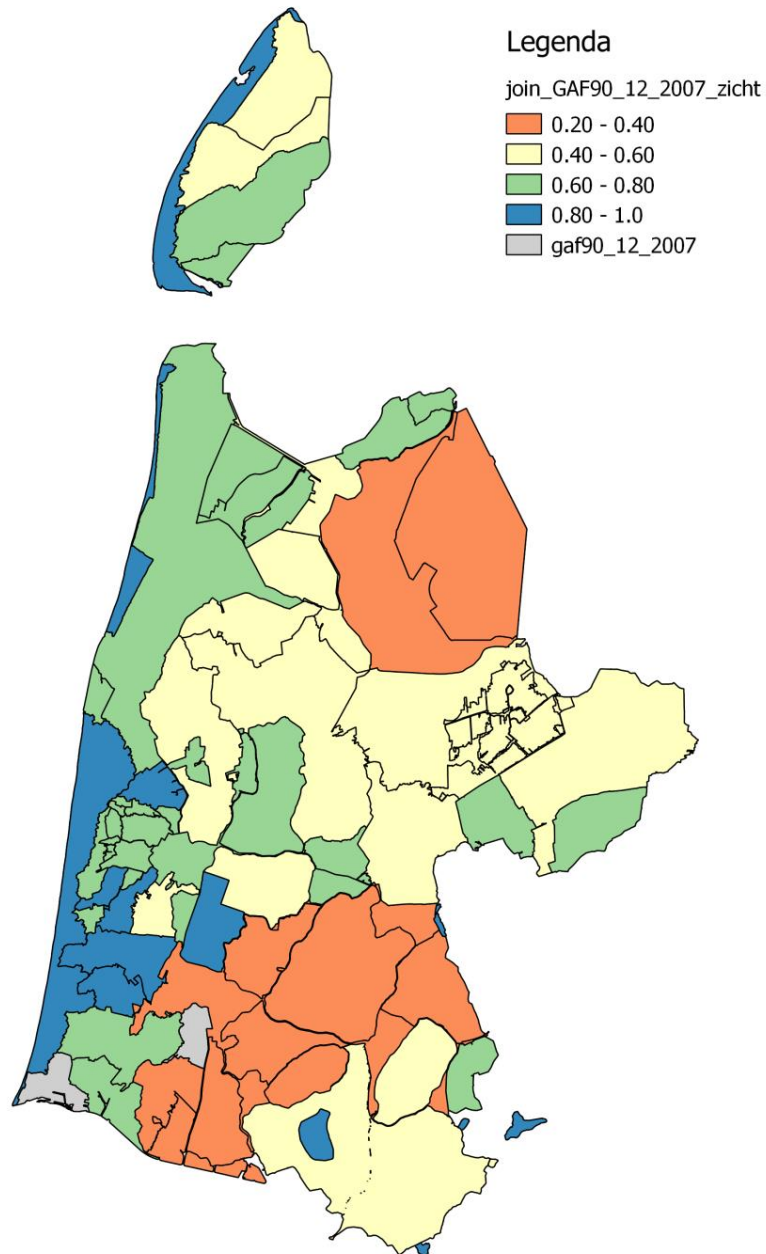
4.4 Verhouding Zichtdiepte/Waterdiepte

Globaal

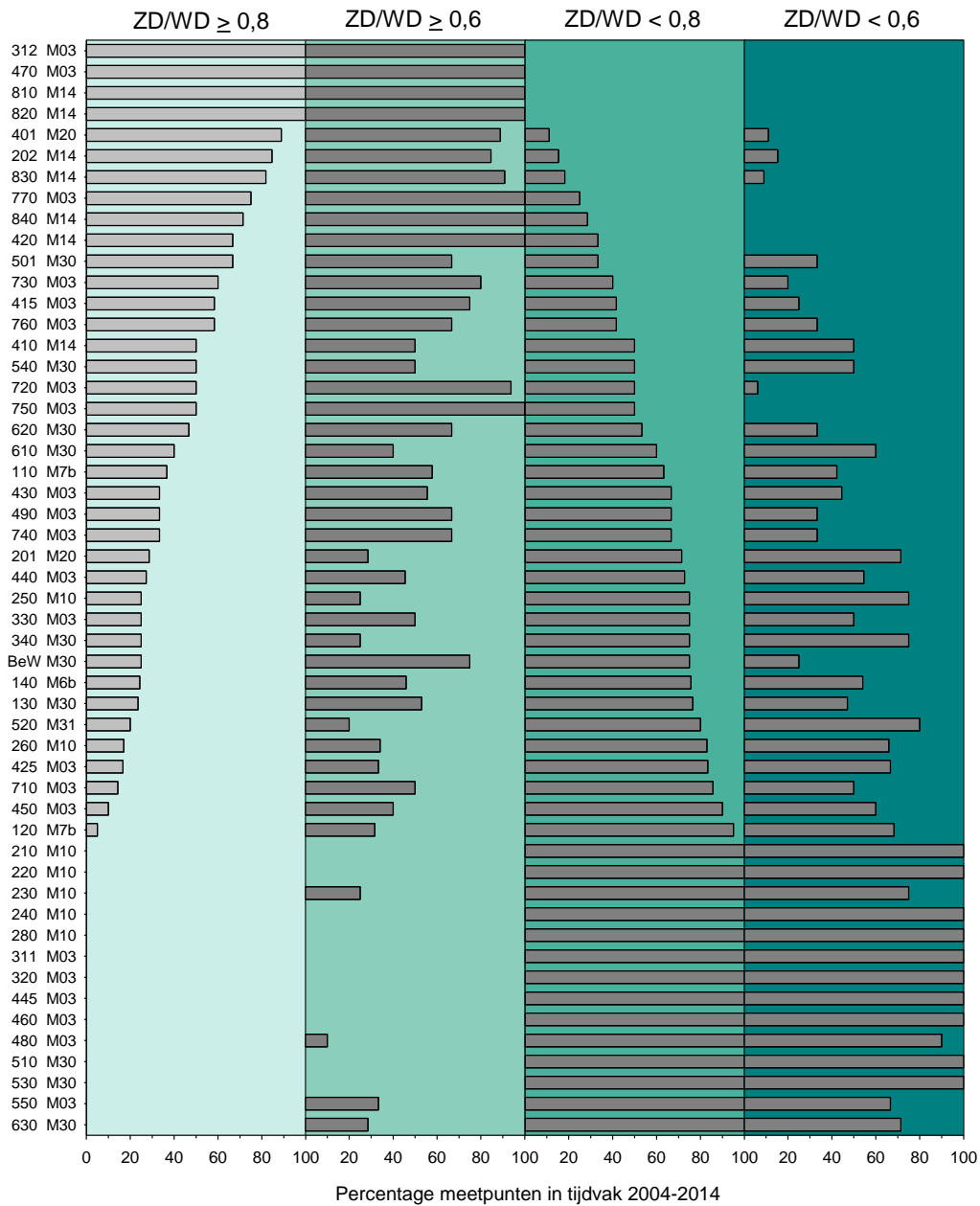
Gemiddeld ruim voldoende helder ($ZD/WD > 0,8$) voor ondergedoken waterplanten zijn de duingebieden en enkele aangrenzende polders, Castricummer polder (720), Groot-Limmerpolder (730), Sammerspolder (755), Schermer-Zuid (312) en Verenigde polders (770), en een paar kleine afwateringsgebieden in het Zuidoosten van het beheergebied waaronder 't Twiske (202; Figuur 8).

Samen met de groene gebieden die gemiddeld net voldoende helder zijn ($ZD/WD 0,6-0,8$) beslaan zij een oppervlak van ongeveer een derde van het beheergebied. In het overige deel is het water gemiddeld onvoldoende helder ($ZD/WD < 0,6$).

Afwateringsgebieden met een minimale gemiddelde ZD/WD -verhouding (0,2-0,4) zijn geconcentreerd in twee grotere gebieden. Tot de eerste behoren Wieringermeer-West (510) en –Oost (520) en de tweede omvat veengebieden zoals de polder Zeevang (230), de Beemster (320), het Wormer en Jisperveld (220), polder Westzaan (250) en enkele hieraan grenzende polders.



Figuur 8 Gemiddelde van de verhouding tussen zichtdiepte en waterdiepte; bij een verhouding groter dan 0,6 dringt voldoende licht tot de bodem door voor ondergedoken waterplanten.



Figuur 9 Ruimtelijke variatie van de zomergemiddelde verhouding tussen zichtdiepte en waterdiepte, over de periode 2004-2014, binnen de 51 afwateringsgebieden en het inmiddels vervallen waterlichaam Beverwijk en Wijkermeerpolder. De figuur geeft het percentage meetpunten waar de verhouding voldoende hoog is voor licht tot op de bodem ($ZD/WD \geq 0,6$ tot $0,8$) en waar deze te laag is ($ZD/WD < 0,6$).

Gedetailleerd

Uit Figuur 9 kunnen we afleiden dat alleen in de duingebieden Westerdunen (810), en Duingebied Zuid (820) en in de Schermer-Zuid (312) en de Oosterpolder (470) op alle meetpunten aan het ideale doorzicht ($ZD/WD \geq 0,8$) wordt voldaan. In 't Twiske (202) is de zichtdiepte op 15% van de meetpunten nog te laag. Aan de andere kant zien we in de gebieden met gemiddeld minimale ZD/WD -verhoudingen toch een enkel gebied, zoals

Wieringermeer-Oost (520), waar het doorzicht op 20% van de meetpunten wel goed is. In feite zijn er maar tien afwateringsgebieden waar het water op alle meetpunten te troebel is. Deze behoren tot de gebieden die in Figuur 8 oranje gekleurd zijn. De oranje gebieden in het zuiden zijn vrijwel uitsluitend veengebieden, de bodem in de Wieringermeer-West en -Oost bestaat uit klei en zand (Bijlage I).

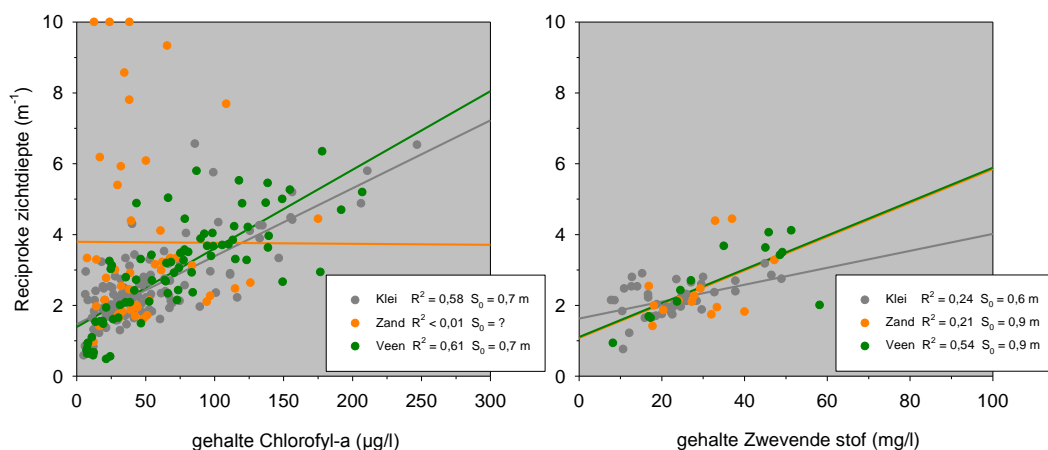
4.5 Oorzaken troebelheid

Chlorofyl

De variatie in de reciproke zichtdiepte ($1/\text{zichtdiepte}$) wordt voor omstreeks 60% verklaard door het chlorofyl-a-gehalte, maar alleen in gebieden waar het dominante bodemtype klei of veen is (aandeel van het bodemtype > 50%). De relatie tussen reciproke zichtdiepte en chlorofyl is sterk overeenkomstig voor beide bodemtypen, qua snijpunt en hellingshoek (Figuur 10 links). Opmerkelijk is, dat er geen duidelijk verband is tussen beide variabelen waar zand domineert; bij overeenkomstige chlorofyl-a-gehalten worden hier uiteenlopende zichtdiepten waargenomen. Dit verschijnsel doet zich vooral voor in de Schermerboezem. Dit kan verklaard worden uit het feit dat hier veel ondiepe wateren zijn, waar het meten van de zichtdiepte wordt bemoeilijkt door de waterdiepte. Twaalf procent van de waarnemingen hier betreft 'bodemzicht'. Het gemiddelde chlorofyl-a-gehalte hierbij bedraagt $32 \mu\text{g/l}$ en is bij een lagere ZD/WD-verhouding maar weinig hoger ($43 \mu\text{g/l}$). In de dataset zouden de 'bodemzicht'-metingen voor deze analyse geschrapt moeten worden.

Het achtergronddoorzicht, het doorzicht in afwezigheid van planktonalgen, kan voor zowel klei- als veenwateren geschat worden op 0,7 meter. Dit is bijzonder laag. Voor zandbodems is uit deze gegevens geen schatting mogelijk.

Bij een hoeveelheid algen die goed is voor $50 \mu\text{g Chla/l}$, de mediane waarde van alle waarnemingen uit 2004-2014, bedraagt de zichtdiepte in klei- en veenwateren volgens deze regressiemodellen niet meer dan 0,4 meter.



Figuur 10 Reciproke zomergemiddelde zichtdiepte versus het zomergemiddelde gehalte van chlorofyl-a en zwevende stof voor respectievelijk 45 en 26 van de 51 afwateringsgebieden, met onderscheid tussen het dominante bodemtype periode 2004-2014. Van de overige gebieden is het bodemtype gemengd of onbekend, of ontbreken gegevens van chlorofyl-a of zwevende stof.

Zwevende stof

Zwevende stof omvat alle in het water zwevende deeltjes, zowel anorganische deeltjes, zoals opgewervelde zand- en kleideeltjes, als detritus en levend plankton. Het gehalte zwevende stof verklaart de variatie in reciproke zichtdiepte minder goed dan het chlorofyl-a-gehalte (Figuur 10 rechts). Het resultaat voor klei- en zandwateren wordt echter sterk bepaald door twee uitbijters, die in deze analyse buiten beschouwing zijn gelaten. De meer onvoorspelbare variatie kan het gevolg zijn van het feit dat zwevende stof uit verschillende componenten bestaat, waarvan in ieder geval het aandeel algen in de loop van het jaar sterk kan verschillen (Bijkerk & van Dam 2014).

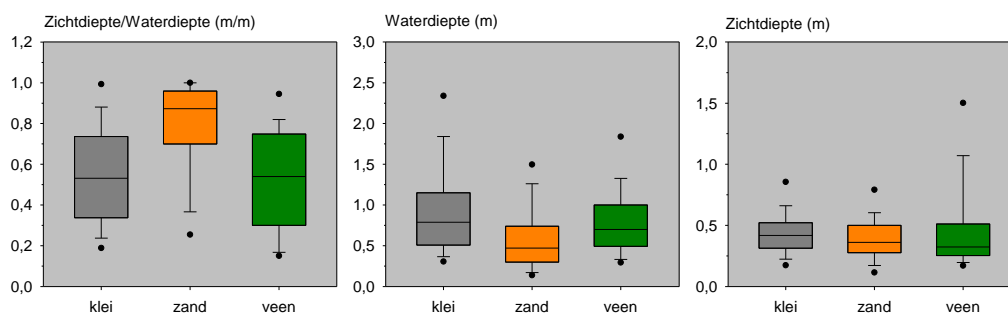
Het achtergronddoorzicht in kleiwateren (het doorzicht in afwezigheid van zwevende stof) wordt hier geschat op 0,6 meter. Voor zand- en veenwateren is de schatting hoger: 0,9 meter. Dit doorzicht moet het resultaat zijn van kleurstof.

Kleurstof

De lage doorzichten in afwezigheid van chlorofyl-a en zwevende stof wijzen erop dat ook kleurstof een belangrijke oorzaak is van de troebelheid in deze wateren.

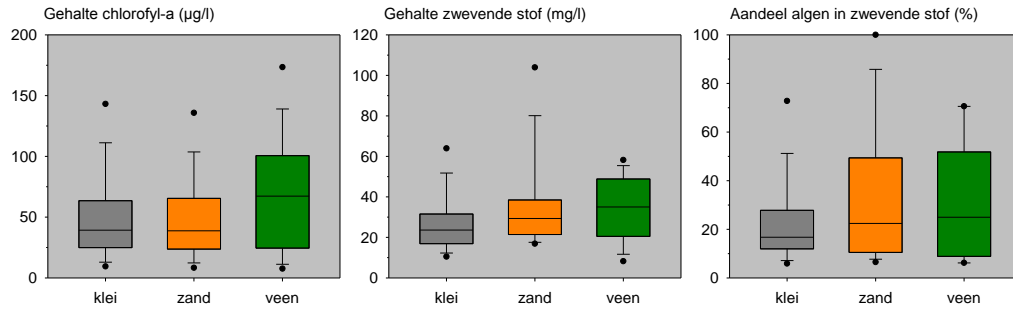
Bodemtype

Zandwateren (wateren met meer dan 50% zand in de bodem) hebben significant hogere ZD/WD-verhoudingen; (Figuur 11 links), maar dit kan verklaard worden uit het feit dat veel zandwateren relatief ondiep zijn (Dunn $p < 0,05$); tussen klei- en veenwateren is er wat diepte betreft geen significant verschil (Figuur 11 midden). Kleiwateren hebben wel een significant hogere zichtdiepte dan veenwateren, al is het verschil in mediaan gering: 0,42 versus 0,32 meter (Dunn $p < 0,05$; Figuur 11 rechts).



Figuur 11 Zomergemiddelden van waterdiepte, zichtdiepte en de verhouding van beide, voor dominante bodemtypen binnen 49 afwateringsgebieden. Van de overige twee gebieden is het bodemtype gemengd of onbekend. De box in de plots omvat 50% van de waarnemingen, is beneden begrensd door het 25-percentiel en boven door het 75-percentiel en wordt in tweeën gedeeld door een horizontale lijn, de mediaan. De whiskers, de dunne verticale lijntjes die boven en onder de box zitten, zijn begrensd door horizontale dunne lijntjes die het 10- en 90-percentiel weergeven. De stippen representeren het 5- en 95-percentiel van de meetwaarden.

Een lagere zichtdiepte in veenwateren is wel te verwachten, aangezien de gehalten van chlorofyl-a en van het totale zwevende stof in deze wateren vaker hoog zijn dan in klei- en zandwateren (Figuur 12). We kunnen een schatting maken van het drooggewicht van algen (de werkwijze is beschreven in ons vorige rapport; Bijkerk & van Dam 2014) en dit vervolgens in mindering brengen op het gehalte zwevende stof (ZS-FP).

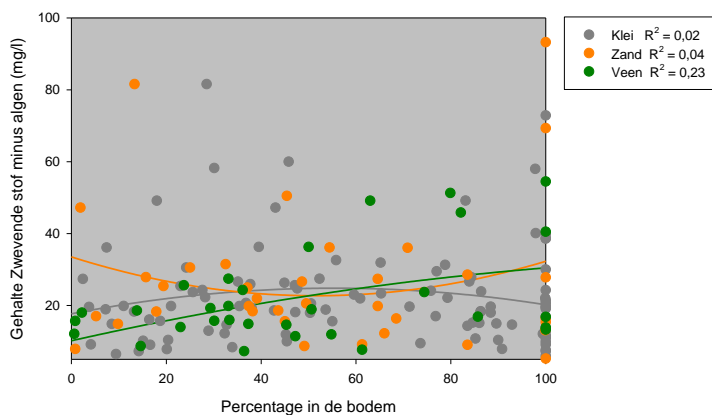


Figuur 12 Zomergemiddelde gehalten van chlorofyl-a en zwevende stof (inclusief algen) en het aandeel algen in zwevende stof, voor dominante bodemtypen binnen 46, 26, respectievelijk 22 afwateringsgebieden. Van de overige gebieden is het bodemtype gemengd of onbekend, of ontbreken gegevens van chlorofyl-a of zwevende stof. Zie Figuur 11 voor uitleg van de boxplot.

Wat resteert is het overige seston dat bestaat uit opgewerfelde bodemdeeltjes, zwevende detritus en dierlijk plankton. Alleen voor een paar bodems is een significante positieve correlatie te vinden tussen het gehalte ZS-FP en het percentage veen in de bodem (Pearson, $c = 0,401$, $p = 0,0228$, $n = 32$). Het percentage veen verklaart 23% van de variatie in het gehalte ZS-FP. Bij kleiige en zandige bodems is de variatie tussen het gehalte ZP-FP niet te verklaren uit de bodemsamenstelling (Figuur 13).

De verwachting dat kleideeltjes makkelijker opgewerfeld worden en langer in suspensie blijven dan zanddeeltjes, zien we hier niet terug in de boxplotjes van het zwevende stofgehalte. Dat is een opmerkelijke constatering, omdat wateren met een kleiige bodem in het veld in het algemeen wel een troebeler indruk maken. Dit komt waarschijnlijk vooral door de verstrooiing van het licht (scattering), dat een functie is van het aantal deeltjes per liter en niet direct van het gewicht per liter.

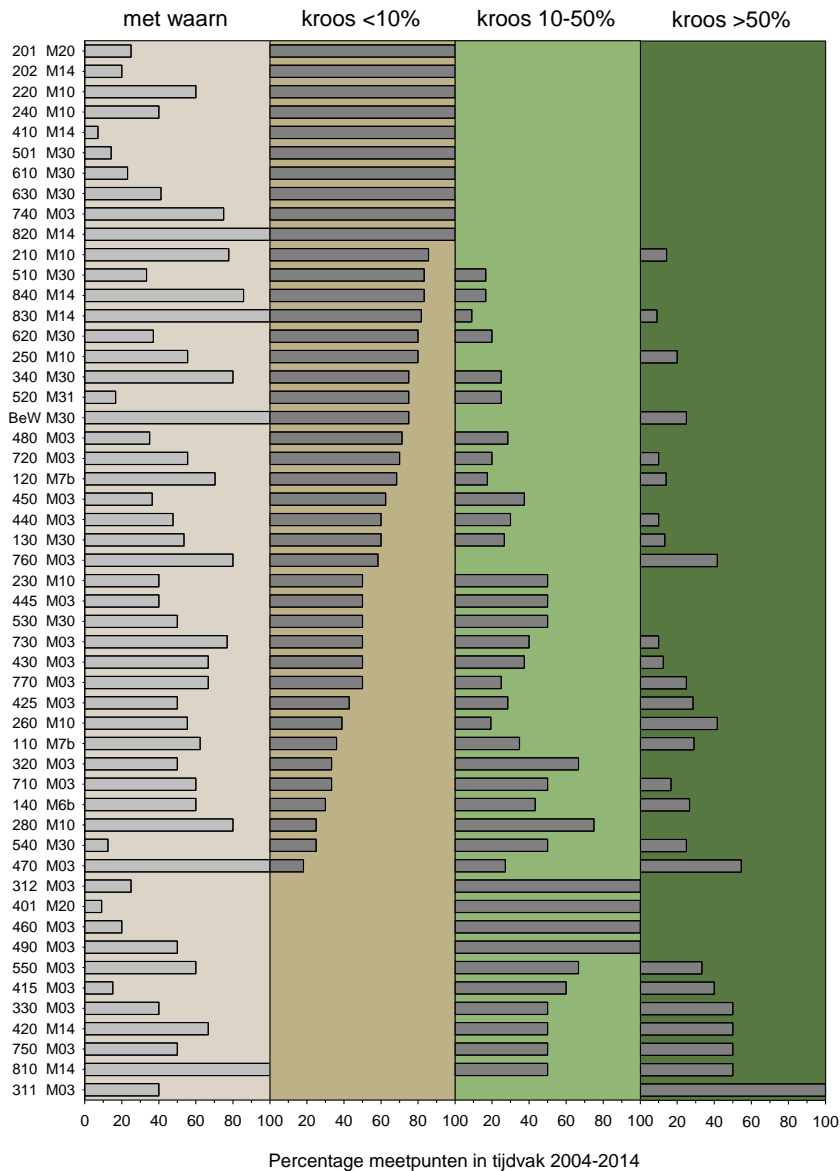
Een laatste verschil tussen de drie watertypen is dat het aandeel algen in de zwevende stof in kleiwatervallen meestal lager is dan in zand- en veenwateren: in 75% van de gevallen gemiddeld minder dan 30%, terwijl dat in zand- en veenwateren minder dan 50% is; Figuur 12 rechts).



Figuur 13 Relatie tussen het gehalte zwevende stof anders dan algen en het percentage klei, zand of veen in de bodem.

4.6 Kroosbedekking

Gesloten kroosdekken verhinderen de toevoer van licht en atmosferische zuurstof naar de waterkolom. Daardoor kunnen waterplanten, macrofauna en vis het moeilijk krijgen. Een overmatige ontwikkeling van kroos is een teken van een hoge beschikbaarheid van voedingsstoffen, met name van fosfaat. Door zijn effect op de zuurstofhuishouding kan kroos de nalevering van fosfaat uit de bodem stimuleren. Op plaatsen met een dikke sliblaag, doorgaans rijk aan fosfaat, verwachten wij daarom hoge bedekkingen van kroos.



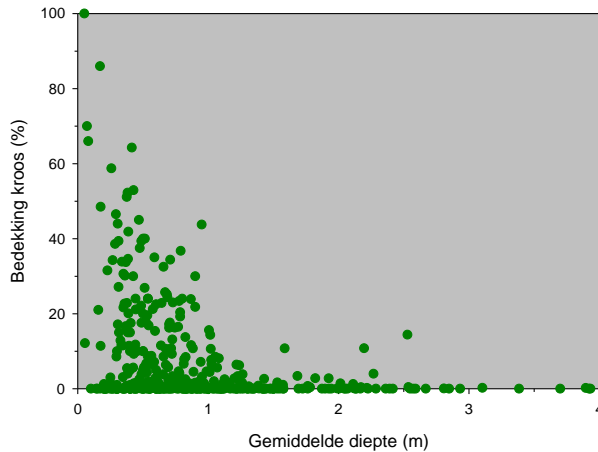
Figuur 14 Ruimtelijke variatie van de maximale kroosbedekking in zomers van 2004-2014, binnen de 51 afwateringsgebieden en het gebied Beverwijk/Wijkerpolder. De figuur geeft het percentage meetpunten met vegetatiewaarnemingen en kroos in drie bedekkingsklassen.

Ruimtelijke variatie

In tien van de 51 afwateringsgebieden komt geen overmatige bedekking met kroos voor. Dit geldt voor onder andere 't Twiske (202), het Wormer- en Jisperveld (220), de Oosterzijpolder (740) en het duingebied Zuid (820; Figuur 14). In de helft van de afwateringsgebieden liggen meetpunten waar de kroosbedekking meer dan 50% kan bedragen. In het merendeel van deze gebieden gaat het echter om minder dan de helft van het aantal meetpunten. Alleen in de Schermer-Noord (311) zijn op alle onderzochte meetpunten hoge maximale kroosbedekkingen gezien.

Relatie met diepte

Hogere gemiddelde kroosbedekkingen treffen we alleen aan in wateren die niet dieper zijn dan een halve meter. Bij een diepte van meer dan één meter komt de gemiddelde bedekking vrijwel nooit meer boven tien procent uit (Figuur 15).

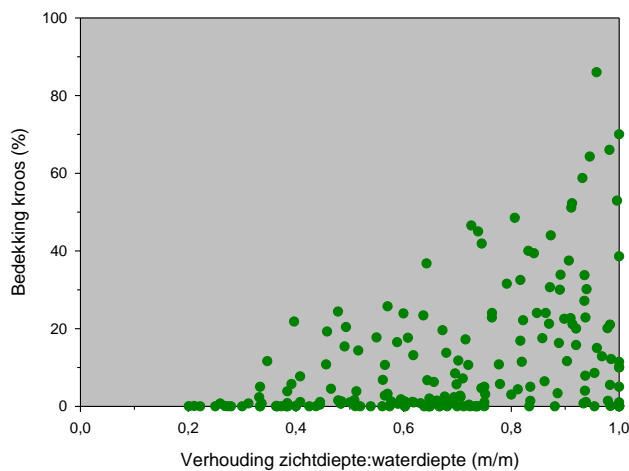


Figuur 15 Zomergemiddelde bedekking van kroos versus de gemiddelde diepte, gebaseerd op waarnemingen van alle 51 afwateringsgebieden.

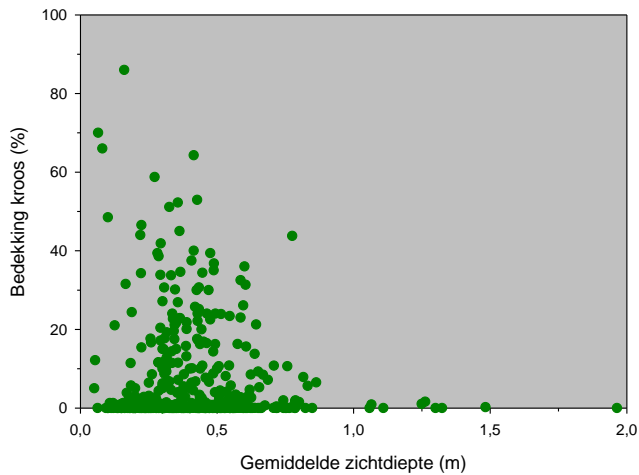
Relatie met zichtdiepte

Hoge waarden van de verhouding zichtdiepte/waterdiepte (ZD/WD) kunnen gepaard gaan met hoge bedekkingen van kroos (Figuur 16). Dit doet zich het meest voor in de Schermerboezem-Noord (110; op zes van de 86 onderzochte meetpunten), maar dit is ook het gebied met het grootste aantal meetpunten en waarnemingen.

Dit verschijnsel komt vooral door de in Figuur 15 beschreven relatie tussen kroosbedekking en diepte; bij geringere diepten komen hogere kroosbedekkingen voor en is er eerder sprake van bodemzicht. Tussen kroosbedekking en zichtdiepte is geen duidelijk verband, in de zin dat hogere kroosbedekkingen niet duidelijk gepaard gaan met hogere zichtdiepten (Figuur 17).



Figuur 16 Zomergemiddelde bedekking van kroos versus de verhouding tussen zichtdiepte en waterdiepte op het meetpunt.

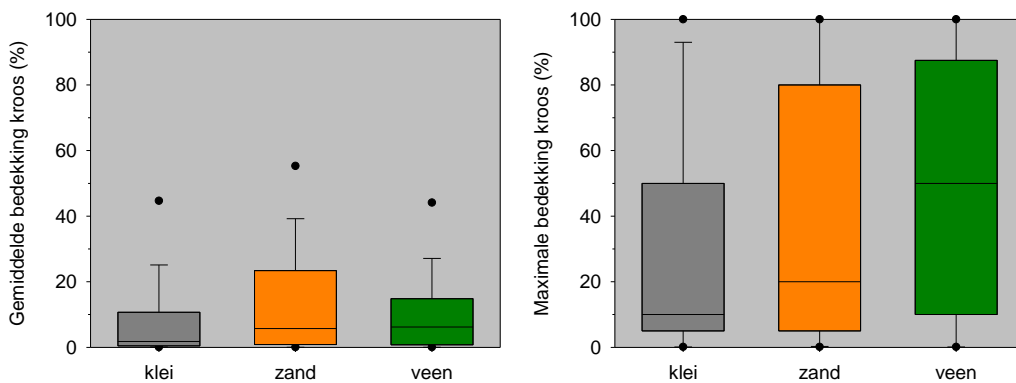


Figuur 17 Zomergemiddelde bedekking van kroos versus de zomergemiddelde zichtdiepte op het meetpunt.

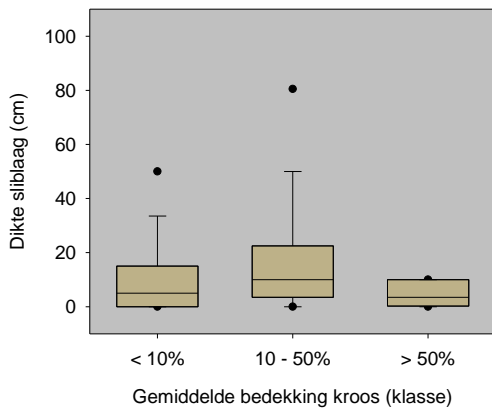
Bodemtype

De gemiddelde- en maximale bedekking van kroos zijn op klei meestal lager dan op zand en veen (Figuur 18 links). Op klei is de maximale bedekking in 75% van de gevallen lager dan 50%, op zand en veen is het 75-percentiel respectievelijk 80 en 85%.

We zien geen duidelijke relatie tussen de gemiddelde bedekking van kroos en de dikte van de sliblaag. Gemiddelde bedekkingen > 50% komen niet vaker voor bij relatief dikke sliblagen (Figuur 19), maar van deze combinatie zijn er maar acht waarnemingen.



Figuur 18 Vóórkomen van kroos in relatie tot het dominante bodemtype op het meetpunt.

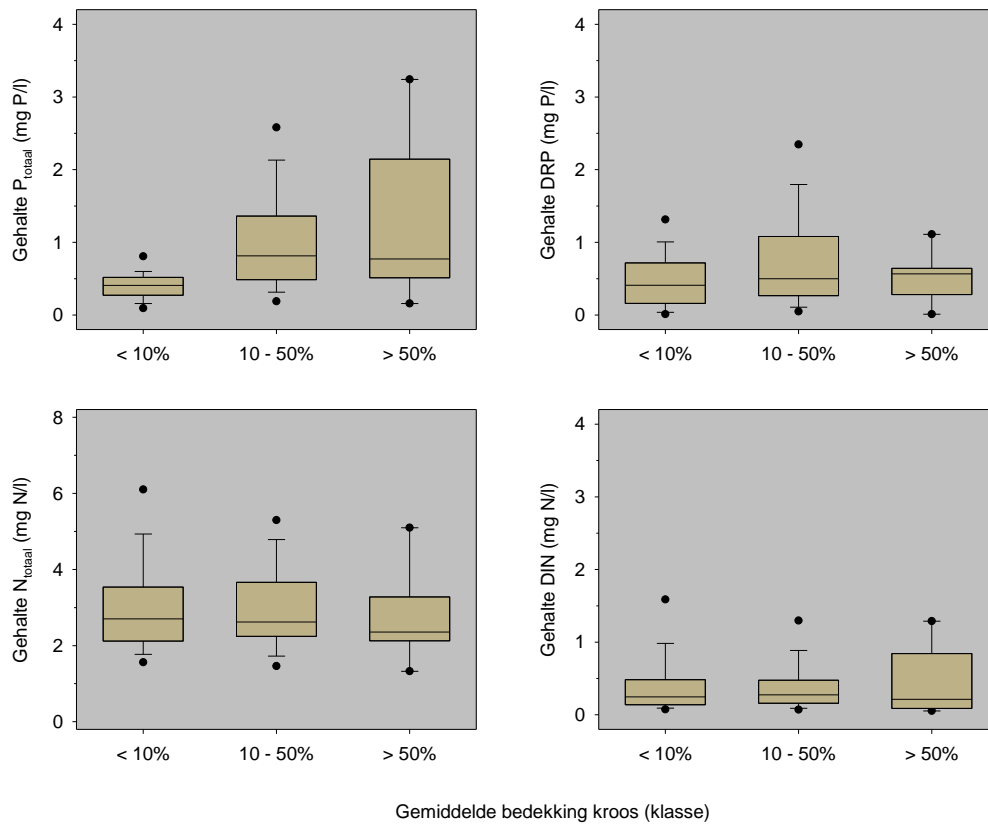


Figuur 19 Gemiddelde kroosbedekking in relatie tot de dikte van de sliblaag.

Nutriënten

Waar kroos voorkomt wordt een gemiddelde bedekking lager dan 10% meestal aangetroffen bij totaal-fosfaatgehalten lager dan 0,5 mg P/l (Figuur 20). Boven 1,5 mg P/l is de gemiddelde bedekking meestal hoger dan 50%. Dit beeld zien we niet in de boxplots van het gehalte DRP (DRP staat voor Dissolved Reactive Phosphorus en is wat we meten als we het gehalte 'ortho-fosfaat' bepalen. Naast orthofosfaat meten we daarbij echter ook wisselende hoeveelheden organisch gebonden fosfaat; Dekker & Bijkerk 1992). Mogelijk is een deel van het gemeten totaal-fosfaat gebonden geweest aan kroos dat bij de bemonstering abusievelijk is meegenomen. Dan zouden we echter ook hoge gehalten totaal-stikstof verwachten en die zien we niet. We zien alleen dat hoge gemiddelde bedekkingen in sommige gevallen gepaard gaan met relatief hoge gehalten opgeloste anorganische stikstof (DIN; Figuur 20). Dit zou een aanwijzing kunnen zijn dat er veel afbraak plaatsvindt in de krooslaag, waarbij ammonium wordt geproduceerd.

Wanneer kroosbedekking leidt tot verslechtering van de zuurstofhuishouding, zou dit de mobilisatie van fosfaat uit de waterbodem bevorderen. Dit zou vervolgens leiden tot hoge gehalten van totaal-fosfaat, maar ook van DRP. Hogere DRP-gehalten zien we in deze figuur niet terug bij kroosbedekkingen > 50%. Het toenemende aantal waarnemingen van hogere gehalten totaal-fosfaat bij kroosbedekkingen > 10% kunnen we daarom vooralsnog niet verklaren.



Figuur 20 Gemiddelde bedekking van kroos in relatie tot het zomergemiddelde gehalte van fosfaat en stikstof. Zie Figuur 11 voor uitleg van de boxplot.



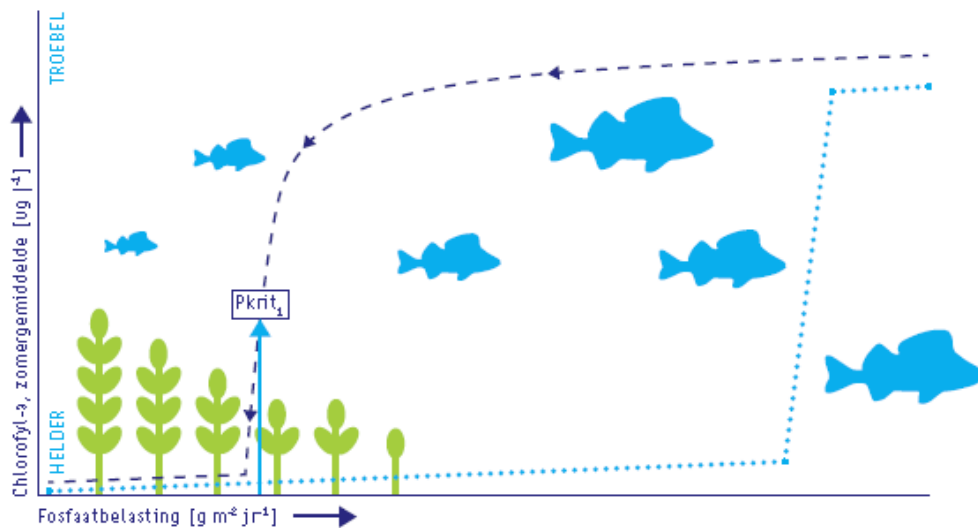
Figuur 21 Zeer ondiepe veensloten met een prutlaag van een halve meter hebben meestal weinig andere ondergedoken vegetatie dan draadalg, maar kunnen wel begroeid zijn met emergente vegetatie zoals Zwanenbloem en Grote egelskop en drijfbladplanten als Kikkerbeet en Gele plomp. Kroos en flab komen in de afgebeelde wetering nauwelijks voor. De foto is van een wetering in het veenweidegebied omgeving Wilnis.

5 Productiviteit water

5.1 Achtergrond

De productiviteit van het water bepaalt direct de bruto opbrengst aan planktonalgen en aan waterplanten die hun voedingsstoffen geheel of gedeeltelijk uit het water halen. Deze productiviteit wordt bepaald door de externe belasting met nutriënten en de interne processen zoals nalevering van de bodem (de interne belasting wordt geanalyseerd in de ESF Productiviteit bodem; STOWA 2014). Of zich bij deze productiviteit vervolgens planktonalgen dan wel waterplanten gaan ontwikkelen, hangt af van de nutriëntenbelasting (hoe hoger, hoe groter de kans op planktonalgen) en van de diepte en verblijftijd (hoe ondieper en korter, hoe groter de kans op waterplanten).

Het niveau van belasting waarop het watersysteem omslaat van de ene toestand in de andere, heet de kritische belasting (Scheffer 1998, Janse 2005, Jaarsma *et al.* 2008). Figuur 22 geeft dat schematisch weer. Voor een toelichting wordt verwezen naar Jaarsma *et al.* (2008). De omslag kan een omslag zijn van waterplantdominantie naar planktondominantie of van kroosdominantie naar dominantie van ondergedoken waterplanten. En vice versa. Bij de ESF1 Productiviteit water wordt berekend op welk niveau de kritische belastingen van stikstof en fosfaat liggen.



Figuur 22 Alternatieve stabiele toestanden en kritische grenzen (uit: Jaarsma *et al.* 2008).

Vraagstelling

De centrale vraag in deze analyse van ESF1 is in hoeverre de externe (achtergrond)-belasting met nutriënten (P en N) beperkend is voor de ecologische ontwikkeling? Deze vraag is uitgewerkt in de volgende deelvragen die leidend zijn geweest voor ons onderzoek:

- 1) In hoeverre overschrijdt de actuele belasting de kritische belasting?
 - voor P
 - voor N
 - voor P en N
- 2) In hoeverre komt dit tot uitdrukking in de nutriëntengehalten, de helderheid en de productiviteit?
 - nutriëntengehalten: P en N
 - algen: chlorofyl-a
 - planten: kroosbedekking, groeivormen in relatie tot nutriënten;
 - vis: visbiomassa's
- 3) Welke factoren zijn (naast nutriëntenbelasting) bepalend (beperkend) voor de productiviteit?
 - verblijftijd
 - lichtklimaat (zie Hoofdstuk 4)
 - chloride (zie Hoofdstuk 5)
 - habitatgeschiktheid (zie Hoofdstuk 6)
- 4) In hoeverre is N-limitatie beperkend voor de productiviteit?
 - zie Bijkerk & van Dam (2014)

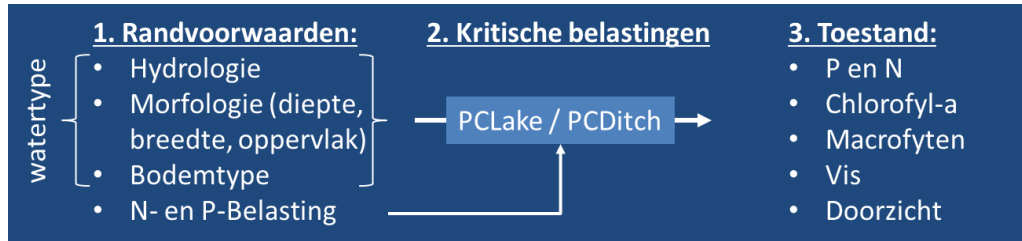
Deze deelvragen worden successievelijk besproken in dit hoofdstuk.

5.2 Werkwijze

Aan dit onderdeel is invulling gegeven door middel van data-analyse. Figuur 23 toont een schematische weergave van de aanpak. Gebruik is gemaakt van beschikbare data over belastingen en kritische belastingen voor P en N, verblijftijden, meetgegevens van P, N, doorzicht, diepte, chlorofyl-a, vegetatie en visstand. Deze zijn ontleend aan de volgende datasets:

- waterbalans HHNK: inkomend debiet per dag (Q_{in} in mm/d, gerekend met zomer- en wintergemiddelden);
- belastingen Alterra: P en N belasting in mg/m²/dag;
- kenmerken balansgebieden: % zand/klei/veen/zavel, % nat (obv GT);
- kritische belastingen W+B: per WL in mg P en mg N/m²/dag voor omslag van helder naar troebel voor 0.5, 0.8 en 1.2 meter diepte;
- fysische kenmerken: diepte en doorzicht;
- chemische metingen: P en N (totaal en fracties);
- biologische kenmerken: vis, macrofyten en algen (chlorofyl-a en soortensamenstelling).

Centraal staat de analyse van de feitelijke belasting versus de kritische belasting met behulp van de modellen PCLake en PCDitch. De analyses van Witteveen+Bos (2014) en van Alterra op water- en stoffenbalansen (van Boekel *et al.* 2013-2014), laten zien waar (achtergrond)belasting een probleem vormt. In veel gevallen is de huidige belasting, vooral voor P, veel te hoog. In een substantieel deel van de gevallen leidt ook de achtergrondbelasting zelf al tot overschrijding van de kritische belasting voor P. Voor N is het beeld veel rooskleuriger.



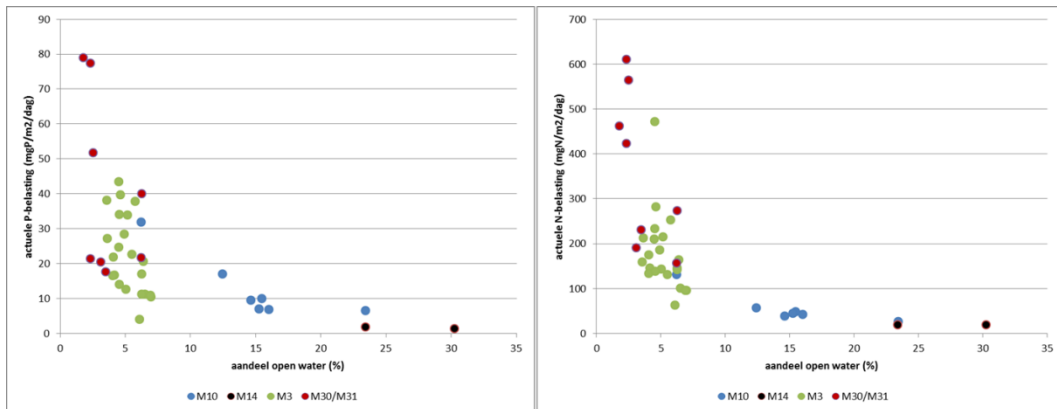
Figuur 23 Schematische weergave van de gevolgde aanpak.

5.3 Representativiteit

De analyse van de kritische en actuele belasting is uitgevoerd voor 42 afwateringsgebieden (van Boekel *et al.* 2013-2014). Hiervan zijn drie als waterlichaam vervallen, zodat er 39 overblijven. Niet meegenomen zijn de grote meren, boezemgebieden en duingebieden, deze komen in het vervolg aan bod. Daarbij wordt ook gekeken naar de balansen van de boezems (Hermans 2014). Analyses die voortbouwen op de indeling in belastinggroepen (zie verderop in dit hoofdstuk) hebben ook betrekking op ten hoogste deze 39 gebieden. Voor alle afwateringsgebieden zijn uit de periode 2004-2014 gegevens beschikbaar van N en P (Bijlage VII). Van chlorofyl-a en bodemsamenstelling ontbreken gegevens van één of twee gebieden en van zwevende stof zijn van 27 van deze gebieden gegevens beschikbaar (Bijlage VII).

5.4 Overschrijdt de actuele belasting de kritische belasting?

Figuur 24 laat de berekende actuele totale P-belasting (links) en N-belasting (rechts) zien van de 39 afwateringsgebieden uit de studie van Alterra (van Boekel *et al.* 2013-2014). Voor de analyse en de figuur is de nutriëntenbelasting omgerekend naar mg P/m²/dag en mg N/m²/dag (wateroppervlak) en uitgezet als functie van het aandeel open water van het bijbehorende afwateringsgebied, in het vervolg ook wel GAF-gebied genoemd. Tevens zijn de afzonderlijke waterlichamen gemarkeerd met het betreffende KRW-type.

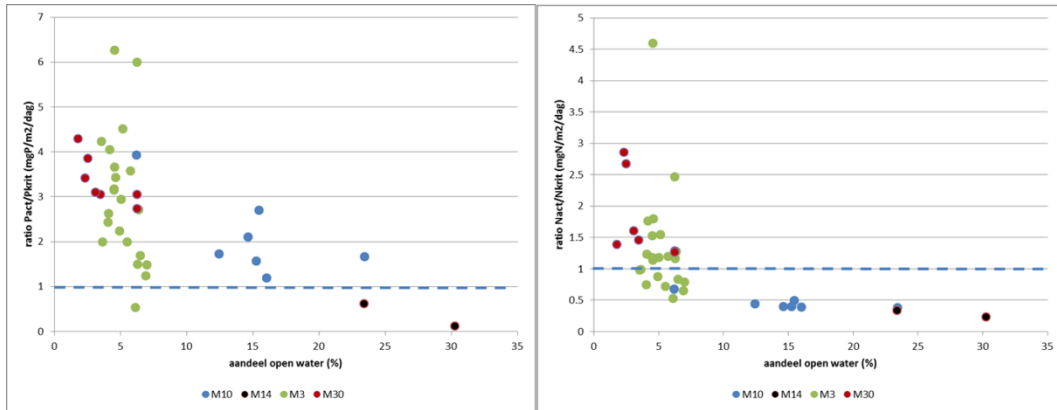


Figuur 24 Actuele P en N-belasting in mg/m²/dag voor de onderzochte waterlichamen van HHNK, uitgezet tegen het percentage open water. Onderscheid is gemaakt tussen de KRW-typen, waarbij M10 = veenkanalen, M14 = ondiepe gebufferde plassen, M3 = gebufferde kanalen en M30/M31 = licht/matig brakke wateren.

De figuur laat twee zaken zien:

- 1) de belasting per vierkante meter (m²) wateroppervlak vertoont een sterke relatie met het aandeel open water. Dit is logisch, hoe geringer het aandeel open water, hoe hoger de hydraulische belasting (in mm/dag) en daarmee hoe hoger de nutriëntenbelasting (bij gelijke concentraties in mg/l). Anders gezegd, per hectare land moet het inkomende water (onder andere neerslag, kwel en inlaatwater) door een kleiner watersysteem aan- en afgevoerd worden. Per oppervlakte-eenheid komt er dus meer water met nutriënten 'langs'. Dit is ecologisch relevant en de hogere hydraulische belasting heeft ook een belangrijke invloed op de ligging van de kritische belastinggrens.
- 2) op het niveau van de KRW-watertypen zijn duidelijke verschillen te zien. De laagste belastingen en het hoogste percentage open water hebben de meren (M14), gevolgd door de kanalen in veengebied (M10). De kanalen in klei- en zandgebied (M3) en de brakke wateren (M30/M31) verschillen onderling minder, hoewel enkele van de brakke wateren tot de hoogst belaste wateren behoren.

In Figuur 25 is de actuele belasting per waterlichaam uit Figuur 24 gedeeld door de kritische belasting van dat waterlichaam, zoals berekend door Witteveen+Bos (2014). De verschillen tussen de laagste en hoogste waarden (spreiding) op de verticale as (ratio P_{act}/P_{krit}) is nu geringer. Dit komt zoals gezegd, doordat de hydraulisch belasting ook wordt meegenomen in het berekenen van de kritische belasting; een hogere hydraulische belasting leidt tot een hogere kritische belasting.



Figuur 25 Verhouding tussen de actuele P- en N-belasting en de kritische belasting (beide in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{dag}$) voor de onderzochte afwateringsgebieden van HHNK, uitgezet tegen het percentage open water. De blauwe stippellijn geeft aan waar de actuele belasting precies gelijk is aan de kritische. Onderscheid is gemaakt tussen de KRW-watertypen, waarbij M10 = veenkanalen, M14 = ondiepe gebufferde plassen, M3 = gebufferde kanalen en M30/M31 = licht/matig brakke wateren.

De blauwe stippellijn in Figuur 25 geeft voor P (links) en voor N (rechts) de grenswaarde van 1 aan, waarbij de actuele belasting gelijk is aan de kritische. Onder deze lijn liggen wateren met een relatief lage nutriëntenbelasting, boven de lijn de wateren met een hoge belasting. Bij een belasting onder deze grenswaarde wordt theoretisch verwacht dat het water helder is en niet gedomineerd wordt door planktonalgen of kroos (NB: de waterbodem is niet in de analyse betrokken, wanneer de nalevering van nutriënten vanuit de bodem hoog is kan er nog steeds sprake zijn van een “troebele” toestand). Overigens geldt dit vooral voor de P-belasting, bij een N-belasting onder de kritische grens is dit veel minder zeker. Dat komt omdat stikstof in het algemeen niet de groeibeperkende voedingsstof is en als het dit wel is, zich organismen kunnen ontwikkelen die in staat zijn om stikstof uit de lucht te binden. Hierop wordt verderop uitgebreid ingegaan.

Onze voorlopige conclusie is dat voor P vrijwel alle wateren (op drie na) de kritische belasting overschrijden. Voor N is dat beeld wat rooskleuriger en zitten 18 wateren onder de grenswaarde. Aan de “goede” kant zitten vooral de wateren met een groot aandeel open water.

5.5 In hoeverre komt een overschrijding van de kritische belasting tot uitdrukking in nutriëntengehalten, helderheid en productiviteit?

Nutriëntengehalten

Nutriëntenbelasting leidt tot een zeker nutriëntengehalte in het water, deze belasting kunnen we berekenen of voorspellen en we kunnen het gehalte meten. Een vergelijking tussen de berekende en gemeten gehalten laat zien in hoeverre onze modellen en berekeningen een goede weergave zijn van de werkelijkheid. Figuur 26 toont de vergelijking voor P en Figuur 27 die voor N. Op de verticale as (y -as) staat de jaargemiddelde gemeten waarde. Dit is het gemiddelde van de metingen op de (geselecteerde) meetpunten in het GAF-gebied over meerdere jaren (2004-2014). Deze

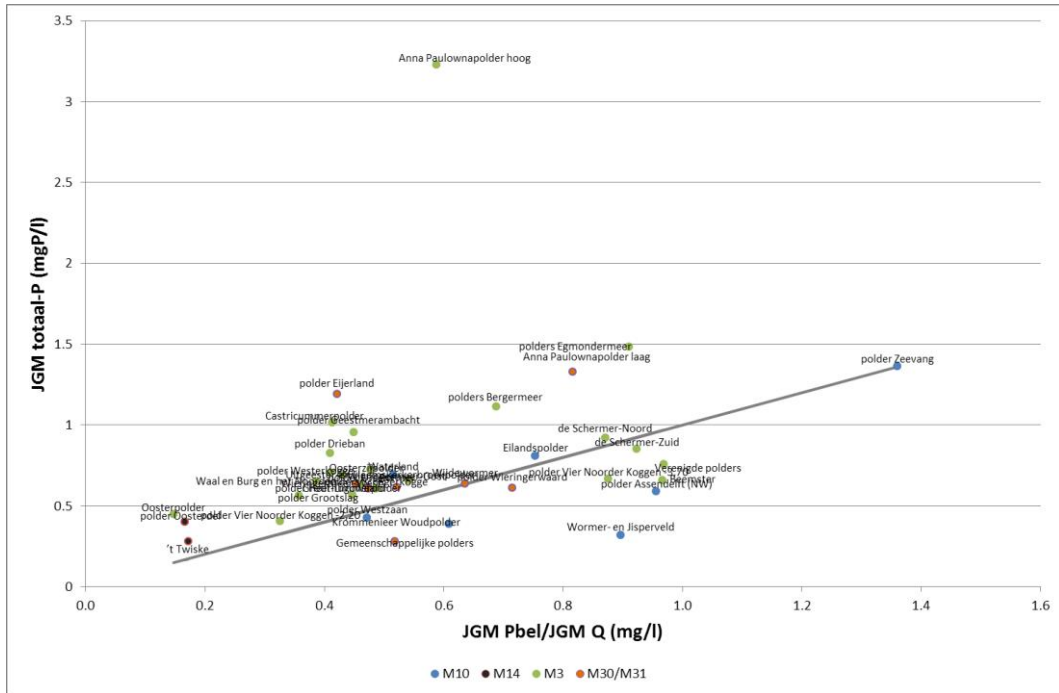
periode komt overeen met de balansperiode. Op de horizontale as (x -as) staat de jaargemiddelde concentratie vanuit de belasting. Deze is berekend als de totale belasting met P of N, gedeeld door het totale debiet.

De jaargemiddelde gehalten op de grafiekassen zijn dus onafhankelijk van elkaar tot stand gekomen. Gehalten zijn omgerekend naar mg P/l en mg N/l en kunnen dus één op één worden vergeleken.

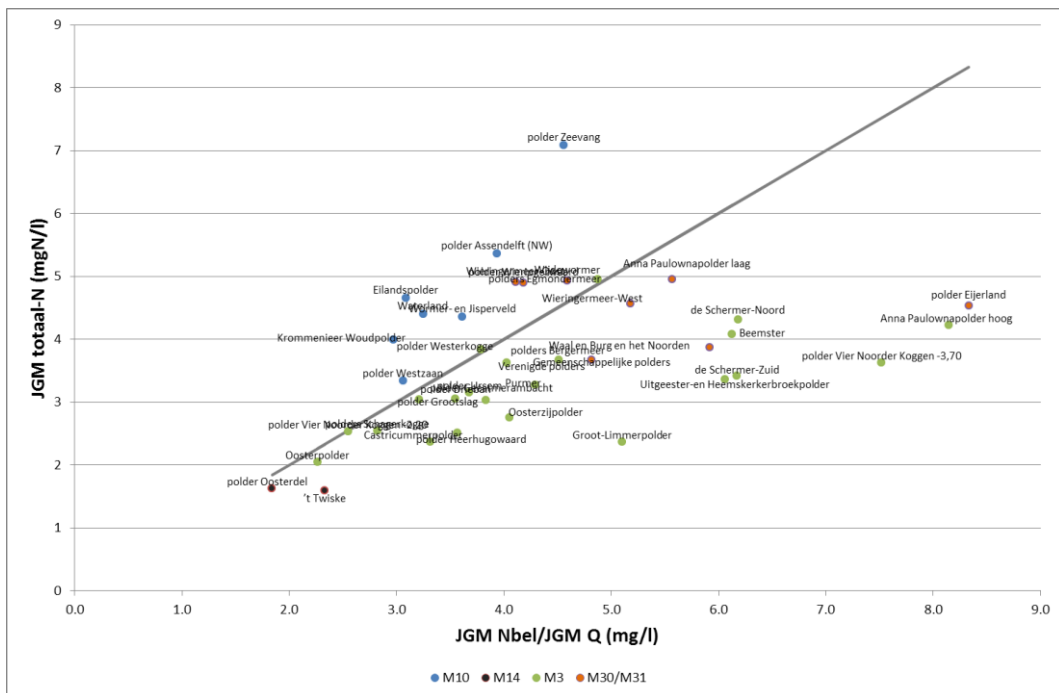
Voor P (Figuur 26) liggen de waarnemingen verspreid rond de lijn, die de $x=y$ -relatie weergeeft. Een uitschieter is de Anna Paulownapolder hoog (550). Hier ligt het gemeten gehalte v er boven de berekende waarde, wat er op wijst dat de balansen niet overeenkomen met de werkelijkheid. We vermoeden dat de P-belasting vanuit de bollenteelt is onderschat in de modelberekening (van Boekel *et al.* 2015). Echter ook voor de meeste andere gebieden ligt het gemeten P-gehalte boven de $x=y$ -lijn. De verwachting is juist dat de meetwaarden lager zouden liggen dan de berekende waarden omdat er retentie (opslag) van P plaatsvindt in onder andere de waterbodem en in planten. Een deel van de belasting 'verdwijnt' dus uit het water en daarmee zouden de resulterende gehalten lager moeten zijn. In de modelberekening wordt met deze retentie geen rekening gehouden. Wel is door Boekel *et al.* (2015) de berekende belasting, na vermindering met de geschatte retentie, vergeleken met gemeten concentraties. Ook hieruit kwam het beeld naar voren dat de geschatte belasting lager is dan op basis van de metingen mag worden verwacht.

Dat de gemeten waarden hoger zijn dan verwacht is dus opvallend. Hiervoor kunnen we twee mogelijke oorzaken aanvoeren:

- 1) een onderschatting van de uit- en afspoeling van nutriënten in de modellen. De schatting hiervan is gebaseerd op landelijke kentallen en ervaringen. Het beheergebied van HHNK wijkt echter af van andere gebieden als gevolg van de mariene invloed. Dit kan zorgen voor een hoog zwavelgehalte en daardoor een verminderde binding van P in de landbodem, leidend tot meer uit- en afspoeling dan elders;
- 2) interne nalevering van P vanuit de waterbodem, als gevolg van historische belasting of veenafbraak.



Figuur 26 Vergelijking tussen de jaargemiddelde gemeten P-gehalten (y-as) en de jaargemiddelde berekende P-gehalten uit de water- en stoffenbalansen (x-as).

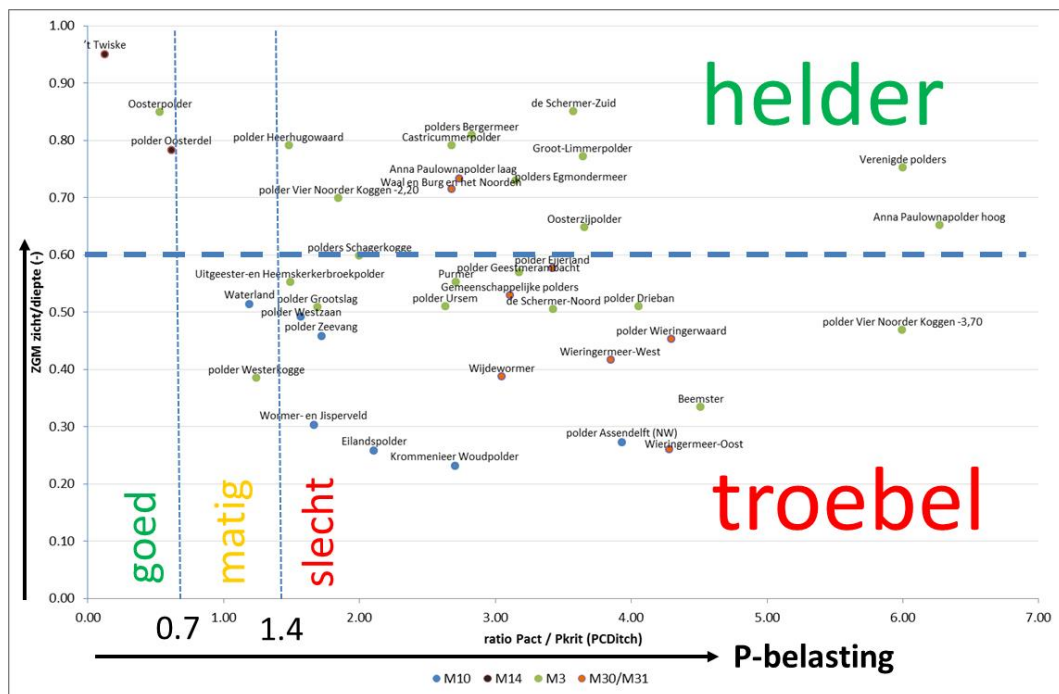


Figuur 27 Vergelijking tussen de jaargemiddelde gemeten N-gehalten (y-as) en de jaargemiddelde berekende N-gehalten uit de water- en stoffenbalansen (x-as).

Belasting en helderheid

In Figuur 28 en Figuur 29 confronteren we de modeluitkomsten voor P, respectievelijk N, met de werkelijke toestand in het veld. Dit is een zeer interessante stap en op een dergelijke schaal nog niet vaak gedaan. Gekeken is of de theoretische verwachting op basis van de analyse van belasting en kritische belasting (helder of troebel) overeenkomt met de helderheid die is gemeten in het veld. Hiervoor is per GAF-gebied:

- 1) de ratio van zichtdiepte/waterdiepte bepaald voor de meetpunten die passen binnen de range aan gemodelleerde dieptes (0,5, 0,8 en 1,2 meter). Meetpunten met een diepte van 0,3 – 1,6 meter zijn in de analyse meegenomen. De verhouding zichtdiepte/waterdiepte ('helderheid') is van betekenis voor de groei van ondergedoken waterplanten (zie ook Hoofdstuk 4). Als vuistregel geldt dat er vanaf een waarde van 0,6 en hoger voldoende licht tot op de bodem doordringt voor plantengroei (helder) en bij lagere ratio's niet (troebel);
- 2) van dezelfde meetpunten is per meetpunt de ratio van actuele belasting en kritische belasting bepaald, door de kritische belasting van de dichtstbijzijnde gemodelleerde diepte (0,5, 0,8 of 1,2 meter) te nemen;
- 3) Per GAF gebied zijn de waarden van zowel zichtdiepte/waterdiepte als Pact/Pkrit gemiddeld, zodat er per gebied één waarneming overblijft.



Figuur 28 Helderheid (ratio doorzicht/diepte) in relatie tot de P-belasting (ratio Pact/Pkrit).

P-belasting en helderheid

Figuur 28 laat de confrontatie zien tussen helderheid en P-belasting. In de figuur is de range aan P-belastingen verdeeld in goed, matig en slecht op basis van de ratio's Pact/Pkrit en de grenswaarden van 0,7 en 1,4. Dit is de bandbreedte van de

modelonzekerheid van PCLake en PCDitch. De berekende kritische belasting zelf ligt op 1. Wanneer de P-belasting onder $0,7 \times$ de kritische belasting ligt, mag worden verwacht dat de toestand van het water als 'helder' kan worden gekarakteriseerd. In de figuur is dat de zone boven de stippellijn, bij een zichtdiepte/waterdiepte-waarde van 0,6.

De drie waterlichamen die een P-belasting hebben die kleiner is dan $0,7 \times P_{krit}$ ('t Twiske (202), Oosterpolder (470) en polder Oosterdel (420)), kunnen inderdaad als 'helder' worden gekarakteriseerd. Voor deze wateren lijkt de heldere toestand dus te kunnen worden verklaard uit een voldoende lage P-belasting. Echter, bij nadere analyse blijkt dat de helft van het aantal meetpunten in beide laatstgenoemde polders (420 en 470) maximale kroosbedekkingen van meer dan 50% heeft (Figuur 14 in Hoofdstuk 4). Er zijn geen aanwijzingen dat hoge kroosbedekkingen in het algemeen gepaard gaan met een hoge zichtdiepte (Figuur 17), maar kroos belemmert in hoge bedekkingen natuurlijk wel het lichtklimaat voor ondergedoken waterplanten. In 't Twiske, de polder met de laagste P-belasting, is de kroosbedekking steeds lager dan 10%. Ook blijkt dat de totaal-P gehalten in deze wateren liggen boven de theoretisch verwachte P-concentratie (Figuur 26). Dit wijst op een onderschatting van de P-belasting, of op interne nalevering van P.

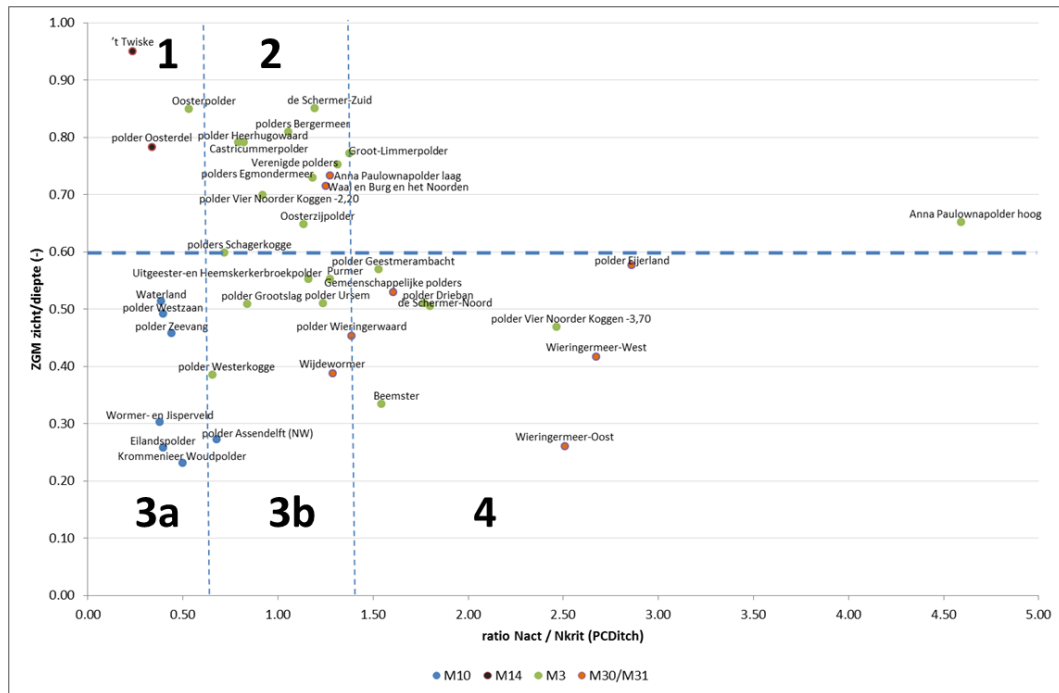
Er zijn echter meerdere wateren met een hoge P-belasting, hoger dan $1,4 \times$ de kritische belasting, die toch als helder kunnen worden bestempeld. Mogelijk dat hier de N-belasting verantwoordelijk is voor de 'heldere' toestand (N-limitatie). Een andere verklaring is dat veel van deze wateren relatief ondiep zijn en daardoor sneller aan de voorwaarde 'helder' voldoen (zie Figuur 31).

Twee afwateringsgebieden liggen in de range matig: Waterland (260) en polder Westerkogge (480). Beide worden als 'troebel' gekarakteriseerd. Waterland kent een grote ruimtelijke variatie in het chloridegehalte en ook een betrekkelijk grote temporele (zie Hoofdstuk 3). Dit kan een rol spelen in de ecologische ontwikkeling.

N-belasting en helderheid

Figuur 29 geeft de situatie voor de N-belasting weer. Dit geeft een heel ander beeld dan de P-belasting, waarbij weer de verschillen tussen de veenkanalen (M10) en de overige wateren opvallen. De veenkanalen vormen een groep linksonder in de figuur met een lage N-belasting maar toch een troebele toestand. Hier gaat de (berekende) lage N-belasting dus niet samen helder water. In dit licht zijn ook de bevindingen uit de vorige paragraaf relevant, waar werd geconstateerd dat het gemeten N-gehalte hoger is dan verwacht op basis van de balansberekeningen. Toestand en randvoorwaarden lijken dus niet met elkaar in overeenstemming.

Zoals echter eerder gezegd is er een verschil tussen fosfaat- en stikstoflimitatie (zie het kader op de volgende pagina), dat mogelijk deze discrepantie kan verklaren. Dit betekent dat een lage P-belasting vrij zeker leidt tot een heldere toestand, maar een lage N-belasting niet persé.



Figuur 29 Helderheid (ratio doorzicht/diepte) in relatie tot de N-belasting (ratio Nact/Nkrit).

Kader Fosfaatlimitatie versus stikstoflimitatie

In niet-geëutrofeerde zoete oppervlaktewateren is fosfaat gewoonlijk het limiterende nutriënt voor de groei van algen en planten. In brakke of mariene systemen is dat juist stikstof. Een belangrijk verschil tussen zoete en brakke systemen is de mate waarin fosfaat wordt gebonden aan het sediment. Onder zoete omstandigheden wordt fosfaat grotendeels gebonden aan ijzer in het sediment. Onder brakke, ionenrijke condities wordt het fosfaat hieruit 'verdrongen' door zwavel. Dit treedt vooral op in bodems met een hoger aandeel zwavel dan ijzer (ratio Fe/S < 1, gebaseerd op mol/mol verhouding), maar ook al bij Fe/S tussen 1 en 2 (van der Wijngaart *et al.* 2012). Naar verwachting geldt dit voor het overgrote deel van het marien beïnvloede deel van het beheergebied van HHNK. Brakke bodems hebben daarom een geringe bindingscapaciteit voor P.

In Hollands Noorderkwartier is de mariene historie nog zichtbaar in de nutriëntengehalten: (zeer) hoge P-gehalten en een lage N/P-ratio. In een overwegend stikstofgelimiteerd gebied lijkt het voor de hand te liggen om met maatregelen vooral op beperking van de N-belasting te sturen. Sturen op N is echter minder zeker dan sturen op P. Zo kunnen stikstoffixerende organismen, zoals bepaalde soorten blauwalgen of kroosvarens, stikstof opnemen in de vorm van N₂ (luchtstikstof). In dat geval staat een hoge P-belasting het bereiken van een goede toestand nog steeds in de weg.

Vijf groepen

Op grond van bovenstaande analyse kunnen we vijf belastinggroepen van wateren onderscheiden (Figuur 30; Bijlage VII):

- Groep 1 Heldere wateren (2 plassen en 1 kanaal) met een lage N- en P-belasting;
- Groep 2 Heldere wateren (zand en kleikanalen en brakke wateren) met een matige N-belasting en een hoge P-belasting (11);
- Groep 3a Troebele veenkanalen met een lage N-belasting en een hoge P-belasting (8);
- Groep 3b Troebele wateren (divers) met een matige N- en een hoge P-belasting (7);
- Groep 4 Troebele wateren (zand- en kleikanalen en brakke wateren) met een hoge N- en P-belasting (11).

Deze vijf belastinggroepen worden in het vervolg van dit hoofdstuk verder bekeken voor wat betreft de abiotische randvoorwaarden (% veenbodem en waterdiepte) en de toestand (algen, helderheid en vis). Doel hiervan is om beter te duiden wat de verschillen tussen de groepen zijn en waarom ze zich anders gedragen. Dat laatste kan liggen aan de randvoorwaarden (naast nutriëntenbelasting bijvoorbeeld ook bodemsamenstelling, verblijftijd, waterdiepte et cetera) maar ook aan de toestand (bijvoorbeeld de visstand).

| Groepen: | onzeker | vrij zeker |
|---------------|-------------|-------------|
| • 1. helder | N-belasting | P-belasting |
| • 2. helder | N-belasting | P-belasting |
| • 3a. troebel | N-belasting | P-belasting |
| • 3b. troebel | N-belasting | P-belasting |
| • 4. troebel | N-belasting | P-belasting |

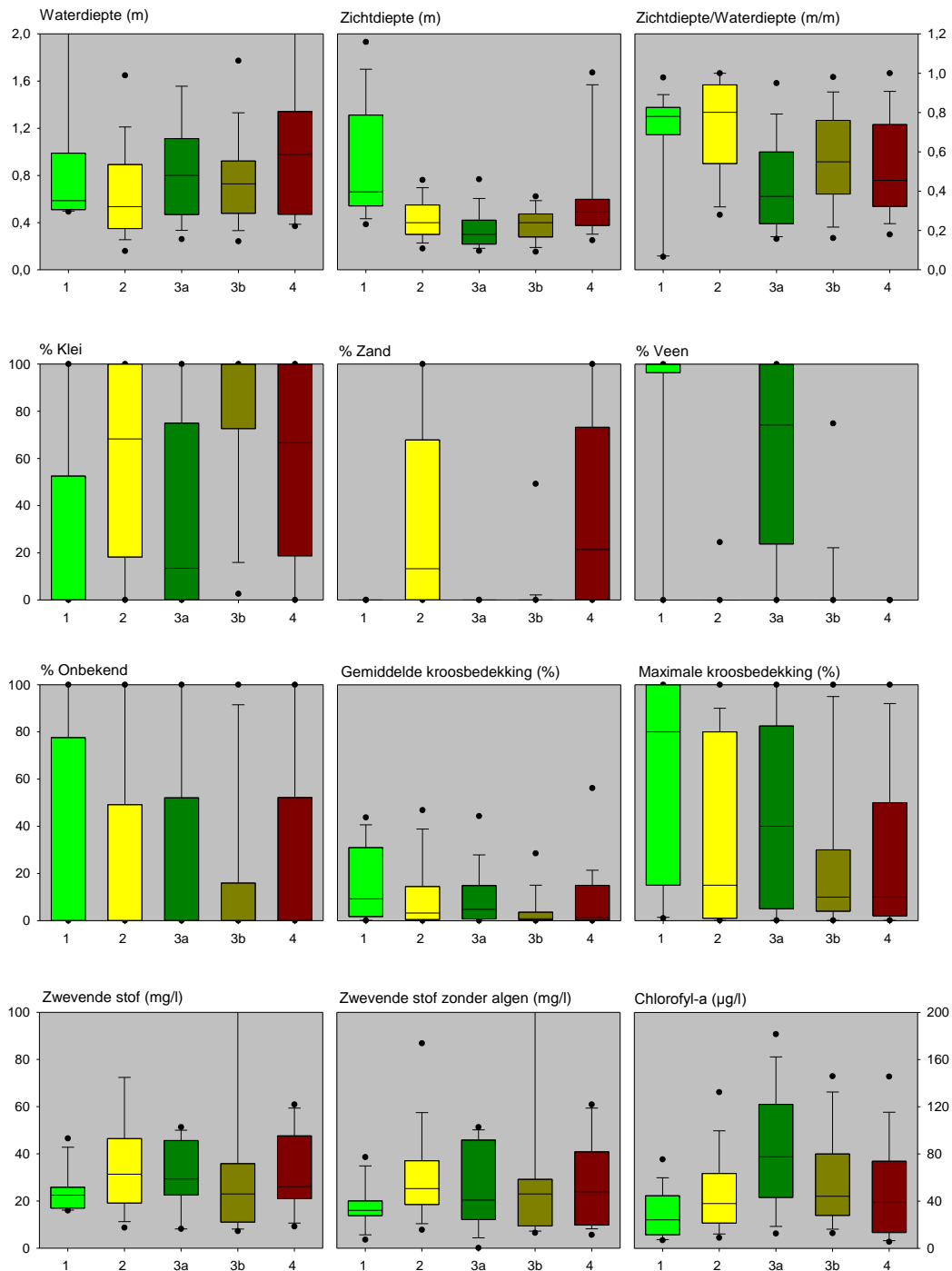
Figuur 30 De vijf belastinggroepen van wateren die we kunnen onderscheiden op grond van Figuur 28⁵ en Figuur 29⁶, waarbij groen staat voor goed, geel voor matige en rood voor slecht.

Figuur 31 geeft een overzicht van de zomergemiddelde waarden van enkele biotische en abiotische parameters per belastinggroep, in de vorm van boxplots. Deze zijn gebaseerd op alle data uit een afwateringsgebied, toegekend aan een belastinggroep, uit de periode 2004-2014. Het zijn geen zomergemiddelden per meetpunt, niet per afwateringsgebied.

Helderheid en waterdiepte

De wateren uit groep 2 zijn het ondiepst (mediaan circa 0,5 meter), die uit groep 4 het diepst (mediaan circa 1 meter). Het doorzicht is veruit het hoogst in groep 1 (hierin zit ook 't Twiske, een diepe plas), gevolgd door groep 4. Voor een zinvolle beoordeling van het doorzicht in relatie tot de groei van ondergedoken waterplanten moet echter de ratio van zicht/diepte worden bekeken. Op de meeste meetpunten uit de belastinggroepen 1 en 2 is het water inderdaad voldoende helder voor groei van ondergedoken waterplanten en bij de andere groepen is het water op de meeste punten te troebel.

Bij groep 1 is de verhouding Zichtdiepte/Waterdiepte op 75% van de meetpunten hoger dan 0,6, bij groep 2 is dat een iets kleinere percentage. In groep 3a is het lichtklimaat het slechtst, op 75% van de meetpunten de verhouding zicht/diepte minder dan 0,6. In de andere twee 'troebele' groepen 3b en 4, ligt dat percentage wat gunstiger.



Figuur 31 Boxplots van de zomergemiddelden van de meetpunten in de 39 afwateringsgebieden waarvan de kritische en actuele belasting is bepaald, onderscheiden naar belastinggroepen. Zie Figuur 11 voor uitleg van de boxplot en Figuur 30 voor een verduidelijking van de belastinggroepen. %Onbekend staat voor onbekende samenstelling van de bodem.

Bodemtype

De bodem van wateren in belastinggroepen 1 en 3a is in veel gevallen vooral venig, maar in groep 1 komt dat uitsluitend door het grote aantal meetpunten in 't Twiske. In de belastinggroepen 2, 3b en 4 bevat de bodem vooral veel klei.

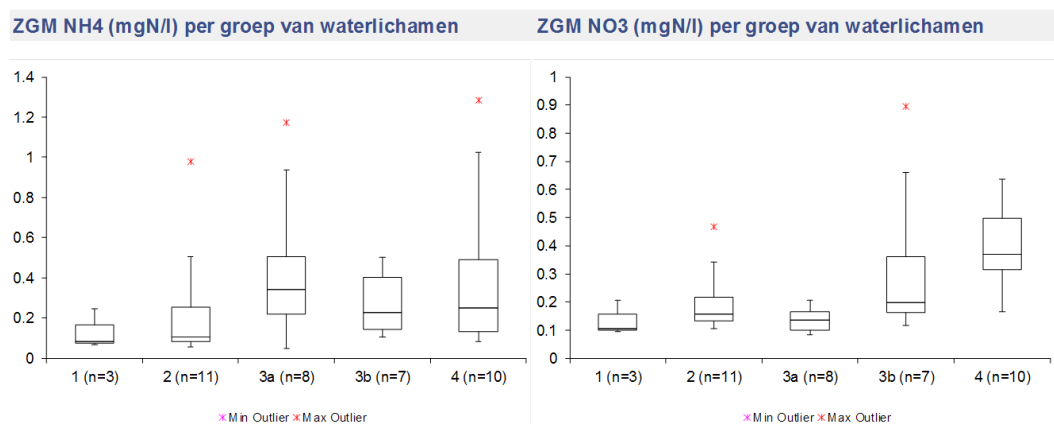
Kroosbedekking

Wateren uit groep 1 (P- en N-belasting op orde) zijn dus weliswaar helder, maar hebben vaker hogere kroosbedekkingen dan de andere vier groepen. Tot groep 1 behoren drie afwateringsgebieden, maar de gegevens over kroos komen alleen van de Oosterpolder en de polder Oosterdel; van 't Twiske zijn geen gegevens over kroosbedekking. Relatief lage kroosbedekkingen vinden we in de wateren die behoren tot groep 3b, de kleibodemwateren pur sang.

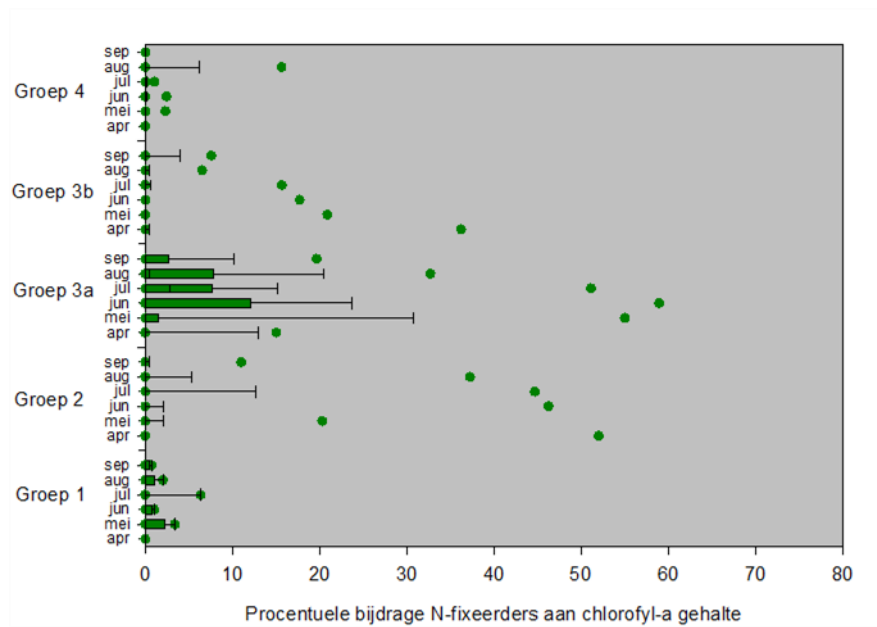
Fytoplankton

De hoogste chlorofyl-a-gehalten vinden we in groep 3a (N-belasting op orde, P-belasting te hoog). Deze groep wateren is gekenmerkt door relatief hoge percentages veen in de bodem. De vraag is waar de stikstof vandaan komt om de hoge productiviteit van fytoplankton te bewerkstelligen. Er zijn twee mogelijkheden:

- 1) er komt stikstof vrij door de afbraak van veen. Het ammoniumgehalte in wateren van deze groep 3a is relatief hoog (Figuur 32) en dit wijst op afbraak van organische stof;
- 2) er wordt moleculair stikstof vastgelegd door stikstoffixerend fytoplankton. Figuur 33 toont dat potentieel stikstoffixerende blauwalgen in deze groep wateren relatief vaak een aandeel van vijf tot tien procent in het chlorofyl-a-gehalte hebben, met incidenteel aandelen boven 50%. Elders worden slechts incidenteel aandelen van vijf procent of meer gevonden, behalve in groep 1, waar lage percentages vaker voorkomen.



Figuur 32 Boxplots van de zomergemiddelde gehalten van opgeloste anorganische stikstof voor elk van de vijf belastinggroepen (zie Figuur 30 voor een verduidelijking van de belastinggroepen).



Figuur 33 Maandelijkse aandeel van potentieel stikstoffixerende blauwalgen binnen de vijf belastinggroepen. De boxplots zijn gebaseerd op waarnemingen uit de jaren 2004-2012.

De ontwikkeling van stikstoffixerende blauwalgen lijkt dus wel gestimuleerd te worden in wateren met een lage N-belasting, maar de hoge chlorofyl-a-gehalten die we in groep 3a zien, kunnen hierdoor lang niet volledig verklaard worden. Afbraak van veenbodems blijft een potentieel belangrijke factor als stikstofbron.

Het plaatje van het chlorofyl-a-gehalte in Figuur 31 is het tegengestelde van het plaatje van de zichtdiepte; wateren in groep 3a worden vaker gekenmerkt door lage doorzichten. Dit tegengestelde patroon zien we niet duidelijk terug in het plaatje van het zwevende stofgehalte en het gehalte ZS-FP. De factor chlorofyl-a lijkt toch een sterkere rol te spelen in troebelheid dan andersoortig zwevende stof in deze afwateringsgebieden.

De lagere chlorofyl-a-gehalten in 2, 3b en 4 (alle met veel klei in de bodem en geen of vrijwel geen veen) zijn wellicht het gevolg van N-beperking in 2 en 3b en van een verminderde P-beschikbaarheid door adsorptie aan en occlusie in kleimineralen.

Vis

Er is een positieve relatie tussen de productiviteit van een water en de visbiomassa (Jaarsma *et al.* 2008), daarmee kan vis ook een goede indicator zijn van de productiviteit van een water. In het beheergebied van HHNK worden voor Nederlandse begrippen hoge tot zeer hoge visbiomassa's aangetroffen. Dit weerspiegelt dus de hoge voedselrijkdom en productiviteit van het water.

Hanson en Legget (1982) hebben een empirische relatie afgeleid tussen de visbiomassa en het gehalte van totaal-fosfaat. In het verleden is deze relatie ook voor meren en plassen in Nederland getest. Daaruit bleek dat het verband voor zand- en veenplassen

vaak verrassend goed opgaat, maar niet voor kleiwateren. In de wateren van HHNK is dit ook onderzocht, waarbij we de visbiomassa hebben gerelateerd aan het zomergemiddelde gehalte totaal-P, particulier-P (totaal-P minus ortho-P) en aan de hoogte van de gemiddelde P-concentratie in de belasting (jaargemiddelde P-belasting/jaargemiddelde debiet). De resultaten staan in Figuur 34). Ter toelichting:

- De relatie van de visbiomassa met het totaal-P gehalte in de zomer (linksboven) laat geen verband zien, wel springen enkele waarnemingen in de bovenkant van de figuur er uit. Dit betreft enkele brakke wateren met een zeer hoge biomassa aan karper. De meeste waarnemingen liggen echter ver onder de theoretisch verwachte biomassa;
- De relatie van de visbiomassa met het particulier-P gehalte in de zomer (rechtsboven) laat nog steeds geen duidelijk verband zien. Wel liggen de meeste waarnemingen veel dichterbij de theoretisch verwachte biomassa. In wateren waar P geen beperkende factor vormt, is vaak een groot aandeel P in opgeloste vorm (ortho-P) aanwezig. In dat geval is het particuliere P (onder andere P in algen, zoöplankton, detritus) een betere maat voor het aandeel dat daadwerkelijk door het voedselweb wordt benut. In deze wateren is niet fosfaat beperkend voor de groei van algen maar zijn andere factoren dat, zoals stikstof of de verblijftijd. Ook in deze figuur ligt een aantal waarnemingen vóór de theoretisch verwachte biomassa;
- De figuur linksonder laat 'door de oogharen' wel een verband zien tussen de visbiomassa en de jaargemiddelde P-concentratie in de belasting. Dit geldt voor de waarnemingen die liggen onder de lijn van de theoretisch verwachte biomassa. Dat ze er onder liggen suggereert dat maar een deel van het P ook daadwerkelijk wordt benut;
- De waarnemingen boven de lijn blijken allemaal een hoge tot zeer hoge (tot ruim 1.100 kg/ha) karperbiomassa te hebben (zie figuur rechtsonder). Dit is interessant, maar ook lastig te duiden. De wateren zijn brak en/of hebben een kleibodem. Van karper is bekend dat ze vooral in licht-brakke wateren met een kleibodem hoge dichtheden kunnen bereiken. Een van de redenen is dat ze zich daar succesvol kunnen reproduceren (weinig predatie door snoek). Tevens herbergen deze wateren vaak veel voedsel (onder andere veel kreeftachtigen zoals aasgarnalen). Ten slotte is van wateren met een kleibodem bekend dat ze vaak productief zijn (net als kleibodems op het land), maar dat dit vaak maar beperkt tot uitdrukking komt in het nutriëntengehalte en de algenbiomassa in het water. In kleiwateren vindt veel van de productie plaats aan de bodem. Dit kan dus wel tot uitdrukking komen in hoge visbiomassa's.

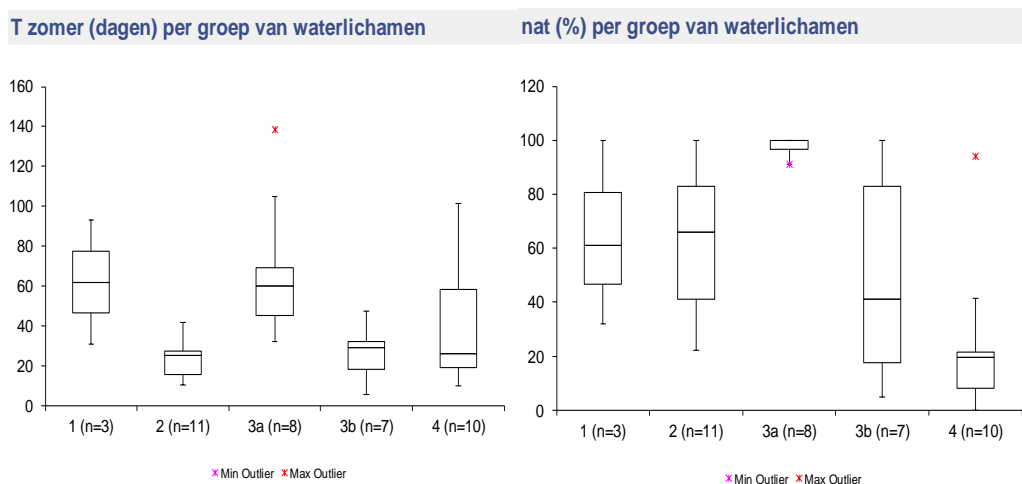
Wanneer voor de vijf onderscheiden groepen op basis van belasting en helderheid wordt gekeken naar de visstand, blijkt dat groep 3b zich onderscheidt van de andere groepen door de hoge biomassa van brasem+karper (Figuur 35). In het bijzonder springt de biomassa van karper in het oog. Deze groep van wateren is, ondanks een matige N-belasting, toch als troebel gekarakteriseerd. Dit in tegenstelling tot de wateren van groep 2 met eveneens een matige N-belasting. Wel moet worden opgemerkt dat het aantal waarnemingen in groep 3b beperkt is ($n = 4$). Toch kan de hoge biomassa aan bodemwoelende vis (brasem en karper) een aannemelijke verklaring zijn voor het verschil in helderheid tussen deze twee qua belasting vergelijkbare groepen.

Hydrologische karakteristieken

Figuur 36 laat de verschillen zien tussen de belastinggroepen voor wat betreft de zomergemiddelde verblijftijd in dagen en het '% nat'. Dit laatste is het percentage gronden dat door Alterra als 'nat' is gekarakteriseerd op basis van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), zie voor een toelichting van Boekel *et al.* (2013-2014).

Te zien is dat de wateren uit groep 1 (laag belast en helder) en 3a (veengebieden) de langste verblijftijden hebben, met een mediane waarde van rond de zestig dagen. Dergelijke verblijftijden zijn voldoende lang voor processen als algengroei en bodemnalevering om een dominante invloed te hebben op de waterkwaliteit. Het zijn daarmee veelal *procesgestuurde* watersystemen, met een groot aandeel open water (zie ook paragraaf 5.6). De wateren uit de overige groepen hebben overwegend veel kortere verblijftijden, van rond de twintig dagen. Bij een dergelijke verblijftijd mag worden verwacht dat de waterkwaliteit ook voor een belangrijk deel wordt bepaald door de kwaliteit van het aangevoerde water. Vaak zal dit in de zomer inlaatwater vanuit de boezem zijn. Wateren met een korte verblijftijd en waar de kwaliteit van het aanvoerwater dus dominant is, kunnen als *verblijftijdgestuurde* systemen worden gekarakteriseerd.

In de praktijk zullen perioden van processturing en verblijftijdssturing elkaar waarschijnlijk afwisselen, afhankelijk van klimatologische variaties in neerslag en verdamping (droge en natte periodes). Bij de interpretatie van de meetgegevens van de waterkwaliteit moet dat worden betrokken. De rechter figuur in Figuur 36 laat zien dat in de afvoergebieden van de wateren van groep 3a (veengebieden) een hoog percentage 'natte' gronden voorkomt, wateren met een hoge grondwaterstand. Groep 4 (hoog belast en troebel) onderscheidt zich juist door wateren met een gering percentage 'nat'. Hier is de drooglegging (verschil tussen slootpeil en maaiveld) blijkbaar groot. In hoeverre dit samenhangt met de hoge belasting en troebele condities is de vraag. Het lijkt echter wel te wijzen op een intensieve ontwatering ten behoeve van de landbouw.

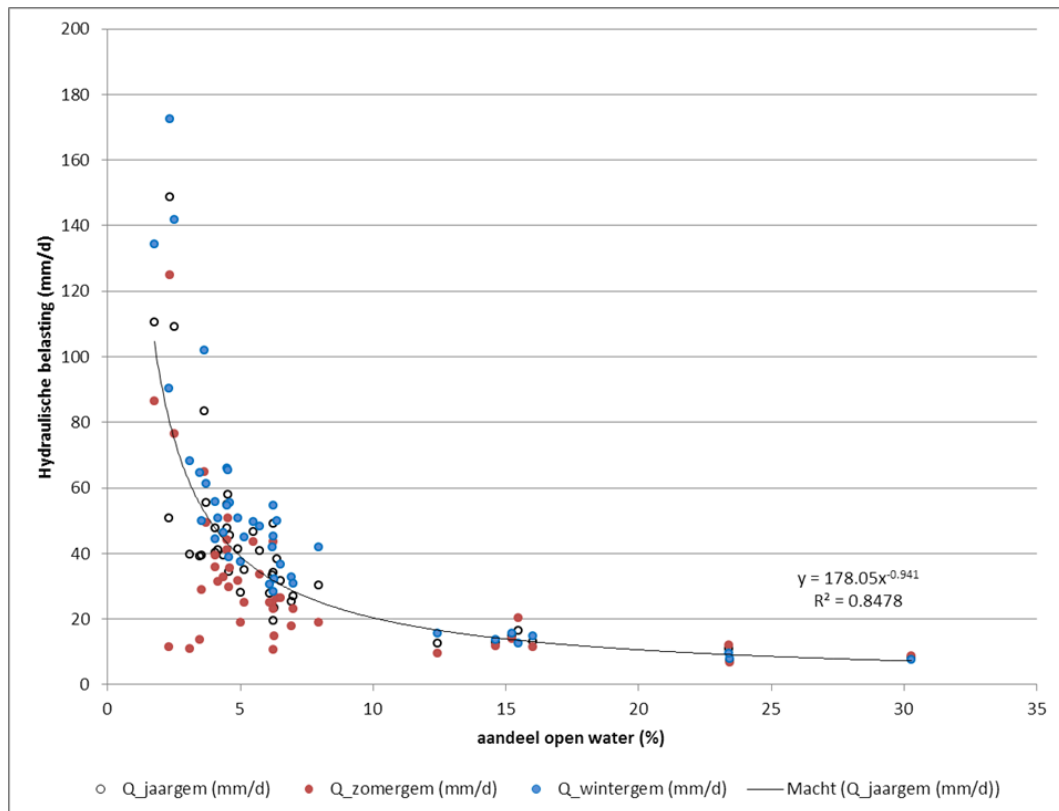


Figuur 36 Randvoorwaarden verblijftijd (T in dagen) en % nat (op basis van GT) per groep van wateren.

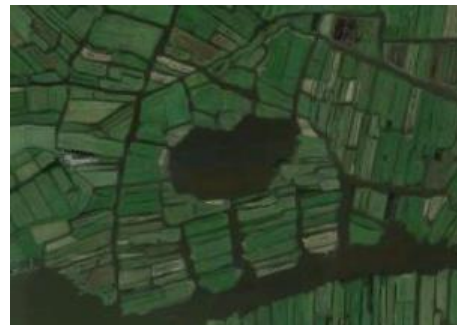
5.6 Welke andere factoren bepalen (of beperken) de productiviteit?

Verblijftijd

De gemiddelde verblijftijd van het water in een gebied is de resultante van de hydraulische belasting (hoeveel water krijgt het gebied dagelijks te verwerken) en het oppervlakte-aandeel aan open water (Figuur 37). Bij verblijftijden korter dan een dag of tien heet het watersysteem verblijftijdgestuurd. De verblijftijd is dan te kort voor de ontwikkeling van een planktongemeenschap (die spoelt uit...) en de primaire productie vindt plaats in het benthische compartiment (bodemalgen, waterplanten met aangroei-algen).



Gering % open water en korte verblijftijd



Hoog % open water en lange verblijftijd

Figuur 37 De hydraulische belasting en het percentage open water bepalen de verblijftijd.

Bij verblijftijden langer dan een dag of twintig heet het systeem procesgestuurd. De verblijftijd is dan voldoende lang voor planktische processen en de primaire productie verhuist naar het planktoncompartiment, tenzij zich kroos ontwikkelt.

In verblijftijdgestuurde wateren zal ook kroos door uitspoeling minder kans krijgen om zich te ontwikkelen tot hoge bedekkingen en gedraagt zich dan min of meer hetzelfde als plankton. Lokaal kan kroos zich wel ophopen bij duikers of gemalen. In procesgestuurde wateren zal wel een gesloten kroosdek kunnen ontstaan, waardoor de primaire productie zich verplaatst naar het wateroppervlak. Bij intermediaire verblijftijden kan het systeem zich afwisselend als procesgestuurd en als verblijftijdgestuurd systeem gedragen.

Afhankelijk van de hydromorfologie is de gemiddelde verblijftijd meer of minder representatief voor het gehele watersysteem. In ondiepe meren die gemengd worden door de wind is de gemiddelde verblijftijd vaak een goede maat voor de verblijftijd van het meer als geheel. Tussen lijnvormige wateren in polders is de ruimtelijke variatie groot met doodlopende sloten, doorlopende sloten en de hoofdwatergang naar het gemaal.

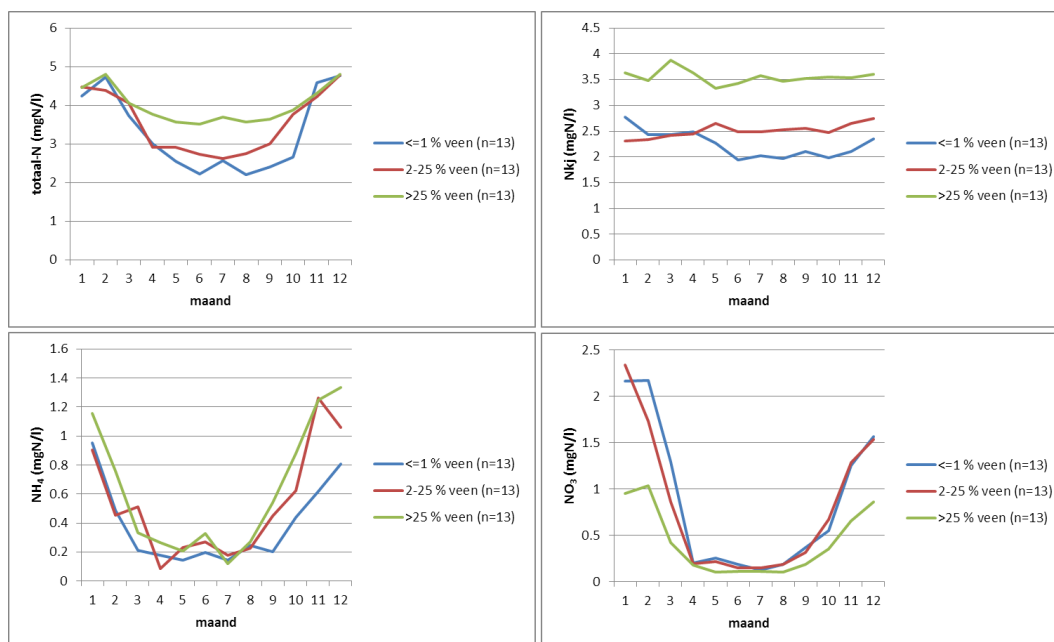
Wateren uit de groepen 1 en 3a zijn duidelijk procesgestuurd, terwijl wateren in de andere drie groepen voor een deel intermediaire verblijftijden kennen (Figuur 36).

5.7 Is N-limitatie beperkend voor de productiviteit?

In ons vorige rapport (Bijkerk & van Dam 2014) hebben we laten zien dat er sterke aanwijzingen zijn voor het optreden van een (secundaire) stikstofbeperking van de primaire productie: de Chla:N-ratio is relatief hoog en zeer constant over de afwateringsgebieden en de Chla:P-ratio is relatief laag en varieert over het gebied. De inerte fractie in het totaal-stikstofgehalte, die landelijk geschat is op 0,67 mg N/l (Portielje & van der Molen 1998), lijkt in Hollands Noorderkwartier te kunnen variëren van 0,4 tot 1,6 mg N/l (Bijkerk & van Dam 2014). Verdisconteren we dit in de N:P-verhouding, dan blijkt deze maar in zes gebieden groter te zijn dan 7 mg/mg op basis van het gebiedsgemiddelde van de zomergemiddelde gehalten van N en P per meetpunt. Dit zijn het Wormer- en Jisperveld (220) en de Krommenieër Woudpolder (240), beide behorend tot de belastinggroep 3a en de Gemeenschappelijke polders (630), behorend tot belastinggroep 4. Verder geldt het voor de Stad van de Zon (240) en de duingebieden Westerduinen (810) en Zuid NHN (820). In de overige gebieden is de verhouding lager tot veel lager dan 7 en lijkt stikstoflimitatie dus te kunnen zorgen voor een reële beperking van de productiviteit die we alleen op basis van fosfaat zouden verwachten.

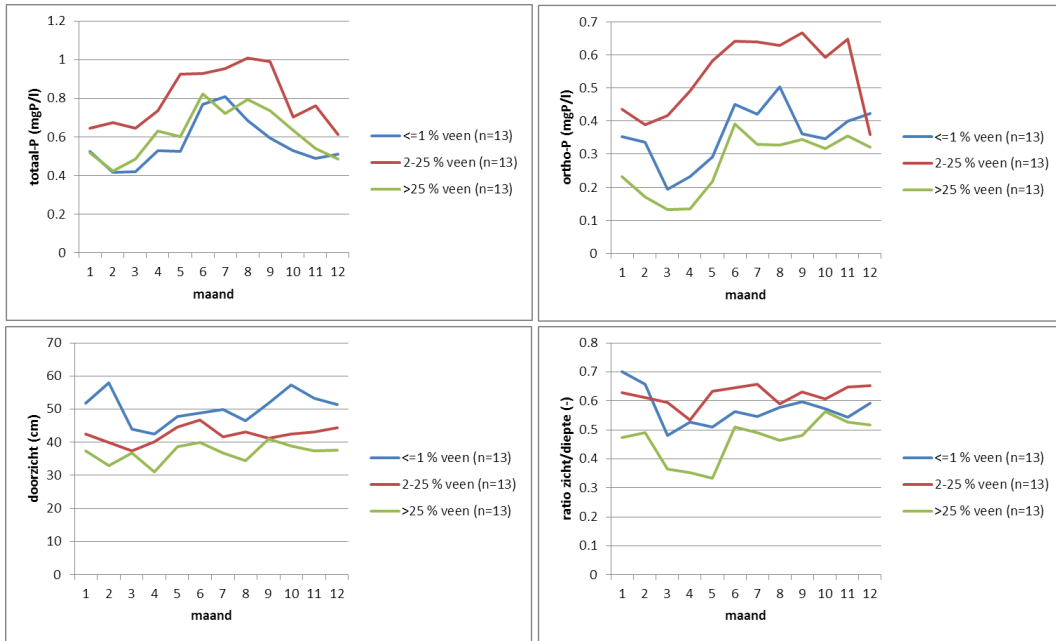
N-limitatie beperkt de productiviteit niet wanneer zich organismen ontwikkelen die atmosferische stikstof kunnen binden. Stikstoffixerende blauwalgen die dit kunnen, hebben daarvoor veel licht nodig en verdragen geen stroming of sterke turbulentie. Figuur 33 toont dat potentieel stikstoffixerende blauwalgen alleen in wateren van groep 3a meer dan incidenteel een bescheiden aandeel in de fytoplanktonbiomassa hebben. Kroosvarens, die door symbionten stikstof kunnen fixeren, zullen alleen een redelijke biomassa kunnen opbouwen in wateren met langere verblijftijden dan twintig dagen.

Figuur 38 toont dat minimale gehalten van opgeloste anorganische stikstof in wateren met venige bodems optreden in de periode mei-juli. Dit is het gevolg van denitrificatie. Wat deze figuur ook laat zien is een relatief hoog gehalte van $N_{Kjeldahl}$ in bodems met meer dan 25% veen. $N_{Kjeldahl}$ bestaat uit ammonium en organisch-gebonden stikstof. Dat laatste in deze wateren waarschijnlijk vooral in de vorm van opgewerkte veendeeltjes.

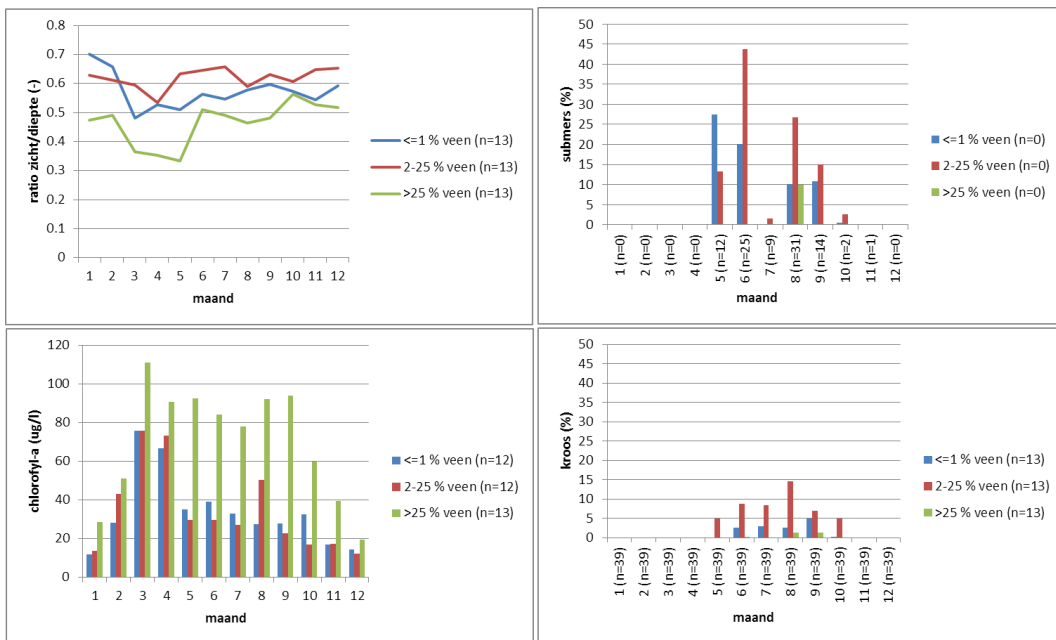


Figuur 38 Maandelijks ontwikkeling van het gehalte van stikstof fracties voor drie klassen van venige bodems.

Figuur 39 laat zien dat het fosfaatgehalte in de drie groepen van wateren, onderscheiden naar bodemaard, een duidelijk seizoenspatroon volgt met de hoogste gehalten in de zomer. Dit wordt in veel voedselrijke wateren gevonden en wijst op nalevering van P vanuit de waterbodem. Het doorzicht is overwegend het slechtst in wateren met een hoog aandeel veen in het afvoergebied. Ook de ratio doorzicht/diepte is hier het laagst. Figuur 40 toont dat de ontwikkeling van planktonalgen (chlorofyl-a) en vegetatie duidelijk anders is in wateren met een hoog aandeel veenbodem in het afvoergebied. Bij meer dan 25% veen in de bodem is het chlorofyl gehalte gedurende het gehele zomerseizoen hoog, terwijl dit gehalte in de overige wateren na april sterk afneemt. Deze afname is vermoedelijk het gevolg van stikstoflimitatie, omdat in deze wateren ook de gehalten van opgeloste anorganische stikstof (NH_4 en NO_3) vanaf april hun laagste waarden (rond de detectiegrens) bereiken. In de veengebieden komt echter weer stikstof vrij (NH_4) door veenafbraak. Hiervan kunnen de algen van profiteren. Samen met de langere verblijftijden van de wateren in de veengebieden (hoog % open water) zijn de omstandigheden voor het fytoplankton hier dus het meest gunstig. Opvallend is dat in de veengebieden nauwelijks ondergedoken waterplanten (submers) voorkomen en dat ook kroos het hier slecht lijkt te doen. Dit laatste is opmerkelijk, omdat in veel veengebieden elders in Nederland juist zeer hoge bedekkingen van kroos kunnen worden waargenomen.



Figuur 39 Maandelijke ontwikkeling van het fosfaatgehalte en de helderheid voor drie klassen van venige bodems.



Figuur 40 Maandelijke ontwikkeling van de helderheid en enkele biologische respons-variabelen voor drie klassen van venige bodems.

6 Habitatgeschiktheid

6.1 Achtergrond

Ondergedoken en in de bodem wortelende waterplanten hebben niet alleen licht nodig. Ook de bodem moet geschikt zijn om in te wortelen. Is deze bedekt met een dikke sliblaag, dan kan de vestiging van waterplanten bemoeilijkt worden door zuurstofloosheid en toxische verbindingen, zoals sulfide en ammonium.

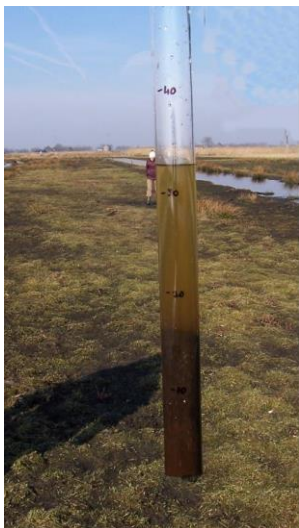
6.2 Vraagstelling

Het doel van deze analyse van de habitatgeschiktheid voor waterplanten is om de volgende vragen met betrekking tot de habitatgeschiktheid zo goed mogelijk te beantwoorden:

- 1) Welke textuureigenschappen van de waterbodem belemmeren de groei en worteling van waterplanten?
- 2) Waar komen deze bodems voor binnen het beheersgebied?
- 3) Bij welke condities van zwavelverbindingen, ammonium en zuurstof is het habitat ongeschikt?
- 4) Waar komen deze condities voor binnen het beheersgebied?
- 5) Welk onderzoek moet worden gedaan om deze vragen te beantwoorden?

6.3 Welke textuureigenschappen belemmeren groei en worteling van waterplanten?

Deze vraag is ingegeven door de constatering dat in sommige delen van het beheergebied van HHNK de bodems nauwelijks geconsolideerd zijn en er een vloeiende overgang is van het oppervlaktewater naar de bodem (Figuur 41).



Figuur 41 Boorkern uit het laagveengebied (foto: Alejandra Goldenberg).

Waterbodem

De waterbodem is meestal opgebouwd uit een vast, geconsolideerd gedeelte, waarop een ongeconsolideerde sliblaag ligt. De sliblaag bevat amorf organisch materiaal (resten van planten en dieren) en ingewaaide of ingespoelde materialen. In Nederland is de oorspronkelijke waterbodem (zand, klei, veen of een mengsel hiervan) vaak afgedekt met een dikke laag slib, waarin de bodem-waterinteracties plaatsvinden. Deze laag is het habitat voor planten en dieren (Van Gogh 2014).

Consolidatie sliblaag

Osté (2011) schrijft dat een stevige geconsolideerde sliblaag gunstig is voor de ontwikkeling van vegetatie, maar merkt ook op dat over de invloed van (de consolidatie van) het substraat op de waterkwaliteit nog weinig bekend is. Verder zijn er vooralsnog geen methoden beschikbaar om een goede relatie te kunnen leggen tussen substraattypen en bijvoorbeeld de EKR van macrofyten. Uit het overzichtsartikel van Bornette & Puijalon (2011) blijkt dat de meeste waterplanten plaatsen met weinig cohesieve sedimenten vermijden. Vestiging van waterplanten is moeilijk op bodems met een dikke, niet-geconsolideerde (vloeibare) sliblaag (Hoogenboom 2014).

Verankering

Schutten (2005) onderzocht de biomechanische beperkingen, zoals breek- en ankerkracht, op de groei van macrofyten in ondiepe, alkalische, voedselrijke meren. De breekkracht is afhankelijk van de oppervlakte van de stengeldwarsdoorsnede. De ankerkracht is een functie van de oppervlakte van de wortelbal en de cohesieve sterkte van de bodem. Een vergelijking van de krachten die op de stengel uitgeoefend kunnen worden met de breek- en ankersterkte van de plant bewijst dat de waterplanten in ondiepe meren alleen beschadigd kunnen worden gedurende extreme windsituaties tijdens het groeiseizoen. De weerstand van de planten blijkt sterk afhankelijk te zijn van de cohesieve sterkte van de bodem. Een schatting van de krachten die door grazende vogels uitgeoefend kunnen worden, geeft aan dat deze groot genoeg zijn om de planten mechanisch te kunnen beschadigen. De auteur concludeert dat individuele planten in grotere meren met een niet-cohesieve bodem een instabiel habitat innemen, waarin ze het risico lopen op mechanische beschadiging. Deze schade kan de vitaliteit en de langdurige overleving van een herstellende waterplantenvegetatie negatief beïnvloeden. De resultaten van Schutten (2005) zijn maar beperkt overdraagbaar naar de wateren in het beheergebied van HHNK, omdat dit meestal kanalen, sloten en kleinere plassen zijn. Verder is belangrijk dat Schutten alleen locaties heeft onderzocht waar macrofyten voorkomen. Eigenlijk kan op grond van zijn onderzoeksresultaten niet worden gezegd waarom in veel wateren niet of nauwelijks waterplanten voorkomen.

6.4 Waar komen deze bodems voor binnen het beheergebied?

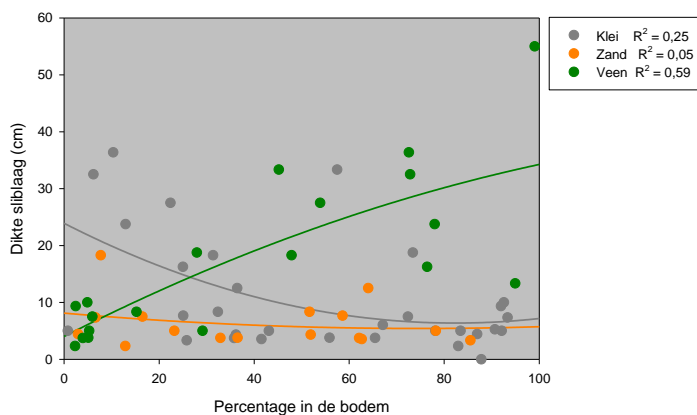
Bij de ecologische monitoring van het beheergebied van HHNK worden slibdikten gemeten. Over de mate van consolidatie van het sediment worden daarbij geen aantekeningen gemaakt. Niet alle data zijn digitaal beschikbaar.

In de database van het waterschap bevinden zich 331 metingen van slibdiktes, die zijn samengevat in Tabel 4. Het betreft gegevens van meetpunten in 33 afwateringsgebieden.

Tabel 4 Samenvatting van de metingen van slibdikte in de afwateringsgebieden (OWM-nr) van HHNK.

| OWM-nr | Periode | | Aantal | Gemiddelde (cm) | OWM-nr | Periode | | Aantal | Gemiddelde (cm) |
|--------|---------|------|--------|--------------------|--------|---------|------|--------|--------------------|
| | Van | Tot | | | | Van | Tot | | |
| 110 | 2011 | 2012 | 46 | 3,7 | 430 | 2012 | 2012 | 2 | 5,0 |
| 120 | 2011 | 2012 | 29 | 18,3 | 440 | 2011 | 2011 | 2 | 0,0 |
| 130 | 2012 | 2012 | 9 | 3,8 | 510 | 2012 | 2012 | 4 | 3,8 |
| 140 | 2012 | 2012 | 12 | 5,3 | 520 | 2012 | 2012 | 4 | 12,5 |
| 202 | 2011 | 2011 | 2 | 55,0 | 530 | 2012 | 2012 | 2 | 5,0 |
| 210 | 2011 | 2011 | 6 | 33,3 | 540 | 2012 | 2012 | 3 | 2,3 |
| 220 | 2011 | 2011 | 6 | 32,5 | 550 | 2012 | 2012 | 3 | 3,3 |
| 230 | 2011 | 2011 | 4 | 23,8 | 620 | 2011 | 2011 | 3 | 7,7 |
| 240 | 2011 | 2011 | 2 | 27,5 | 710 | 2011 | 2011 | 4 | 7,5 |
| 250 | 2011 | 2011 | 3 | 13,3 | 720 | 2005 | 2012 | 15 | 4,3 |
| 260 | 2011 | 2011 | 33 | 36,4 | 730 | 2011 | 2011 | 9 | 8,3 |
| 280 | 2011 | 2011 | 4 | 16,3 | 740 | 2012 | 2012 | 2 | 5,0 |
| 311 | 2012 | 2012 | 1 | 10,0 | 750 | 2012 | 2012 | 1 | 5,0 |
| 320 | 2011 | 2012 | 3 | 9,3 | 760 | 2012 | 2012 | 9 | 3,6 |
| 330 | 2011 | 2011 | 4 | 18,8 | 770 | 2011 | 2012 | 3 | 7,3 |
| 340 | 2011 | 2011 | 4 | 5,0 | geen | 2000 | 2012 | 82 | 35,3 |
| 415 | 2003 | 2012 | 8 | 6,0 | | | | | |
| 425 | 2002 | 2012 | 7 | 4,4 | Totaal | | | 331 | 12,9 |

Uit deze gegevens komt een duidelijke, positieve relatie naar voren met het percentage veen in de bodem (Figuur 42). Dit percentage is afgeleid uit de Alterra-studies over de achtergrondbelasting (van Boekel *et al.* 2013-2014) en verklaart hier 59% van de variatie in de dikte van de sliblaag. Boven een veenpercentage van omstreeks 30% is er een duidelijke toename van de slibdikte. Het percentage klei heeft een minder duidelijke, negatieve relatie met de dikte van de sliblaag ($R^2 = 0,25$). Het percentage zand heeft geen invloed.



Figuur 42 Relatie tussen de dikte van de sliblaag en het percentage klei, zand of veen in de bodem van 33 afwateringsgebieden.

Metten bij baggerwerken

In het landelijk gebied van het Noorderkwartier bedraagt de gemiddelde jaarlijkse slibaanwas op zand 1 cm/jaar, op veen 1,5 cm/jaar en op klei 1,9 cm/jaar, in het stedelijk water en in boezemwater 2 cm/jaar. De baggercyclus is zeven jaar in het landelijk gebied en tien jaar in het stedelijk gebied (Van Kalleveen 2010).

Vóór het uitvoeren van de baggerwerkzaamheden worden rapportages gemaakt met gegevens over de hoeveelheden slib (slibdiktes, breedte en lengte van de watergangen). Daarnaast bevatten de rapportages analyses van chemische samenstelling (zware metalen, PAK's en PCB's en soms biociden) en van fysische eigenschappen, zoals indamprest (drooggewicht), gloeirest (asvrijdrooggewicht), organische-stofgehalte en ten minste de korrelgroottefractie < 2 µm (lutum- of kleideeltjes) (het zogenaamde standaardpakket AS 3000 voor waterbodemanalyse) en vaak ook nog negen andere fracties tussen 2 en 1000 µm (zeefkromme). Deze gegevens zijn niet via een centrale database toegankelijk. Ze worden door de laboratoria (meestal Waterproef, soms Omegam) gerapporteerd in pdf-vorm en/of als afzonderlijke csv-files per monster. Daarbij zijn de locaties niet aangeduid met hun coördinaten en de gebieden niet met hun OWM-codes.

Hoe meten we consolidatie?

Consolidatie van het sediment lijkt een belangrijke factor voor het verklaren van de aan- of afwezigheid van ondergedoken waterplanten. De mate van consolidatie is echter lastig te meten. Diverse parameters die iets zeggen over de consolidatie worden wel gemeten, maar zijn niet goed toegankelijk. We bevelen aan te zorgen voor een betere opslag en uitwisselingsmogelijkheid van deze data.

Om een idee te krijgen welke eigenschappen het beste de consolidatie van de bodem aangeven, hebben we een analyse gedaan met de wel toegankelijke data. Deze zijn ontleend aan enkele van de vele rapportages verkregen van de heer T. Schermer (Planadviseur, Cluster Watersystemen, HHNK) en aan een bestand van ongepubliceerde gegevens dat door Deltares is geproduceerd, door aparte csv-files van enkele honderden locaties samen te voegen (L. Osté, pers. med.). De gebruikte gegevens zijn samengevat in Tabel 5.

Verspreidingsbeeld

Bij Breezand komen de laagste vochtgehalten komen voor bij Breezand. Ook het gewichts-aandeel van de fractie < 2 µm (lutum) is hier laag. Dat wil zeggen dat er weinig klei en relatief veel zand is en het sediment naar verwachting sterk geconsolideerd is. Bij Katwoude is zowel het vochtgehalte als het organische-stofgehalte hoog (veengebied) en hebben we waarschijnlijk te maken met weinig geconsolideerd sediment.

Correlatie

De verwachting is dus dat de mate van consolidatie wordt bepaald door de hoeveelheid vocht en het aandeel organische stof: hoe geringer de indamprest (hoe hoger het vochtgehalte) en hoe hoger het gehalte aan organische stof (hoe lager de gloeirest), hoe minder geconsolideerd het sediment is. De analyse laat zien dat deze twee parameters, vochtgehalte en gehalte organische stof, significant gecorreleerd zijn (Tabel 6).

Tabel 5 Gemiddelden van de metingen van slibdikte en fysische eigenschappen van het bodemslib in enkele gebieden van Hollands Noorderkwartier, gerangschikt naar het vochtgehalte. Bij de OWM-gebieden is het voorvoegsel NL12_ niet vermeld. Een ? betekent dat de vermelde OWM-gebieden niet geheel zeker zijn. N = aantal monsters/metingen, % vers = percentage van het versgewicht, % droog = percentage van het drooggewicht). De fractie <2 µm heeft betrekking op kleine minerale deeltjes (klei). Bronnen: B = Bakels (2013), K = Kramer (2012), O = ongepubliceerd (L. Osté, pers. med.), R= Rippen e.a. (2013), L = Lucassen (2013).

| Gebied | OWM-nr | Jaar | Hoeveelheid | | | Fysische samenstelling | | | | |
|--------------------------|--------------|------|-------------|------------|------|------------------------|----------------|---------------------|-----------------|------|
| | | | n | Dikte (cm) | Bron | N | Vocht (% vers) | Org. stof (% droog) | <2 µm (% droog) | Bron |
| Breezand (blok 14) | 540/550? | 2008 | | | | 9 | 43 | 4 | 5 | O |
| Waterland (blok 59) | 260 | 2008 | | | | 6 | 52 | 5 | 15 | O |
| Roggesloot | 610 | 2013 | 666 | 12 | R | 7 | 52 | 6 | | L |
| Wieringermeer (blok 118) | 510 | 2012 | 90 | 18 | B | 16 | 53 | 6 | 13 | B |
| Sint Maarten (blok 27) | 110 | 2011 | 140 | ~45 | K | 14 | 58 | 7 | 15 | K |
| Texel (sloten 1471-1496) | 610/620/630? | 2008 | | | | 23 | 58 | 7 | 13 | O |
| Burgerbrug | 110? | 2008 | | | | 6 | 60 | 6 | 28 | O |
| Beemster (blok 90 en 95) | 320 | 2008 | | | | 40 | 61 | 12 | 25 | O |
| Zandvaart (A Paulowna) | 540/550? | 2008 | | | | 43 | 63 | 8 | 26 | O |
| Katwoude | geen | 2008 | | | | 12 | 80 | 31 | 28 | O |

Tabel 6 Spearman-rangcorrelaties tussen de bodemfysische variabelen uit Tabel 5. De tweezijdige overschrijdingskansen zijn cursief gedrukt.

| | Vocht | Org. stof | Fractie < 2µm |
|---------------|-------|--------------|---------------|
| Vocht | | <i>0,000</i> | <i>0,009</i> |
| Org. stof | 0,90 | | <i>0,076</i> |
| Fractie < 2µm | 0,77 | 0,58 | |

6.5 Bij welke condities van zwavelverbindingen, ammonium en zuurstof is het habitat ongeschikt?

In sterk gereduceerde bodems vormen zich giftige stoffen als waterstofsulfide en ammonium. Tot op zekere hoogte kunnen planten vergiftiging met deze stoffen voorkomen door deze af te voeren en de opname ervan te vermijden door actief zuurstoftransport. Vestiging van waterplanten is er evenwel moeilijk (Hoogenboom 2014). Van den Berg & Peters (2014) geven, op grond van literatuuronderzoek en eigen waarnemingen op 28 locaties (voornamelijk in het Noorderkwartier beneden de lijn

Bergen – Hoorn), aan wat kritische concentraties zijn voor de aanwezigheid van waterplanten. Deze zijn samengevat in Tabel 7. De gepresenteerde getallen zijn geen ‘harde’ grenzen, maar benaderingen. De toxiciteit is van veel factoren afhankelijk, onder andere van de temperatuur. Bovendien zijn er grote verschillen tussen de verschillende soorten waterplanten (Lamers *et al.* 2013). Hoge concentraties ammonium in het bodemvocht resulteren in hoge concentraties ammonium in de waterlaag, waar concentraties boven de 1,4 mg/l al toxisch zijn gebleken voor sommige waterplanten, zoals Krabbescheer (ref. in Van den Berg & Peters 2014). De in Tabel 7 gepresenteerde ondergrens voor het bodemvocht is al een factor tien hoger.

Tabel 7 Kritische concentraties van ammonium en sulfiden in het bodemvocht en het percentages locaties met overschrijdingen volgens Van den Berg & Peters (2014).

| Stof | Kritische concentraties | | Effect | % Locaties |
|----------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------|
| Ammonium | 750 - 1000 µmol/l | 10,5 - 14 mg/l NH ₄ -N | onderste grenswaarde | 11 |
| | 1000 -2000 µmol/l | 14 -28 mg/l NH ₄ -N | problematisch | 14 |
| | > 2000 µmol/l | > 28 mg/l NH ₄ -N | toxisch voor veel soorten | 7 |
| Sulfiden | 10 - 40 µmol/l | 0,32 - 1,28 mg/l S | onderste grenswaarde | 18 |
| | 40 - 200 µmol/l | 1,28 - 6,4 mg/l S | problematisch | 4 |
| | > 200 µmol/l | > 6,4 mg/l S | toxisch voor veel soorten | 7 |

Zuurstofloosheid van het sediment is schadelijk voor ondergedoken waterplanten en de daarbij behorende macrofauna. Zuurstof is niet alleen op zichzelf van belang (veel water- en oeverplanten kunnen dit door luchtkanalen naar de wortels leiden), maar de zuurstofloosheid of –armoede bevordert ook het optreden van reductieprocessen in het sediment. Hierbij komen sulfiden, ammonium en andere toxicanten vrij, zoals ethanol en mierenzuur (Bornette & Puijalon 2011, Van Zuidam 2013).

6.6 Waar komen deze condities voor binnen het beheersgebied

In de bestanden van het waterschap zijn nauwelijks gegevens over de chemische samenstelling van het bodemvocht (poriewater) in de onderwaterbodems. Uit Tabel 7 blijkt dat de onderste grenswaarden zowel voor ammonium als sulfiden op bijna een derde van de onderzochte locaties worden overschreden (overigens overschrijdt de fosfaatnalevering uit het sediment de daarvoor gestelde grenswaarde op meer dan 95% van de onderzochte locaties).

6.7 Welk onderzoek moet worden gedaan om deze vragen te beantwoorden?

Over de invloed van de textuur van de waterbodem op groei en worteling van waterplanten is nog maar weinig bekend. Het is wel duidelijk dat de meeste waterplanten plaatsen met weinig geconsolideerde sedimenten (een hoog vochtgehalte) vermijden. Dat zijn vaak locaties in veengebieden of andere plaatsen waar een dikke laag organisch

materiaal (slib) is afgezet. Onderzoek naar de aard en achtergronden van de relaties tussen waterplanten en sedimenteigenschappen is primair een taak van onderzoekinstellingen en niet van waterschappen.

Voor het waterschap is het van belang inzicht te hebben in de geografische verspreiding van waterplanten en bodemeigenschappen. Er zijn al veel gegevens aanwezig. Bij de veldopnamen van macrofyten worden al notities gemaakt van bodemsoort en slibdikte. Deze moeten digitaal beschikbaar komen. Daarnaast worden er bij baggerplannen dwarsprofielen gemaakt, waarin de slibdikte wordt bepaald en wordt standaard bodemonderzoek uitgevoerd, waarbij onder andere de gehalten aan vocht en organische stof worden bepaald. De gegevens worden nu zeer verspreid opgeslagen, zonder dat de topografische coördinaten worden vermeld. Indien dat wel zou gebeuren zouden de gegevens ook voor het ecologisch onderzoek bruikbaar zijn.

Het waterschap dient voorts te overwegen of voortaan bij het standaard waterbodemonderzoek ook nutriënten en sulfiden in het poriewater ten minste op een deel van de locaties kunnen worden meegenomen, om de nalevering naar het oppervlaktewater te kunnen bepalen. In veel gevallen liggen de gehalten van ammonium en sulfide in het bodemvocht boven de grenswaarden.

7 Integratie

In de voorgaande hoofdstukken is een analyse gemaakt van het ecologisch functioneren van de wateren in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Doel van deze analyse was een eerste globale verkenning van de factoren die de toestand voor wat betreft de waterkwaliteit en ecologische kwaliteit bepalen. Daarbij is gebruik gemaakt van de methodiek van de ecologische sleutelfactoren van de STOWA. De sleutelfactoren bieden een raamwerk voor een gestructureerde analyse en tevens een kapstok voor de communicatie over de verschillende aspecten van het waterbeheer. In dit hoofdstuk worden de bevindingen in samenhang besproken, waarbij de groepen van wateren centraal staan waarvan uit de analyse bleek dat ze overeenkomsten vertonen in ecologische toestand en -functioneren. Deze groepen vormen de basis voor een verdere analyse in de komende jaren. Hierop wordt in hoofdstuk 8 verder ingegaan.

7.1 Vijf groepen van waterlichamen op basis van belasting en toestand

Binnen het beheergebied van HHNK bestaan 51 afwateringsgebieden voor de KRW. Van 39 hiervan is de verhouding tussen de actuele en kritische P- en N-belasting bekend. Deze is vergeleken met de toestand die in het veld is waargenomen voor wat betreft helderheid (zichtdiepte/waterdiepte = ZD/WD), nutriënten, algen, waterplanten en vis. Dit heeft geleid tot een indeling in vijf groepen.

In deze paragraaf worden de groepen eerst gekarakteriseerd voor wat betreft de toestand ('helder' of 'troebel') en de belasting ('laag', 'matig' of 'hoog' ten opzichte van de kritische belasting). Een water wordt helder genoemd wanneer de verhouding zichtdiepte/-waterdiepte groter is dan 0,6, gebaseerd op metingen. De belasting is laag wanneer hij ruim onder de kritische grens ligt ($< 0,7 \times$ kritische grens), hoog wanneer hij er ruim boven ligt ($> 1,4 \times$ kritische grens) en matig wanneer hij tussen deze grenzen ligt. Het gaat hierbij alleen om de *externe* belasting, de belasting via water dat van elders komt. Met een *interne* belasting vanuit de bodem is hier geen rekening gehouden. Daarbij moet ook worden bedacht dat deze kritische grens afhankelijk is van onder andere de diepte, het bodemtype en de verblijftijd. Tabel 8 vat enkele kenmerken van deze groepen samen.

Groep 1 Heldere wateren met lage externe P- en N-belasting

Gebieden: 't Twiske, Oosterpolder en Oosterdel.

't Twiske en Oosterdel kenmerken zich door een groot aandeel open water (circa 20-30%, vooral plassen en brede kanalen). Oosterpolder kent juist een vrij gering aandeel open water (6%, vooral sloten en kanalen). Het water in Oosterpolder is bovendien grotendeels stedelijk en het gebied wijkt af door een hoog oppervlak verharding en veel riolering. De belangrijkste overeenkomst is het geringe aandeel landbouw. 't Twiske bestaat grotendeels uit recreatiegebied. De relatief lage belasting komt tot uitdrukking in relatief helder water, met lage chlorofyl-gehalten. Voor wat betreft de submerse vegetatie is het beeld wisselend, opvallend is dat er lokaal vrij hoge dichtheden aan kroos worden

aangetroffen. Ook het totaal-P gehalte is (ondanks de lage externe belasting) nog aan de hoge kant, mogelijk dat nalevering van P door de waterbodem een rol speelt. Dit verdient nadere aandacht. Totaal-N is met circa 1,5 mgN/l laag.

Groep 2 Heldere wateren met hoge externe P- en matige externe N-belasting

Gebieden: Verenigde polders, polders Bergermeer, polders Egmondermeer, Oosterzijpolder, Groot-Limmerpolder, Castricumerpolder, polder Vier Noorder Koggen -2,20, polder Heerhugowaard, de Schermer-Zuid, Waal en Burg en het Noorden en Anna Paulownapolder laag.

Dit zijn zonder uitzondering waterlichamen met een gering aandeel open water (circa 3,5-7%) dat grotendeels getypeerd is als ondiep kanaal. De beide laatstgenoemde gebieden zijn als brakke wateren getypeerd. De wateren in deze groep 2 zijn het meest ondiep (range 40-90 cm, mediaan 70 cm) en hebben de hoogste bedekking met submerse vegetatie (range 5-55%, mediaan circa 40%). Ook hier wordt lokaal een hoge kroosbedekking aangetroffen. Het totaal-P gehalte is overwegend hoog en varieert tussen circa 0,25 en 1,9 mg P/l. Dit strookt met de hoge P-belasting. Het totaal-N gehalte varieert tussen circa 1,5 en 3,5 mg N/l en is daarmee in een aantal gevallen nog aan de hoge kant. Deze wateren lijken vooral als helder te worden gekarakteriseerd vanwege de geringe diepte; hierdoor voldoet de ZD/WD-verhouding al gauw aan de 'norm' van 0,6 of hoger.

Groep 3a Troebele wateren met matige tot hoge externe P-belasting en lage tot matige externe N-belasting

Gebieden: Eilandspolder, Wormer- en Jisperveld, polder Zeevang, Krommenieër Woudpolder, polder Westzaan, Waterland, polder Assendelft (NW) en polder Westerkogge.

Dit zijn kanalen in veengebied, getypeerd als M10, met uitzondering van het water in de polder Westerkogge. Deze behoren tot het type M3, maar de ondergrond bestaan nog altijd voor een groot deel uit veen (circa 43%) naast klei en zavel (circa 57%). De wateren zijn wat dieper dan die in groep 2 (range 50-100 cm, mediaan 90 cm) en hebben geen of in enkele gevallen slechts een geringe (tot 15%) bedekking submerse vegetatie. Opvallend is dat ook de kroosbedekking in deze wateren gering is. Het water is troebel, vooral door een hoge dichtheid van fytoplankton. In deze groep worden vrijwel zonder uitzondering hoge chlorofyl-gehalten gemeten (circa 75-150 µg/l). Het totaal-P gehalte is met 0,4-2 mg P/l hoog, zoals mag worden verwacht op basis van de hoge P-belasting. Het totaal-N gehalte is echter ook zeer hoog en met circa 3-7 mg N/l het hoogst van alle vijf groepen. Dit is gezien de relatief lage N-belasting opvallend en wijst op een interne bron van stikstof in het watersysteem. N-fixatie door blauwalgen kan maar een deel van dit hoge N-gehalte verklaren, waardoor afbraak van veen de meest waarschijnlijke bron is. Dit komt ook overeen met de dikte van de baggerlaag, die het grootst is in wateren met een hoog percentage veen in het afwateringsgebied. In deze groep van wateren is de afbraak van veen en baggervorming als gevolg van oeverafkalving waarschijnlijk een zeer belangrijke bron van nutriënten. Dit proces verdient nadere aandacht.

Groep 3b Troebele wateren met hoge externe P- en matige externe N-belasting

Gebieden: Purmer, polders Schagerkogge, polder Grootslag, polder Ursem, Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder, Wijdewormer en polder Wieringerwaard.

Net als groep 2 omvat deze groep waterlichamen met een gering aandeel open water in het afwateringsgebied (circa 2-6,5%), dat grotendeels is getypeerd als ondiep kanaal of brak water (de twee laatstgenoemde). De wateren in deze groep zijn in vergelijking met de wateren uit groep 2 iets dieper (range 50-85 cm, mediaan 77 cm) en hebben een duidelijk lagere bedekking van submerse vegetatie (range 6-40%, mediaan circa 15%). Ook de kroosbedekking is duidelijk lager. Het totaal-P gehalte is overwegend hoog en varieert tussen circa 0,4 en 0,9 mg P/l, hetgeen overeenkomt met de hoge externe P-belasting. Het totaal-N gehalte varieert tussen circa 2 en 5 mg N/l en is daarmee overwegend aan de hoge kant. Het meest opvallend aan de wateren in deze groep is dat hier enkele waarnemingen zijn van zeer hoge karperbiomassa's. Dergelijke hoge biomassa's kunnen de waterkwaliteit in negatieve zin beïnvloeden door bodemwoeling en kunnen daarmee mogelijk het verschil met groep 2 (helder versus troebel) verklaren. Echter ook het chlorofyl-a gehalte is in deze groep duidelijk hoger dan in groep 2.

Groep 4 Overwegend troebele wateren met hoge externe P- en N-belasting

Gebieden: De Schermer-Noord, Beemster, polder Geestmerambacht, polder Vier Noorder Koggen -3,70, polder Drieban, Anna Paulownapolder hoog, Wieringermeer-West, polder Eijerland, Gemeenschappelijke polders en Wieringermeer-Oost.

Ook dit zijn waterlichamen met een gering aandeel open water in het afwateringsgebied (circa 2-6%), die grotendeels zijn getypeerd als ondiepe kanalen of als brakke wateren (de vier laatstgenoemde). Het grootste verschil met de groepen 2 en 3 is de waterdiepte. De wateren zijn wat dieper (range 70-125 cm, mediaan 98 cm), waardoor de kritische belasting relatief laag is. Daardoor wordt de verhouding actuele belasting/kritische belasting relatief hoog (ongunstig). Ondanks de relatief hoge belasting is het doorzicht in deze wateren wat hoger dan in groep 2 en 3. De verhouding ZD/WD is echter overwegend vrij ongunstig, mede als gevolg van de grotere diepte. Alleen in Anna Paulownapolder hoog is deze verhouding gunstiger (0,65).

Qua vegetatiebedekking is het beeld in deze groep wateren divers. In enkele wateren (de Schermer-Noord, polder Geestmerambacht en Anna Paulownapolder hoog) worden nog behoorlijke bedekkingen met submerse vegetatie aangetroffen (34-50%), echter ook de kroosbedekking is hier het hoogst van alle wateren in deze groep (11-24%).

Groep 4 omvat een diverse groep wateren waarin de relatief hoge externe belasting met P en N maar beperkt tot uitdrukking komt in een hoge productiviteit van algen of vis.

Opvallend is dat deze groep zich onderscheidt van de andere groepen door een afwateringsgebied met een gering aandeel gronden met een hoge grondwaterstand. In deze gebieden is de drooglegging (verschil tussen slootpeil en maaiveld) blijkbaar groot. In hoeverre dit samenhangt met de relatief hoge belasting en troebele condities is de vraag. De mate van drooglegging lijkt echter wel te wijzen op een intensieve ontwatering ten behoeve van de landbouw.

Tabel 8 De vijf belastinggroepen met de gemiddelde waarde van enkele karakteristieken. N' is totaal-stikstof verminderd met de inerte fractie niet-opneembare stikstof.

| Groep | P-belasting | N-belasting | Helderheid | Bodem | | | ZS |
|-------|-------------|-------------|------------|-------|-------|-------|------|
| | Pact/Pkrit | Nact/Nkrit | ZD/WD | %Klei | %Zand | %Veen | mg/l |
| 1 | < 0,7 | < 0,7 | 0,8 | 39 | 0 | 50 | 21 |
| 2 | > 1,4 | 0,7 - 1,4 | 0,7 | 55 | 31 | 4 | 28 |
| 3a | > 1,4 | < 0,7 | 0,3 | 28 | 0 | 63 | 34 |
| 3b | > 1,4 | 0,7 - 1,4 | 0,5 | 81 | 2 | 7 | 51 |
| 4 | > 1,4 | > 1,4 | 0,5 | 60 | 28 | 1 | 28 |

| Groep | P | N | N':P | Chla | Kroos | Zicht | Diepte |
|-------|------|------|-------|------|-------|-------|--------|
| | mg/l | mg/l | mg/mg | µg/l | % | m | m |
| 1 | 0,40 | 1,78 | 2,7 | 28 | 13,1 | 0,9 | 2,3 |
| 2 | 0,82 | 2,61 | 2,3 | 38 | 10,6 | 0,5 | 0,7 |
| 3a | 0,84 | 4,46 | 5,2 | 109 | 4,1 | 0,3 | 0,9 |
| 3b | 0,78 | 3,20 | 3,1 | 77 | 3,9 | 0,4 | 0,8 |
| 4 | 0,80 | 2,76 | 4,0 | 53 | 6,0 | 0,6 | 1,2 |

7.2 Ecologische Sleutelfactoren

ESF 1 Productiviteit water

De productiviteit van het water (ESF 1) voldoet alleen in de wateren van groep 1 voor beide nutriënten N en P en zoals verwacht is het water hier gemiddeld voldoende helder. Een gemiddeld net voldoende helderheid zien we ook in de wateren uit groep 2, ondanks het feit dat de P-belasting hier ruim te hoog is en de N-belasting nog vrij hoog. Dit komt door de relatief geringe diepte van de wateren uit groep 2.

Omdat de N-belasting in vier van de vijf gebieden geheel of bijna voldoet, is er een overmaat aan P en dit leidt tot een potentiële stikstofbeperking. Ondanks de lage N-belasting in groep 3a zijn het gemiddelde gehalte N-totaal en de N':P-verhouding (N' is het totaal-N verminderd met het inerte N) hier het hoogst van alle vijf groepen evenals de productiviteit uitgedrukt in het gehalte chlorofyl-a (Tabel 8). Daardoor is de zichtdiepte laag en de helderheid verre van toereikend. Het vermoeden is dat een hoge interne N-belasting door afbraak van veen in groep 3a voor deze hoge productiviteit zorgt.

ESF 2 Lichtklimaat

De zichtdiepte is relatief hoog in wateren van groep 1 en laag in die van 3a. In ongeveer een derde van de oppervlakte van het beheergebied van HHNK is het lichtklimaat gemiddeld toereikend voor de groei van ondergedoken watervegetatie. In de rest is het water gemiddeld te troebel om bij de heersende diepte voldoende licht tot op de bodem te laten doordringen. Van de 51 afwateringsgebieden zijn er echter maar tien waar het

water op alle meetpunten te troebel is. En in enkele gebieden die gemiddeld voldoen aan de norm voor een toereikend lichtklimaat, $ZD/WD > 0,6$, zijn er één of meer meetpunten die niet voldoen. Qua ZD/WD -verhouding is er een duidelijke ruimtelijke variatie binnen de afwateringsgebieden. De meest aannemelijke oorzaak hiervan is een ruimtelijke variatie in de diepte (een geringere diepte leidt tot een hogere verhouding ZD/WD bij dezelfde helderheid). Je zou verwachten dat het water ook helderder is onder gesloten dekken van kroos, maar wij hebben geen aanwijzingen daarvoor gevonden. De gemiddeld gunstige ZD/WD verhouding in wateren van belastinggroep 2 kan verklaard worden uit de gemiddeld lage diepte van 0,7 m (Tabel 8). Kroosbedekkingen hoger dan 40% gaan altijd gepaard met een ZD/WD -verhouding van meer dan 0,6, maar dat komt omdat dergelijke hoge bedekkingen in ons gebied alleen optreden bij een waterdiepte kleiner dan 0,5 m. Wel kan dit tot de onterechte conclusie leiden dat het lichtklimaat voldoet, bijvoorbeeld in de Schermerboezem-Noord; onder een gesloten krooslaag immers, dringt onvoldoende licht voor planten door tot op de bodem.

ESF 3 Habitatgeschiktheid

Chloride

De analyse van de factor chloride toont dat minder dan een kwart van de 51 afwateringsgebieden wat brakarakter betreft volledig binnen de klassegrenzen van zijn KRW-type valt. Dat zijn tien zoete gebieden en twee zwak brakke gebieden. Binnen de overige afwateringsgebieden is de ruimtelijke variatie zodanig groot, dat gemiddelde, maximale en minimale chloridegehalten klassegrenzen overschrijden. Wanneer we de meetpunten typeren naar hun eigen jaargemiddelde chloridegehalte, blijkt dat de temporele variatie van het chloridegehalte op de meeste meetpunten zeer beperkt is. De ruimtelijke gradiënten in het chloridegehalte lijken dus betrekkelijk stabiel.

Slibdikte

Van 34 afwateringsgebieden zijn slibdikten bekend, maar in veel gevallen gaat het om enkele waarnemingen per gebied. De gemiddelde slibdikte die hieruit berekend is, varieert van 0 cm in polder Vier Noorder Koggen -2,20 (440) tot 55 cm in t Twiske (202). De meeste waterplanten vermijden plaatsen met weinig geconsolideerde sedimenten (een hoog vochtgehalte). Dat zijn vaak locaties in veengebieden of andere plaatsen waar een dikke laag organisch materiaal (slib) is afgezet. Daarnaast kunnen deze anaerobe sliblagen sulfiden en ammonium bevatten die boven een kritische concentratie giftig zijn voor waterplanten. Deze kritische gehalten worden overschreden op bijna een derde van 28 locaties die onderzocht zijn in het zuidelijk deel van het beheergebied van HHNK.

7.3 Functioneren watersystemen

Bodemtype

Tussen klei-, zand- en veenbodems (bodems met meer dan 50% van het naamgevende substraat), bestaan opmerkelijke verschillen in enkele parameters van het bovenstaande water, in de watersystemen van HHNK. Kleibodemwateren hebben in het algemeen lagere zwevende-stofgehalten dan veenbodেমwateren, zandbodেমwateren zitten daar

tussen in. Ook het aandeel algen in de zwevende stof, is in kleiwateren meestal lager dan in zand- en veenwateren: in 75% van de gevallen is het algenaandeel daar gemiddeld minder dan 30%, terwijl dat in zand- en veenwateren minder dan 50% is. Het gehalte zwevende stof anders dan algen is alleen significant gecorreleerd met het percentage veen in de bodem, niet met het percentage klei en zand. Andere verschillen tussen bodemtypen komen hieronder aan de orde bij de bespreking van andere karakteristieken.

Productiviteit

Op grond van de nutriëntenbelasting zouden we veronderstellen dat de productie in drie van de vijf belastinggroepen (2, 3a en 3b) in potentie gelimiteerd zou worden door stikstof. Wat we zien is dat de N:P-verhouding in wateren die behoren tot de groepen 1, 2 en 3b gemiddeld veel lager is (zomergemiddeld 2,3-3,1 mg N/mg P) dan de optimale verhouding van 7 mg N/mg P. In wateren van de groepen 3a en 4 is de verhouding maar weinig lager (4,0-5,2 mg N/mg P). Met de constatering dat de productiviteit in groep 3a gemiddeld de hoogste is van alle, afgemeten aan het gemiddelde chlorofyl-a-gehalte, is de vraag waar de stikstof in deze belastinggroep van wateren vandaan komt. Twee mogelijke antwoorden zijn stikstoffixatie en veenafbraak.

Stikstoffixerende blauwalgen hebben in de groep 3a vaker een aandeel in het chlorofyl-a-gehalte, maar dit bedraagt dan niet veel meer dan 5 tot 10%, zodat zij de hoge chlorofyl-a-gehalten niet kunnen verklaren. Veen heeft gemiddeld een hoog aandeel in de bodem van deze wateren. Afbraak van veen zou hier een extra stikstofbron kunnen zijn. De lagere chlorofyl-a-gehalten in 2, 3b en 4 (alle met veel klei in de bodem en geen of vrijwel geen veen) zijn wellicht het gevolg van N-beperking en van een verminderde P-beschikbaarheid door adsorptie aan en occlusie in kleimineralen.

De invloed van de bodem op de productiviteit is nog onbekend. We weten alleen dat fosfaatnalevering uit het sediment de daarvoor gestelde grenswaarde op meer dan 95% van de onderzochte locaties overschrijdt.

Zichtdiepte

In de watersystemen van HHNK zijn duidelijke relaties af te leiden tussen de troebelheid en de gehalten van chlorofyl-a en zwevende stof. De variatie in de zichtdiepte kan voor circa 60% verklaard worden uit het chlorofyl-a-gehalte, maar alleen voor wateren met meer dan 50% klei of veen in de bodem. Bij zandbodemwateren is de variatie onvoorspelbaar groot, ook bij lagere chlorofyl-a-gehalten, al lijkt zich dat vooral in de Schermerboezem voor te doen waarvan relatief veel waarnemingen beschikbaar zijn. Een analyse met gegevens waar 'bodemzicht-waarnemingen' uitgefilterd zijn, zou wellicht een beter verband tonen met chlorofyl.

Het gehalte zwevende stof verklaart de variatie in de zichtdiepte voor circa 20% (klei- en zandbodemwateren), respectievelijk 54% (veenbodemwateren). Er zijn minder metingen van zwevende-stof dan van chlorofyl-a. Hierdoor is de dataset van zwevende stof en zichtdiepte kleiner maar bevat hij blijkbaar ook geen storende 'bodemzicht-waarnemingen'.

De zichtdiepten in afwezigheid van fytoplankton zijn vergelijkbaar met die in afwezigheid van zwevende stof. Ofschoon het aandeel fytoplankton in het zwevende-stofgehalte betrekkelijk laag is, minder dan 30% in de meeste kleibodemwateren en minder dan 50% in de meeste zand- en veenbodemwateren, lijkt het effect van algen op de lichtuitdoving groter dan van ander seston.

Uit het geschatte achtergronddoorzicht leiden we af dat kleurstof verantwoordelijk is voor een maximaal doorzicht van 0,9 meter in wateren met vooral zand en veen in de bodem en 0,6 à 0,7 meter in wateren met een kleibodem. Dat is niet hoog. Onder deze omstandigheden is groei van ondergedoken waterplanten mogelijk tot op 1,1 à 1,5 meter in zandige en venige wateren en 0,7 à 1,2 meter in kleiige wateren.

De meeste wateren met een zandbodem in het beheersgebied van HHNK zijn ondieper dan wateren met een venige of kleiige bodem en voldoen daardoor eerder aan de norm voor een toereikend lichtklimaat ($ZD/WD > 0,6$).

Voor wateren met een zandbodem is de gewenste zichtdiepte 0,5 à 0,6 meter, voor kleiige wateren 0,7 à 0,9 meter en voor venige wateren 0,6 à 0,8 meter. In dat geval zou 75% van deze wateren aan de norm voor een goed lichtklimaat voldoen. Nu is de zichtdiepte in 75% van de wateren niet hoger dan 0,5 meter.

Verbetering van het doorzicht vraagt een sterke reductie van het chlorofyl-a-gehalte, tot 10 à 30 $\mu\text{g/l}$ en een verhoging van het achtergronddoorzicht. Bij een Chla:N'-verhouding van 74 en een Chla:P-verhouding van 445,8 $\mu\text{g/mg}$ (Bijkerk & van Dam 2014), komt dit neer op een vermindering van de N- en P-gehalten tot een niveau van circa 1,2 mg N/l en 0,05 mg P/l. Momenteel ligt het niveau gemiddeld op 3,1 mg N/l en 0,82 mg P/l. Door de vermoedelijke stikstofbeperking van de algengroei is inzetten op reductie van de stikstofbelasting hier het meest kansrijk.

Kroos

Een gesloten kroosdek belemmert de uitwisseling van zuurstof tussen water en atmosfeer en verhindert de instraling van zonlicht in de waterkolom.

In ongeveer de helft van de afwateringsgebieden kan kroos op 10 tot 50% van de meetpunten een probleem vormen voor de groei van ondergedoken waterplanten, door maximale bedekkingen van meer dan 50%. Gemiddelde bedekkingen van meer dan 50% komen alleen voor in wateren met een diepte van maximaal een halve meter. Daardoor gaan gesloten kroosdekken vaak gepaard met een hoge verhouding van zichtdiepte en waterdiepte en leiden vervolgens op enkele meetpunten (met name in de Schermerboezem) onterecht tot de conclusie dat het lichtklimaat gunstig is voor waterplanten.

Hoge kroosbedekkingen gaan veel vaker dan lagere bedekkingen gepaard met totaal-fosfaatgehalten hoger dan 1,5 mg P/l. Dit lijkt geen bemonsteringsartefact te zijn, maar een vermoedelijke oorzaak kennen we niet; deze relatie moet nader onderzocht worden. Gemiddeld per groep vinden we de laagste gemiddelde kroosbedekkingen in de wateren die horen tot groep 3b. Dat zijn wateren met een gemiddeld lage N':P-verhouding en een relatief hoog percentage klei in de bodem. Hoge kroosbedekkingen komen relatief veel voor in de wateren van groep 1, waarvan zowel de actuele P- als de N-belasting lager is dan de kritische.

Kroosontwikkeling doet zich verder vooral voor in wateren met een zandige of venige bodem en in mindere mate in wateren met een kleibodem. Er is geen verband tussen kroosontwikkeling en de dikte van de sliblaag.

Slibdikte

De dikte van de sliblaag neemt toe met het percentage veen in de bodem. Er is geen verband tussen de dikte van de sliblaag en de gemiddelde bedekking van kroos. Boven een veenpercentage van 30% is er een duidelijke toename van de slibdikte met het percentage veen.

Brakkarakter

Chloride is een belangrijke stuurvariabele voor macrofauna. De overgrote meerderheid van soorten uit de groep van positieve of kenmerkende taxa in maatlatten van zoete watertypen als M6, M10 en M14, komt uitsluitend voor bij chloridegehalten beneden 300 mg Cl/l. En juist van deze soorten moet men er meerdere tientallen hebben voor een goede score op de macrofauna maatlat.

Ongeveer de helft van de zoete afwateringsgebieden kent meetpunten met een gemiddeld chloridegehalte hoger dan 300 mg Cl/l. Voor deze meetpunten kunnen geen macrofaanadoelen worden afgeleid uit de beschrijving voor de thans toegekende typen. De ruimtelijke variatie in chloride is groter dan de temporele, wanneer we de meetpunten afzonderlijk typeren op grond van hun jaargemiddelde chloridegehalte. De beperkte temporele variatie geeft aan dat deze gradiënten in de meeste gebieden betrekkelijk stabiel zijn en ecologisch waardevolle situaties vormen.

Om inzicht te krijgen in de effecten van chloride op de soortenrijkdom en maatlatscore van macrofauna, is een analyse gewenst van het aantal positieve of kenmerkende taxa in relatie tot het gemiddelde chloridegehalte en de temporele variatie hierin.

8 Hoe verder?

In dit hoofdstuk formuleren we vragen die het onderzoek tot nu toe heeft opgeworpen en die aanleiding kunnen zijn voor een vervolg. We onderscheiden vragen die betrekking hebben op een nadere analyse van de vijf belastinggroepen en vragen die betrekking hebben op een (nadere) analyse van Ecologische Sleutelfactoren.

8.1 Nadere analyse van de groepen:

Groep 1

P- en N-belasting en lichtklimaat lijken aardig op orde, echter weinig watervegetatie, lokaal veel kroos en een hoog P-gehalte. Vragen:

- wat is de rol van de waterbodem (ESF3) inzake nutriëntennalevering en als substraat voor waterplanten?;
- wat is de rol van het maai- en schoningsbeheer (ESF6)?
- welke verschillen zijn er binnen deze groep qua biologische ontwikkeling (vegetatie, macrofauna, vis) en welke abiotische factoren kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn?

Groep 2

In deze groep wateren lijken N-belasting en lichtklimaat aardig op orde. Ook behoorlijke bedekkingen met submerse vegetatie. Vragen:

- wat is de diversiteit van vegetatie en macrofauna?
- kan diversiteit vergroot worden en wat zijn daarvoor effectieve maatregelen (inrichting, aanpassing maai- en schoningsbeheer)?
- welke verschillen zijn er binnen deze groep qua biologische ontwikkeling (vegetatie, macrofauna, vis) en welke abiotische factoren kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn?

Groep 3a

Ondanks een lage externe N-belasting toch hoge gehalten N en chlorofyl-a, troebel water en geen vegetatie. Vragen:

- fungeert veenafbraak als interne N-bron?
- wat is de rol van oeverafkalving in het proces van veenafbraak?
- hoe kan veenafbraak voorkomen of verminderd worden?
- wat kunnen we leren van exclusie studies/baggerdepots in Wormer- en Jisperveld?
- welke verschillen zijn er binnen deze groep qua biologische ontwikkeling (vegetatie, macrofauna, vis) en welke abiotische factoren kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn?

Groep 3b

Ondanks een matige N-belasting toch hoog gehalte chlorofyl-a en troebel water. Vragen:

- is de hoge visbiomassa (karper) hier een bepalende factor?
- hoe kan de visbiomassa hier zo hoog zijn?
- wat betekent de hoge visbiomassa voor de ecologische potenties?
- welke verschillen zijn er binnen deze groep qua biologische ontwikkeling (vegetatie, macrofauna, vis) en welke abiotische factoren kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn?

Groep 4

De hoge P- en N-belasting leidt niet tot hoge productiviteiten. Vragen:

- in hoeverre wijkt groep 4 af van 2 en 3b?
- is inderdaad sprake van een grote drooglegging en zo ja, wat voor invloed heeft dit op het ecologisch functioneren van het watersysteem?
- wat is in de wateren van groep 4 nog mogelijk, qua verbetering?
- welke verschillen zijn er binnen deze groep qua biologische ontwikkeling (vegetatie, macrofauna, vis) en welke abiotische factoren kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn?

Overige wateren

De bepaling van de kritische belasting en de vergelijking met de actuele belasting en de helderheid is nog niet uitgevoerd voor boezems, duinwateren en meren. Van de boezems zijn wel enkele voorbereidende studies beschikbaar (vissenstreefbeelden, VRNK, balansstudies). Van de genoemde drie watertypen is wel een analyse van het lichtklimaat (ESF2) en van de factor chloride (ESF4) uitgevoerd. Vragen:

- wat is de verhouding actuele belasting/kritische externe belasting van N en P voor boezemwateren en hoe verhoudt deze zich tot de helderheid?
- wat is de verhouding actuele belasting/kritische externe belasting van N en P voor duinwateren en hoe verhoudt deze zich tot de helderheid?
- wat is de verhouding actuele belasting/kritische externe belasting van N en P voor meren en hoe verhoudt deze zich tot de helderheid?
- welke groepen wateren kunnen we onderscheiden op basis van de verhouding actuele belasting/kritische belasting versus helderheid?
- welke verschillen zijn er binnen de groepen qua biologische ontwikkeling (vegetatie, macrofauna, vis) en welke abiotische factoren kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn?

8.2 Nadere analyse van ESF'en

ESF1 Productiviteit water

De verhouding tussen totaal N en totaal-P (waarbij N gecorrigeerd is voor een inerte fractie) wijst in alle vijf gebieden op een beperking van de productiviteit door stikstof. Vragen:

- wat voor effect heeft de grootte van de inerte N-fractie op de feitelijke belasting?
- vertoont de grootte van de inerte N-fractie een verband met het percentage veen in de bodem?
- bevordert een lage N:P-verhouding in het water de ontwikkeling van kroosvaren?
- kan sturen op N in de wateren van HHNK effectiever zijn dan sturen op P om de zichtdiepte duurzaam te vergroten?
- zorgt adsorptie en oclusie van P in kleiige wateren toch voor verminderde P-beschikbaarheid en een lagere productiviteit dan verwacht uit de belasting?

ESF2 Lichtklimaat

Uit de data-analyse blijkt dat er nog veel 'gaten' zitten in de data van het lichtklimaat. Verder is een meer betrouwbare en ruimtelijk gedetailleerde analyse van het achtergronddoorzicht gewenst.

Actiepunten:

- om de hiaten te vullen zijn gelijktijdige metingen nodig van zwevend stof, chlorofyl-a en doorzicht. Of beter van zwevend stof, gloeirest, chlorofyl-a en extinctie (PAR). Op grotere schaal (dekkend) of juist gericht om deelgebieden met potenties te kunnen onderscheiden;
- aanvullende analyse met het model Uitzicht (is nu tool in ESF2) om bijdrage van componenten aan de troebelheid in te kunnen schatten.

ESF3 Productiviteit waterbodem

Voorals in de wateren van groep 1, waar de externe belasting aardig op orde lijkt maar weinig vegetatie en veel kroos voorkomt, is het interessant om de interne belasting vanuit de waterbodem te onderzoeken. Ook in groep 2 lijkt de afbraak van veen in het water een dominante rol te spelen in de nutriëntenhuishouding. Actiepunten:

- bedenken of het zinvol is de interne belasting vanuit de bodem nader te onderzoeken of dat voldoende informatie kan worden geput uit onderzoek van onder andere BWare in het gebied.

ESF4 Habitatgeschiktheid

De factor habitatgeschiktheid is van belang voor alle groepen. Vragen die naar onze mening bij voorkeur aandacht zouden moeten krijgen zijn:

- wat is de relatie tussen het voorkomen van soorten en het zoutgehalte met inachtneming van de ruimtelijke en temporele variatie hierin? Er is een tabel beschikbaar met gewogen gemiddelde chloridegehalte waarbij macrofaunasoorten zijn aangetroffen, gebaseerd op metingen van de provincie Noord-Holland;
- wat is het voorkomen van vegetatie in relatie tot de slibvastigheid (consolidatie) van de bodem, met name in veengebied en in de wateren van groep 1?
- wat is het voorkomen van vegetatie in relatie tot de toxiciteit van de bodem (ammonium, sulfide), met name in veengebied en in de wateren van groep 1?
- wat is de relatie tussen ontwikkeling en aard van de oevervegetatie en het voorkomen van soorten macrofauna en vis?
- wat is de relatie tussen het voorkomen van soorten/gemeenschappen en de chemische typologie van oppervlaktewater, in termen van macro-ionen samenstelling? Dit is ook belangrijk in verband met het nieuwe monitoringsplan van HHNK waarin bepalingen als calcium, magnesium, natrium, EGV, M-getal worden geschrapt.

ESF5 Verspreiding

In hoeverre zijn de mariene historie en voormalige isolatie van het beheergebied van HHNK nog verantwoordelijk voor de geringe soortenrijkdom. Vraag:

- welke soorten (macrofauna en vis) komen in het beheergebied voor en welke niet doch zouden wel in het gebied verwacht kunnen worden?
- voor welke soorten die verwacht kunnen worden geldt dat verspreiding een knelpunt zou kunnen zijn?

ESF6 Verwijdering

Maai- en schoningsbeheer heeft invloed op de soortenrijkdom van de watervegetatie. HHNK wil zijn schoningsbeheer aanpassen. Vragen:

- wat mag worden verwacht van een minder intensief schoningsbeheer, zowel directe effecten zoals het verwijderen van soorten en hun habitat, als indirecte zoals de beïnvloeding van troebelheid via oevererosie?

ESF7 Organische belasting

Sterke variaties in het zuurstofgehalte in de loop van een etmaal worden niet getolereerd door gevoelige macrofauna. Een dergelijke variatie kunnen we echter niet afleiden uit de zuurstofmetingen zelf. Vragen:

- kunnen we een indicatie voor de grootte van de 24-uursfluctuatie van het zuurstofgehalte afleiden uit BZV en ammoniumgehalte?
- kunnen we op basis van deze indicatie een zinvolle indeling maken in drie categorieën oppervlaktewater: zuurstofhuishouding goed, matig of slecht?
- is er een verschil in het vóórkomen van gevoelige soorten macrofauna tussen deze drie categorieën oppervlaktewater?

ESF8 Toxiciteit

Bestrijdingsmiddelen uit de landbouw kunnen een negatief effect hebben op de soortenrijkdom van macrofauna en vis. De hoogte van de toxische belasting is misschien niet alleen goed af te leiden uit metingen zelf. Vragen:

- kunnen we een indicatie voor de hoogte van de toxische belasting afleiden uit het grondgebruik in combinatie met metingen van microverontreinigingen?
- kunnen we op basis van deze indicatie een zinvolle indeling maken in drie categorieën oppervlaktewater: toxische belasting laag, matig of hoog?
- is er een verschil in het vóórkomen van gevoelige soorten macrofauna en vis tussen deze drie categorieën oppervlaktewater?

8.3 Aanbevelingen voor monitoring

Consolidatie en toxiciteit van de bodem zijn belangrijk met het oog op het behalen van KRW-doelen. Tijdens het onderzoek is gebleken dat er veel aan de bodem gemeten wordt, maar dat de ontsluiting en toegankelijkheid van deze gegevens verbeterd kan worden:

- zorg voor betere opslag en uitwisselingsmogelijkheid van gegevens over bodem en dikte sliblaag;
- neem goede parameters in de monitoring op om consolidatie van de bodem te beschrijven (vochtgehalte en organisch-stofgehalte);
- maak veldformulieren die ingevuld worden tijdens macrofyten- en macrofauna-onderzoek digitaal beschikbaar (bevatten slibdikte, bodemaard, zichtdiepte en diepte);
- overweeg het standaard bepalen van de gehalten van nutriënten en sulfiden in het poriewater, ten minste op een deel van de locaties voor waterbodemonderzoek.

9 Literatuur

- Bakels H (2013) *Baggerblokken 2012 -2013 Waterbodemonderzoek Blok 118 Wieringermeer*. Rapport A12073. Deep B.V., Amsterdam. 18 pp + bijl.
- Bijkerk R (red) (2010) *Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren*. Rapport 2010-28, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- Bijkerk R & van Dam H (2014) *Doelen op maat. 1. Exploratieve analyse van lichtklimaat en nutriëntenbeschikbaarheid*. KenB rapport 2014-059. Koeman en Bijkerk bv, Haren. 53 pp.
- Bijkerk R, Bonhof GH & Torenbeek R (2014) *Optimalisatie doorspoelbeleid Oldambtboezem. Deelonderzoek 3b: ecologische effecten van verminderde doorspoeling*. KenB rapport 2014-004. Koeman en Bijkerk bv, Haren.
- Bloemendaal FHJL & Roelofs JGM (red) (1988) *Waterplanten en waterkwaliteit*. Natuurhistorische Bibliotheek KNNV 45, Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht. 189 pp.
- Bornette G & Puijalon S (2011) Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences* 73: 1-14.
- Dekker PI & Bijkerk R (1992) *De beschikbaarheid van particulier fosfaat voor algen. Literatuuronderzoek naar aard en voorkomen van particulier-gebonden fosfaat in aquatische systemen en de kwantitatieve analyse van de beschikbaarheid voor algen*. RDD Aquatic Ecosystems, Haren.
- Elbersen JWH, Verdonschot PFM, Roels B & Hartholt JG (2003) *Definitiestudie Kaderrichtlijn Water (KRW) I. Typologie Nederlandse Oppervlaktewateren*. Alterra-rapport 669, Alterra, Wageningen. 72 pp.
- Evers CHM, van den Broek AJM, Buskens R, van Leerdam A, Knobens RAE & van Herpen FCJ (2012) *Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021*. Rapport 2012-34, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 154 pp.
- Hermans J (2014) *Invulling achtergrondconcentratie blanco KRW deelstroomgebieden*. Interne memo HHNK, registratienummer: 14.0008488. 19 februari 2014.
- Hoogenboom H (2014) *Aquatische ecologie: functioneren en beheren van zoete en brakke aquatische systemen*. KNNV Uitgeverij, Zeist. 419 pp.
- Jaarsma N, Klinge M & Lamers L (2008) *Van helder naar troebel en weer terug*. Rapport 2008-04, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht. 73 pp.
- Kramer RA (2012) *Verkennd waterbodemonderzoek blok 27 - Sint Maarten*. Rapport 4784673. Tauw, Amsterdam. 22 pp + bijl.
- Lamers LPM, Govers L, Janssen I, Geurts JJM, Van der Welle MEW, Van Katwijk MM, Van der Heide T, Roelofs JGM & Smolders AJP (2013) Sulfide as a soil phytotoxin - a review. *Frontiers in Plant Science* 4. 14 pp.
- Lucassen ECHET (2013) *Onderzoek naar de mobiliteit van nutriënten in bodems benedenstrooms van RWZI Texel*. Rapport 2012.14. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen. 17 pp.
- Osté L (2011) *Achtergronddocument bij de Handreiking beoordelen waterbodems*. Rapport 1204085-001. Deltares, Delft. 84 pp.
- Penning WE, Genseberger M, Uittenbogaard RE & Cornelisse JC (2013) Quantifying measures to limit wind-driven resuspension of sediments for improvement of the ecological quality in some shallow Dutch lakes. *Hydrobiologia* 710: 279-295.
- Phillips G (2006) Derivation of chlorophyll-a boundaries based on changes to maximum depth distribution of submerged macrophytes. In: Van den Berg MS (ed) *Good-Moderate boundary setting procedure. Annex C to Milestone 6 Report, September version, lake GIGs*. Institute of Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission, Ispra. pp 16-23.

- Portielje R & van der Molen DT (1998) *Relaties tussen eutrofiëringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen*. RIZA rapport 98.007. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. 98 pp.
- Rippen L, Postma J & Spreen-Brouwer T (2013) *KRW waterbodemonderzoek Roggesloot*. Rapport NC12020503. RPS, Leerdam / Ecofide, Weesp. 38 pp.
- Schipper M, van Herpen F, Evers N, van den Berg L (2014) *Actualisatie KRW doelen van de waterlichamen van HHNK op basis van achtergrondbelasting*. Rapport BC8121-101/R00002/905919/AH/Eind. Royal HaskoningDHV, Eindhoven. 41 pp + bijl.
- Schutten J (2005) *Biomechanical limitations on macrophytes in shallow lakes*. Proefschrift. Universiteit van Amsterdam, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteemdynamica, Amsterdam. 155 pp.
- STOWA (2014) *Ecologische sleutelfactoren*. Rapport 2014-19, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 44 pp.
- van Boekel EMPM, Roelsma J, Massop HTL, Mulder HM, Jansen PC, Renaud LV & Hendriks RFA (2013-2014) *Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK. Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen*. Alterra rapporten: deelrapporten 2475.1-2475.42. Alterra Wageningen UR (University & Research centre).
- van Boekel EMPM, Roelsma J, Massop HTL, Mulder HM, Jansen PC, Renaud LV, Hendriks RFA & Schipper PMN (2015) *Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK; Hoofdrapport: analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK*. Alterra-rapport 2475, Alterra Wageningen UR (University & Research centre). 130 pp.
- van Dam H (2009) *Evaluatie basismeetnet waterkwaliteit Hollands Noorderkwartier: trendanalyse hydrobiologie, temperatuur en waterchemie 1982-2007*. In opdracht van: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur. Amsterdam. Rapport 708. 253 pp.
- Van den Berg L & Peters R (2014) *Bodemkwaliteitsonderzoek op monsterlocaties in Noord Holland t.b.v. een onderbouwing van aangepaste KRW doelen*. Radbouduniversiteit, Nijmegen. 17 pp.
- van der Molen DT, Pot R, Evers CHM & van Nieuwerburgh LLJ (red) (2012) *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021*. Rapport 2012-31, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- van der Wijngaart T, ter Heerdt G, Bakkum R, van den Berg L, Brederveld B, Geurts J, Jaarsma N, Lamers L, Osté L, Poelen M, Smolders F & van de Weerd R (2012) *BaggerNut, maatregelen baggeren en nutriënten. Overkoepelend rapport*. STOWA rapport 2012-40. STOWA, Amersfoort.
- Van Gogh I (2014) *Het onderste boven: de waterbodem in ecologisch perspectief*. Rapport 2014-30. STOWA, Amersfoort. 120 pp.
- Van Kalleveen E (2010) *Inventarisatie baggerwerkzaamheden 2011 - 2020*. Rapport Y10121. Tjshuis Ingenieurs, IJsselstein. 22 pp + bijl.
- Van Zuidam JP (2013) *Macrophytes in drainage ditches: functioning and perspectives for recovery*. Thesis Wageningen University, Wageningen. 112 pp.
- Verberk WCEP, Verdonschot PFM, van Haaren T & van Maanen B (2012) *Milieu- en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwatermacrofauna*. WEW Themanummer 23, Werkgroep Ecologisch Waterbeheer. 32 pp.
- Witteveen+Bos (2014) *Bijstellen KRW doelen HHNK. Confrontatie van de achtergrondbelasting met de kritische grens voor 42 waterlichamen*. Rapportnummer HHW8-1/14-012.126. Witteveen+Bos, Deventer.
- Wolff WJ (red) (1989) *De internationale betekenis van de Nederlandse natuur: een verkenning*. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan 1. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's-Gravenhage/Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 140 pp.

Bijlage I Afwateringsgebieden HHNK: KRW-type, aantal meetpunten en bodemaard

| OWM-code | OWM-naam | KRW-type | Aantal meetpunten | Bodemsamenstelling (%) | | | |
|----------|---|----------|-------------------|------------------------|------|------|----------|
| | | | | Klei | Zand | Veen | Onbekend |
| NL12_201 | Alkmaardermeer | M20 | 12 | 4 | 1 | 3 | 92 |
| NL12_501 | Amstelmeer | M30 | 7 | 8 | 12 | 0 | 79 |
| NL12_130 | Amstelmeerboezem + | M30 | 28 | 52 | 18 | 2 | 28 |
| NL12_550 | Anna Paulow napolder hoog | M3 | 5 | 12 | 77 | 0 | 11 |
| NL12_540 | Anna Paulow napolder laag | M30 | 32 | 76 | 8 | 3 | 14 |
| NL12_320 | Beemster | M3 | 6 | 91 | 0 | 2 | 7 |
| ? | Beverwijk en Wijkermeerpolder + | M30 | 4 | 22 | 21 | 0 | 57 |
| NL12_720 | Castricumerpolder + | M3 | 18 | 35 | 28 | 0 | 37 |
| NL12_311 | de Schermer-Noord | M3 | 5 | 83 | 0 | 5 | 12 |
| NL12_312 | de Schermer-Zuid | M3 | 4 | 96 | 0 | 1 | 3 |
| NL12_830 | duingebied Noord NHN + | M14 | 11 | 0 | 65 | 6 | 29 |
| NL12_840 | duingebied Texel | M14 | 7 | 0 | 45 | 0 | 55 |
| NL12_820 | duingebied Zuid NHN | M14 | 3 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| NL12_210 | Eilandspolder + | M10 | 9 | 23 | 0 | 61 | 15 |
| NL12_401 | Geestmerambacht | M20 | 11 | 3 | 0 | 0 | 97 |
| NL12_630 | Gemeenschappelijke polders + | M30 | 17 | 43 | 45 | 0 | 12 |
| NL12_730 | Groot-Limmerpolder + | M3 | 13 | 15 | 64 | 10 | 11 |
| NL12_410 | Heerhugow aard Stad van de Zon | M14 | 14 | 95 | 0 | 0 | 5 |
| NL12_240 | Krommenieer Woudpolder | M10 | 5 | 9 | 0 | 46 | 45 |
| NL12_470 | Oosterpolder + | M3 | 11 | 48 | 0 | 0 | 52 |
| NL12_740 | Oosterzijpolder | M3 | 4 | 37 | 38 | 10 | 15 |
| NL12_280 | polder Assendelft (NW) | M10 | 5 | 22 | 0 | 68 | 10 |
| NL12_460 | polder Drieban | M3 | 5 | 79 | 0 | 0 | 21 |
| NL12_610 | polder Eijerland + | M30 | 13 | 12 | 67 | 0 | 21 |
| NL12_425 | polder Geestmerambacht | M3 | 14 | 56 | 3 | 0 | 41 |
| NL12_450 | polder Grootslag + | M3 | 22 | 76 | 0 | 0 | 24 |
| NL12_415 | polder Heerhugow aard | M3 | 57 | 62 | 0 | 0 | 36 |
| NL12_420 | polder Oosterdel + | M14 | 3 | 17 | 0 | 4 | 79 |
| NL12_490 | polder Ursem | M3 | 4 | 70 | 0 | 2 | 28 |
| NL12_440 | polder Vier Noorder Koggen -2,20 | M3 | 21 | 85 | 0 | 0 | 15 |
| NL12_445 | polder Vier Noorder Koggen -3,70 | M3 | 5 | 91 | 0 | 0 | 9 |
| NL12_480 | polder Westerkogge | M3 | 20 | 87 | 0 | 6 | 7 |
| NL12_250 | polder Westzaan | M10 | 9 | 0 | 0 | 38 | 62 |
| NL12_530 | polder Wieringerw aard | M30 | 4 | 74 | 1 | 0 | 18 |
| NL12_230 | polder Zeevang + | M10 | 10 | 6 | 0 | 78 | 15 |
| NL12_760 | polders Bergermeer + | M3 | 15 | 30 | 51 | 0 | 19 |
| NL12_750 | polders Egmondermeer + | M3 | 4 | 12 | 74 | 0 | 14 |
| NL12_430 | polders Schagerkogge + | M3 | 12 | 75 | 0 | 0 | 23 |
| NL12_330 | Purmer + | M3 | 10 | 76 | 0 | 23 | 1 |
| NL12_110 | Schermerboezem-Noord + | M7b | 138 | 29 | 37 | 2 | 32 |
| NL12_120 | Schermerboezem-Zuid + | M7b | 81 | 21 | 1 | 39 | 40 |
| NL12_202 | t Twiske | M14 | 15 | 0 | 0 | 99 | 1 |
| NL12_710 | Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder + | M3 | 20 | 59 | 12 | 3 | 27 |
| NL12_770 | Verenigde polders + | M3 | 6 | 69 | 16 | 0 | 15 |
| NL12_140 | VRNK-boezem + | M6b | 50 | 85 | 0 | 0 | 14 |
| NL12_620 | Waal en Burg en het Noorden + | M30 | 27 | 29 | 57 | 0 | 13 |
| NL12_260 | Waterland + | M10 | 65 | 6 | 0 | 54 | 41 |
| NL12_810 | Westerduinen / PWN | M14 | 2 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| NL12_520 | Wieringermeer-Oost + | M31 | 24 | 35 | 31 | 0 | 34 |
| NL12_510 | Wieringermeer-West + | M30 | 18 | 53 | 36 | 0 | 11 |
| NL12_340 | Wijdewormer | M30 | 5 | 80 | 1 | 9 | 10 |
| NL12_220 | Wormer- en Jisperveld | M10 | 10 | 2 | 0 | 71 | 27 |

Bijlage II Afwateringsgebieden HNK: landgebruik

| OWM-code | OWM-naam | Landgebruik (%) | | | | | | | | | | | |
|----------|---|-----------------|-----|--------------------|--------------|--------------------|-------|-----------|-------------|------------|--------------|-------|----------|
| | | Bebouwing | Bos | Gras en kale grond | Kust en duin | Moeras en grasland | Water | Akkerbouw | Bollenteelt | Fruïtbomen | Glastuinbouw | Weide | Onbekend |
| NL12_201 | Alkmaardermeer | 8 | 1 | 4 | | 5 | 74 | | | | | 7 | 2 |
| NL12_501 | Amstelmeer | 1 | 3 | 2 | | 1 | 81 | 5 | | | <1 | 8 | <1 |
| NL12_130 | Amstelmeerboezem + | 9 | 4 | 5 | <1 | 9 | 17 | 24 | 1 | | | 30 | <1 |
| NL12_550 | Anna Paulow napolder hoog | 19 | 1 | 1 | | 2 | 12 | 6 | 42 | | 1 | 16 | <1 |
| NL12_540 | Anna Paulow napolder laag | 9 | 6 | 2 | | 1 | 18 | 23 | 22 | | <1 | 19 | <1 |
| NL12_320 | Beemster | 13 | 2 | 3 | | <1 | 6 | 23 | 6 | 2 | <1 | 42 | 2 |
| ? | Beverwijk en Wijkermeerpolder + | 38 | 8 | 28 | 2 | 1 | 6 | 7 | | | | 10 | <1 |
| NL12_720 | Castricumerpolder + | 29 | 6 | 15 | <1 | 6 | 4 | 8 | 1 | | <1 | 31 | <1 |
| NL12_311 | de Schermer-Noord | 12 | <1 | 3 | | 1 | 6 | 42 | 2 | | <1 | 34 | <1 |
| NL12_312 | de Schermer-Zuid | 9 | <1 | 2 | | | 13 | 26 | <1 | | | 51 | |
| NL12_830 | duingebied Noord NHN + | <1 | 5 | <1 | 35 | 28 | 30 | | | | | 2 | <1 |
| NL12_840 | duingebied Texel | <1 | 1 | | 34 | 25 | 40 | | | | | <1 | <1 |
| NL12_820 | duingebied Zuid NHN | | 20 | | 43 | | 14 | | | | | | 24 |
| NL12_210 | Eilandspolder + | 7 | <1 | 2 | | 16 | 18 | 4 | | <1 | | 52 | <1 |
| NL12_401 | Geestmerambacht | 3 | 10 | 14 | <1 | 1 | 68 | <1 | <1 | | | 3 | <1 |
| NL12_630 | Gemeenschappelijke polders + | 7 | 2 | 4 | 1 | 4 | 8 | 20 | 10 | <1 | | 42 | 2 |
| NL12_730 | Groot-Limmerpolder + | 11 | 22 | 4 | 1 | 9 | 9 | 2 | 2 | <1 | | 38 | 1 |
| NL12_410 | Heerhugow aard Stad van de Zon | 6 | 1 | 42 | | 1 | 40 | <1 | | | <1 | 9 | <1 |
| NL12_240 | Krommenieer Woudpolder | 27 | 1 | 10 | | 7 | 21 | <1 | | | | 33 | 1 |
| NL12_470 | Oosterpolder + | 36 | 5 | 25 | | | 7 | 2 | | 5 | 2 | 18 | <1 |
| NL12_740 | Oosterzijpolder | 20 | 6 | 32 | | 5 | 9 | 2 | 3 | | | 24 | <1 |
| NL12_280 | polder Assendelft (NW) | 16 | 1 | 20 | | 3 | 5 | 5 | | | | 50 | |
| NL12_460 | polder Drieban | 13 | <1 | 5 | | 2 | 8 | 22 | 4 | 7 | 1 | 32 | 5 |
| NL12_610 | polder Eijerland + | 5 | 2 | 3 | 5 | 17 | 11 | 44 | 4 | | | 9 | <1 |
| NL12_425 | polder Geestmerambacht | 21 | 6 | 13 | | 1 | 10 | 24 | 3 | <1 | <1 | 20 | <1 |
| NL12_450 | polder Grootslag + | 21 | 3 | 16 | | 3 | 8 | 13 | 4 | 3 | 1 | 28 | <1 |
| NL12_415 | polder Heerhugow aard | 29 | 4 | 19 | | 1 | 6 | 13 | 5 | 1 | 1 | 21 | <1 |
| NL12_420 | polder Oosterdel + | 37 | 4 | 22 | | 1 | 25 | 4 | 1 | | <1 | 7 | <1 |
| NL12_490 | polder Ursem | 17 | 2 | 14 | 1 | <1 | 15 | 16 | 1 | | 1 | 33 | <1 |
| NL12_440 | polder Vier Noorder Koggen -2,20 | 18 | 3 | 7 | | 7 | 9 | 8 | 2 | 1 | <1 | 44 | <1 |
| NL12_445 | polder Vier Noorder Koggen -3,70 | 10 | 5 | 11 | | 4 | 9 | 17 | 2 | 2 | 1 | 38 | 2 |
| NL12_480 | polder Westerkogge | 15 | 4 | 9 | | 9 | 13 | 4 | 3 | 1 | <1 | 39 | 1 |
| NL12_250 | polder Westzaan | 43 | 1 | 14 | | 10 | 15 | | | | | 16 | <1 |
| NL12_530 | polder Wieringerw aard | 10 | 3 | 8 | | 4 | 7 | 36 | 3 | <1 | | 29 | <1 |
| NL12_230 | polder Zeevang + | 10 | 1 | 5 | | 10 | 9 | 2 | <1 | <1 | <1 | 63 | <1 |
| NL12_760 | polders Bergermeer + | 13 | 4 | 10 | | 5 | 6 | 1 | | | | 58 | 4 |
| NL12_750 | polders Egmondermeer + | 8 | 1 | 2 | | | 4 | 11 | <1 | | <1 | 74 | <1 |
| NL12_430 | polders Schagerkogge + | 22 | 2 | 9 | | 1 | 7 | 8 | 4 | <1 | | 47 | <1 |
| NL12_330 | Purmer + | 22 | 4 | 14 | | 1 | 8 | 9 | | <1 | | 42 | <1 |
| NL12_110 | Schermerboezem-Noord + | 20 | 6 | 11 | 2 | 3 | 10 | 7 | 12 | <1 | <1 | 29 | <1 |
| NL12_120 | Schermerboezem-Zuid + | 24 | 2 | 10 | | 6 | 16 | 4 | <1 | <1 | <1 | 38 | <1 |
| NL12_202 | t Twiske | 1 | 15 | 27 | <1 | 7 | 46 | | | | | 4 | 1 |
| NL12_710 | Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder + | 23 | 4 | 18 | <1 | 7 | 11 | 10 | <1 | | 1 | 27 | <1 |
| NL12_770 | Verenigde polders + | 11 | 1 | 3 | | 2 | 2 | | | | | 82 | |
| NL12_140 | VRNK-boezem + | 12 | 2 | 7 | <1 | 2 | 12 | 21 | 4 | <1 | 1 | 39 | <1 |
| NL12_620 | Waal en Burg en het Noorden + | 3 | 4 | 2 | | 15 | 12 | 13 | 2 | <1 | | 48 | <1 |
| NL12_260 | Waterland + | 16 | 3 | 12 | | 10 | 28 | <1 | | <1 | | 31 | <1 |
| NL12_810 | Westerduinen / PWN | | 18 | 1 | 71 | <1 | 10 | | | | | | |
| NL12_520 | Wieringermeer-Oost + | 19 | 11 | 12 | | 6 | 13 | 25 | <1 | | <1 | 14 | <1 |
| NL12_510 | Wieringermeer-West + | 11 | 8 | 5 | | <1 | 9 | 49 | 1 | | 1 | 15 | 1 |
| NL12_340 | Wijdewormer | 13 | 1 | 10 | | <1 | 8 | 4 | | <1 | | 64 | <1 |
| NL12_220 | Wormer- en Jisperveld | 6 | <1 | 3 | | 33 | 36 | | | | | 22 | <1 |

Bijlage III Afwateringsgebieden HHNK: indicatie meetfrequentie

| OWM-code | OWM-naam | Aantal metingen van totaal-fosfaat | | | | | | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| NL12_201 | Alkmaardermeer | 24 | 29 | 24 | 24 | 16 | 66 | 22 | 24 | 24 | 24 | 27 |
| NL12_501 | Amstelmeer | 11 | 20 | 41 | 44 | 29 | 26 | 11 | 12 | 12 | 12 | 9 |
| NL12_130 | Amstelmeerboezem + | 104 | 102 | 79 | 83 | 40 | 193 | 84 | 84 | 192 | 84 | 63 |
| NL12_550 | Anna Paulow napolder hoog | 17 | 14 | 14 | 18 | | 36 | 12 | 12 | 36 | 12 | 9 |
| NL12_540 | Anna Paulow napolder laag | 12 | 14 | 94 | 69 | 72 | 53 | 11 | 103 | 36 | 12 | 9 |
| NL12_320 | Beemster | 12 | 13 | 11 | 11 | 34 | | 18 | 30 | 18 | 18 | 24 |
| ? | Beverw ijk en Wijkermeerpolder + | 3 | 6 | 4 | | 45 | | | 36 | | | 27 |
| NL12_720 | Castricumerpolder + | 3 | 29 | 33 | | 44 | | 12 | 48 | 12 | 12 | 35 |
| NL12_311 | de Schermer-Noord | | 4 | 4 | 8 | 12 | 35 | 12 | 12 | 36 | 12 | 9 |
| NL12_312 | de Schermer-Zuid | 5 | 4 | 4 | 4 | | 24 | 12 | 12 | 24 | 12 | 9 |
| NL12_830 | duingebied Noord NHN + | 9 | 17 | | 4 | 11 | 12 | 94 | 12 | 12 | 95 | 9 |
| NL12_840 | duingebied Texel | 6 | 5 | 4 | 4 | | | 53 | 10 | 9 | 67 | 5 |
| NL12_820 | duingebied Zuid NHN | | | | | | | 34 | | | 36 | |
| NL12_210 | Eilandspolder + | 19 | 10 | 4 | 4 | 72 | | 12 | 72 | 12 | 12 | 54 |
| NL12_401 | Geestmerambacht | 16 | 16 | 16 | 12 | 4 | 124 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 |
| NL12_630 | Gemeenschappelijkepolders + | 35 | 28 | 25 | 32 | 24 | 24 | 90 | 24 | 24 | 96 | 18 |
| NL12_730 | Groot-Limmerpolder + | 18 | 14 | 26 | 7 | 66 | 20 | 24 | 72 | 24 | 24 | 53 |
| NL12_410 | Heerhugow aardStad vande Zon | | | | 20 | 20 | 167 | 50 | | 69 | 69 | 35 |
| NL12_240 | KrommenieerWoudpolder | 5 | 6 | | 10 | 36 | | 11 | 36 | 12 | 12 | 27 |
| NL12_470 | Oosterpolder + | 12 | 13 | 20 | 16 | 28 | 28 | 23 | 12 | 12 | 24 | 9 |
| NL12_740 | Oosterzijpolder | 5 | | 4 | 4 | | 36 | 12 | 12 | 36 | 12 | 9 |
| NL12_280 | polder Assendelft (NW) | 5 | 4 | 4 | | 48 | | 12 | 48 | 12 | 12 | 36 |
| NL12_460 | polder Drieban | 12 | 9 | 11 | 10 | 12 | 12 | 24 | 12 | 12 | 24 | 9 |
| NL12_610 | polder Eijerland + | 20 | 16 | 20 | 18 | 12 | 12 | 49 | 24 | 24 | 48 | 17 |
| NL12_425 | polder Geestmerambacht | 12 | 12 | 20 | 16 | | 60 | 12 | 12 | 59 | 13 | 9 |
| NL12_450 | polder Grootslag + | 35 | 29 | 8 | 16 | 24 | 38 | 82 | 12 | 24 | 96 | 24 |
| NL12_415 | polder Heerhugow aard | 34 | 49 | 35 | 94 | 68 | 128 | 24 | 24 | 48 | 24 | 18 |
| NL12_420 | polder Oosterdel + | 4 | | | | | 38 | 12 | 12 | 24 | 12 | 9 |
| NL12_490 | polder Ursem | 4 | | | 4 | | 36 | 12 | 12 | 24 | 12 | 9 |
| NL12_440 | polder Vier Noorder Koggen -2,20 | 27 | 17 | 39 | 48 | 42 | 42 | 120 | 24 | 24 | 96 | 18 |
| NL12_445 | polder Vier Noorder Koggen -3,70 | 7 | 13 | 11 | 6 | 12 | 12 | 48 | 24 | 24 | 48 | 18 |
| NL12_480 | polder Westerkogge | 46 | 45 | 19 | 17 | 14 | 14 | 60 | 24 | 24 | 60 | 18 |
| NL12_250 | polder Westzaan | 7 | 10 | 4 | 8 | 49 | 12 | 23 | 60 | 24 | 24 | 45 |
| NL12_530 | polder Wieringerw aard | 4 | 4 | 4 | 4 | | 48 | 12 | 12 | 48 | 12 | 9 |
| NL12_230 | polder Zeevang + | 9 | 8 | 24 | 16 | 48 | | | 48 | | | 36 |
| NL12_760 | polders Bergermeer + | 10 | 4 | 8 | 8 | | 72 | 12 | 12 | 72 | 12 | 9 |
| NL12_750 | polders Egmondermeer + | 5 | 8 | | | | 24 | 12 | 12 | 24 | 12 | 9 |
| NL12_430 | polders Schagerkogge + | 8 | 12 | 8 | 8 | | 110 | 10 | 12 | 96 | 12 | 9 |
| NL12_330 | Purmer + | 4 | 4 | | 23 | 67 | 20 | 12 | 48 | 12 | 12 | 36 |
| NL12_110 | Schermerboezem-Noord + | 466 | 410 | 389 | 420 | 135 | 1004 | 303 | 288 | 997 | 288 | 216 |
| NL12_120 | Schermerboezem-Zuid + | 343 | 340 | 347 | 375 | 451 | 302 | 262 | 527 | 264 | 252 | 396 |
| NL12_202 | t Tw iske | 9 | 12 | | 6 | 48 | 140 | 11 | 48 | 12 | 12 | 36 |
| NL12_710 | Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder + | 21 | 87 | 85 | 96 | 144 | 89 | 12 | 70 | 12 | 12 | 53 |
| NL12_770 | Verenigde polders + | | 4 | 4 | 4 | | 24 | 12 | 12 | 24 | 12 | 9 |
| NL12_140 | VRNK-boezem + | 160 | 199 | 193 | 192 | 44 | 409 | 96 | 96 | 348 | 96 | 72 |
| NL12_620 | Waal en Burg en het Noorden + | 28 | 37 | 44 | 38 | 48 | 38 | 85 | 24 | 24 | 90 | 18 |
| NL12_260 | Waterland + | 78 | 84 | 59 | 49 | 440 | 127 | 35 | 430 | 36 | 55 | 323 |
| NL12_810 | Westerduinen /PWN | | | | | | | 15 | 12 | 11 | 24 | 9 |
| NL12_520 | Wieringermeer-Oost + | 30 | 53 | 24 | 24 | 34 | 66 | 24 | 24 | 60 | 24 | 18 |
| NL12_510 | Wieringermeer-West + | 54 | 55 | 39 | 52 | 53 | 79 | 35 | 36 | 72 | 36 | 27 |
| NL12_340 | Wijdew ormer | | 4 | 4 | 8 | 36 | 12 | 17 | 36 | 18 | 18 | 24 |
| NL12_220 | Wormer- en Jisperveld | 7 | 10 | 14 | 8 | 72 | 72 | 77 | 96 | 84 | 12 | 54 |

Bijlage IV De Ecologische Sleutelfactoren

| Nr | Symbool | Omschrijving | Analyse in rapport |
|----|---|----------------------|---------------------------------|
| 1 |  | Productiviteit water | Globaal Gedetailleerd |
| 2 |  | Lichtklimaat | Globaal Gedetailleerd |
| 3 |  | Productiviteit bodem | Nee |
| 4 |  | Habitatgeschiktheid | Chloride Slibdikte <i>pp</i> |
| 5 |  | Verspreiding | Nee |
| 6 |  | Verwijdering | Nee |
| 7 |  | Organische belasting | Nee |
| 8 |  | Toxiciteit | Nee |
| 9 |  | Context | Nee |

Bron symbolen en omschrijving: STOWA (2014) Ecologische sleutelfactoren. Rapport 2014-19, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 44 pp.

Bijlage V Afwateringsgebieden HHNK: aantal meetpunten en waarnemingen Cl, N, P, diepte, ZD, ZS en Chla

| OWM_code | OWM_naam | Aantal meetpunten | | | | | | | | Aantal waarnemingen | | | | | | |
|----------|---|-------------------|-----|-------|-------|----|-----|----|------|---------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| | | Totaal | Cl | N-tot | P-tot | WD | ZD | ZS | Chla | Cl | N-tot | P-tot | WD | ZD | ZS | Chla |
| NL12_201 | Alkmaardermeer | 12 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 2 | 12 | 304 | 264 | 304 | 412 | 648 | 108 | 371 |
| NL12_501 | Amstelmeer | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 7 | 5 | 7 | 227 | 210 | 227 | 167 | 324 | 137 | 227 |
| NL12_130 | Amstelmeerboezem + | 28 | 24 | 21 | 27 | 17 | 20 | 5 | 13 | 1066 | 929 | 1108 | 950 | 1046 | 274 | 538 |
| NL12_550 | Anna Paulow napolder hoog | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | | 1 | 130 | 167 | 180 | 110 | 111 | | 24 |
| NL12_540 | Anna Paulow napolder laag | 32 | 19 | 30 | 32 | 4 | 5 | 14 | 27 | 231 | 467 | 485 | 110 | 111 | 212 | 329 |
| NL12_320 | Beemster | 6 | 6 | 3 | 6 | 3 | 5 | | 3 | 163 | 168 | 189 | 113 | 149 | | 89 |
| ? | Beverwijk en Wijkermeerpolder + | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | 4 | 121 | 113 | 121 | 67 | 114 | | 71 |
| NL12_720 | Castricumerpolder + | 18 | 12 | 10 | 12 | 16 | 16 | 2 | 3 | 228 | 214 | 228 | 182 | 227 | 22 | 60 |
| NL12_311 | de Schermer-Noord | 5 | 5 | 3 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 149 | 132 | 144 | 84 | 99 | 22 | 33 |
| NL12_312 | de Schermer-Zuid | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | | 1 | 110 | 93 | 110 | 71 | 72 | | 69 |
| NL12_830 | duingebied Noord NHN + | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1 | 6 | 275 | 275 | 275 | 265 | 285 | 79 | 129 |
| NL12_840 | duingebied Texel | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | 4 | 180 | 168 | 163 | 171 | 177 | | 32 |
| NL12_820 | duingebied Zuid NHN | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | 70 | 70 | 70 | 73 | 73 | | |
| NL12_210 | Eilandspolder + | 9 | 8 | 7 | 8 | 8 | 8 | | 7 | 271 | 249 | 271 | 184 | 258 | | 107 |
| NL12_401 | Geestmerambacht | 11 | 11 | 11 | 11 | 9 | 11 | 1 | 11 | 245 | 221 | 245 | 480 | 852 | 47 | 360 |
| NL12_630 | Gemeenschappelijke polders + | 17 | 17 | 8 | 17 | 7 | 10 | 2 | 4 | 395 | 360 | 420 | 213 | 240 | 181 | 68 |
| NL12_730 | Groot-Limmerpolder + | 13 | 10 | 8 | 10 | 10 | 11 | 1 | 7 | 322 | 333 | 348 | 244 | 320 | 11 | 104 |
| NL12_410 | Heerhugow aard Stad van de Zon | 14 | 6 | 13 | 14 | 6 | 13 | 1 | 8 | 237 | 337 | 430 | 119 | 468 | 11 | 251 |
| NL12_240 | Krommenier Woudpolder | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 1 | 3 | 155 | 146 | 155 | 91 | 127 | 12 | 92 |
| NL12_470 | Oosterpolder + | 11 | 2 | 11 | 11 | 1 | 11 | 10 | 10 | 108 | 193 | 197 | 24 | 125 | 170 | 89 |
| NL12_740 | Oosterzijpolder | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | | 1 | 130 | 117 | 130 | 107 | 107 | | 24 |
| NL12_280 | polder Assendelft (NW) | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 1 | 3 | 181 | 168 | 181 | 124 | 173 | 12 | 54 |
| NL12_460 | polder Drieban | 5 | 5 | 3 | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 122 | 130 | 147 | 25 | 38 | 81 | 24 |
| NL12_610 | polder Eijerland + | 13 | 13 | 7 | 13 | 5 | 7 | 2 | 3 | 260 | 224 | 260 | 123 | 137 | 102 | 71 |
| NL12_425 | polder Geestmerambacht | 14 | 14 | 8 | 14 | 6 | 11 | | 5 | 226 | 177 | 225 | 174 | 186 | | 98 |
| NL12_450 | polder Grootslag + | 22 | 19 | 14 | 21 | 10 | 15 | 6 | 10 | 365 | 339 | 388 | 308 | 447 | 143 | 167 |
| NL12_415 | polder Heerhugow aard | 57 | 45 | 44 | 57 | 26 | 38 | 1 | 3 | 398 | 385 | 546 | 210 | 384 | 22 | 38 |
| NL12_420 | polder Oosterdel + | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | 2 | 111 | 107 | 111 | 141 | 141 | | 100 |
| NL12_490 | polder Ursem | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | | 2 | 114 | 105 | 113 | 171 | 242 | | 112 |
| NL12_440 | polder Vier Noorder Koggen -2,20 | 21 | 19 | 12 | 19 | 11 | 14 | 4 | 9 | 497 | 452 | 497 | 225 | 463 | 229 | 259 |
| NL12_445 | polder Vier Noorder Koggen -3,70 | 5 | 5 | 4 | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 198 | 211 | 223 | 83 | 97 | 81 | 57 |
| NL12_480 | polder Westerkogge | 20 | 17 | 15 | 20 | 10 | 15 | 4 | 5 | 297 | 304 | 341 | 180 | 213 | 99 | 47 |
| NL12_250 | polder Westzaan | 9 | 9 | 7 | 9 | 4 | 8 | 2 | 4 | 265 | 250 | 266 | 110 | 164 | 93 | 90 |
| NL12_530 | polder Wieringerw aard | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | | 1 | 157 | 141 | 157 | 97 | 98 | | 69 |
| NL12_230 | polder Zeevang + | 10 | 10 | 4 | 10 | 4 | 8 | 2 | 6 | 189 | 132 | 189 | 89 | 163 | 24 | 92 |
| NL12_760 | polders Bergermeer + | 15 | 8 | 6 | 8 | 12 | 12 | | 1 | 219 | 189 | 219 | 169 | 170 | | 24 |
| NL12_750 | polders Egmondermeer + | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | | | 106 | 93 | 106 | 83 | 85 | | |
| NL12_430 | polders Schagerkogge + | 12 | 12 | 11 | 12 | 9 | 10 | | 4 | 285 | 253 | 285 | 300 | 348 | | 146 |
| NL12_330 | Purmer + | 10 | 10 | 9 | 10 | 4 | 9 | 1 | 3 | 238 | 222 | 238 | 124 | 227 | 12 | 54 |
| NL12_110 | Schermerboezem-Noord + | 138 | 129 | 107 | 131 | 90 | 109 | 17 | 48 | 4807 | 4060 | 4916 | 4241 | 4529 | 776 | 2110 |
| NL12_120 | Schermerboezem-Zuid + | 81 | 68 | 57 | 68 | 60 | 72 | 20 | 52 | 3858 | 3125 | 3859 | 3191 | 3761 | 1043 | 2308 |
| NL12_202 | t Twiske | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 15 | 2 | 13 | 334 | 334 | 334 | 610 | 1375 | 24 | 469 |
| NL12_710 | Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder + | 20 | 20 | 15 | 20 | 14 | 17 | 3 | 15 | 771 | 732 | 681 | 640 | 728 | 45 | 652 |
| NL12_770 | Verenigde polders + | 6 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | | 1 | 105 | 93 | 105 | 86 | 87 | | 24 |
| NL12_140 | VRNK-boezem + | 50 | 48 | 46 | 48 | 37 | 47 | 17 | 27 | 1905 | 1592 | 1905 | 1840 | 2313 | 624 | 1054 |
| NL12_620 | Waal en Burg en het Noorden + | 27 | 22 | 15 | 21 | 18 | 21 | 9 | 11 | 581 | 424 | 474 | 219 | 401 | 209 | 269 |
| NL12_260 | Waterland + | 65 | 61 | 57 | 65 | 47 | 58 | 4 | 49 | 1699 | 1594 | 1716 | 1111 | 2050 | 220 | 986 |
| NL12_810 | Westerduinen / PWN | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 71 | 71 | 71 | 73 | 73 | | |
| NL12_520 | Wieringermeer-Oost + | 24 | 24 | 19 | 24 | 5 | 7 | 11 | 10 | 385 | 361 | 381 | 168 | 198 | 224 | 114 |
| NL12_510 | Wieringermeer-West + | 18 | 17 | 10 | 18 | 6 | 7 | 3 | 7 | 490 | 477 | 538 | 366 | 407 | 239 | 229 |
| NL12_340 | Wijdewormer | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 177 | 165 | 177 | 135 | 175 | 34 | 90 |
| NL12_220 | Wormer- en Jisperveld | 10 | 9 | 7 | 9 | 9 | 10 | 2 | 8 | 506 | 264 | 506 | 178 | 475 | 92 | 192 |

Bijlage VI Afwateringsgebieden HHNK: chloridegehaltes (in mg/l)

| OWM-code | Afwateringsgebied | Type | N | Jaargemiddelde | Minimum | Maximum |
|----------|---|------|------|----------------|---------|---------|
| NL12_201 | Alkmaardermeer | M20 | 304 | 249 | 150 | 450 |
| NL12_501 | Amstelmeer | M30 | 227 | 675 | 230 | 1900 |
| NL12_130 | Amstelmeerboezem + | M30 | 1066 | 676 | 30 | 14000 |
| NL12_550 | Anna Paulow napolder hoog | M03 | 130 | 319 | 110 | 1400 |
| NL12_540 | Anna Paulow napolder laag | M30 | 231 | 498 | 61 | 1900 |
| NL12_320 | Beemster | M03 | 163 | 166 | 20 | 470 |
| ? | Beverwijk en Wijkermeerpolder + | M30 | 121 | 434 | 46 | 5700 |
| NL12_720 | Castricumerpolder + | M03 | 228 | 114 | 21 | 330 |
| NL12_311 | de Schermer-Noord | M03 | 149 | 261 | 58 | 810 |
| NL12_312 | de Schermer-Zuid | M03 | 110 | 474 | 130 | 2100 |
| NL12_830 | duingebied Noord NHN + | M14 | 275 | 118 | 43 | 260 |
| NL12_840 | duingebied Texel | M14 | 180 | 161 | 65 | 1400 |
| NL12_820 | duingebied Zuid NHN | M14 | 70 | 50 | 14 | 110 |
| NL12_210 | Eilandspolder + | M10 | 271 | 395 | 69 | 2600 |
| NL12_401 | Geestmerambacht | M20 | 245 | 192 | 140 | 220 |
| NL12_630 | Gemeenschappelijke polders + | M30 | 395 | 3167 | 37 | 18000 |
| NL12_730 | Groot-Limmerpolder + | M03 | 322 | 122 | 37 | 330 |
| NL12_410 | Heerhugow aard Stad van de Zon | M14 | 237 | 82 | 53 | 110 |
| NL12_240 | Krommenieer Woudpolder | M10 | 155 | 246 | 110 | 430 |
| NL12_470 | Oosterpolder + | M03 | 108 | 84 | 38 | 140 |
| NL12_740 | Oosterzijpolder | M03 | 130 | 155 | 64 | 380 |
| NL12_280 | polder Assendelft (NW) | M10 | 181 | 433 | 67 | 1900 |
| NL12_460 | polder Drieban | M03 | 122 | 110 | 64 | 140 |
| NL12_610 | polder Eijerland + | M30 | 260 | 1565 | 89 | 10000 |
| NL12_425 | polder Geestmerambacht | M03 | 226 | 255 | 98 | 790 |
| NL12_450 | polder Grootslag + | M03 | 365 | 178 | 35 | 1700 |
| NL12_415 | polder Heerhugow aard | M03 | 398 | 127 | 23 | 310 |
| NL12_420 | polder Oosterdel + | M14 | 111 | 126 | 56 | 175 |
| NL12_490 | polder Ursem | M03 | 114 | 95 | 26 | 240 |
| NL12_440 | polder Vier Noorder Koggen -2,20 | M03 | 497 | 97 | 18 | 270 |
| NL12_445 | polder Vier Noorder Koggen -3,70 | M03 | 198 | 104 | 30 | 220 |
| NL12_480 | polder Westerkogge | M03 | 297 | 135 | 11 | 500 |
| NL12_250 | polder Westzaan | M10 | 265 | 489 | 85 | 4800 |
| NL12_530 | polder Wieringerw aard | M30 | 157 | 301 | 56 | 1200 |
| NL12_230 | polder Zeevang + | M10 | 189 | 115 | 30 | 310 |
| NL12_760 | polders Bergermeer + | M03 | 219 | 240 | 34 | 1500 |
| NL12_750 | polders Egmondermeer + | M03 | 106 | 311 | 110 | 880 |
| NL12_430 | polders Schagerkogge + | M03 | 285 | 204 | 41 | 610 |
| NL12_330 | Purmer + | M03 | 238 | 217 | 60 | 590 |
| NL12_110 | Schermerboezem-Noord + | M07b | 4807 | 411 | 26 | 16000 |
| NL12_120 | Schermerboezem-Zuid + | M07b | 3858 | 302 | 25 | 2490 |
| NL12_202 | t Twiske | M14 | 334 | 178 | 99 | 400 |
| NL12_710 | Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder + | M03 | 771 | 320 | 12 | 3600 |
| NL12_770 | Verenigde polders + | M03 | 105 | 166 | 38 | 330 |
| NL12_140 | VRNK-boezem + | M06b | 1905 | 164 | 32 | 2400 |
| NL12_620 | Waal en Burg en het Noorden + | M30 | 581 | 4521 | 80 | 17000 |
| NL12_260 | Waterland + | M10 | 1699 | 377 | 27 | 3000 |
| NL12_810 | Westerduinen / PWN | M14 | 71 | 94 | 20 | 150 |
| NL12_520 | Wieringermeer-Oost + | M31 | 385 | 3393 | 84 | 7110 |
| NL12_510 | Wieringermeer-West + | M30 | 490 | 560 | 60 | 4100 |
| NL12_340 | Wijdewormer | M30 | 177 | 809 | 180 | 1700 |
| NL12_220 | Wormer- en Jisperveld | M10 | 506 | 139 | 46 | 280 |

Bijlage VII Indeling afwateringsgebieden in belastinggroepen en zomergemiddelden van gebruikte gegevens

| OWM_code | Groep | WD m | ZD m | ZD/WD m/m | Chla µg/l | Ptot mg/l | Ntot mg/l | ZS mg/l | ZS-FP mg/l | Kroos_AVG % | Kroos_MAX % | Klei % | Zand % | Veen % | Onbek % |
|----------|-------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| NL12_202 | 1 | 4.9 | 1.2 | 0.7 | 14.8 | 0.36 | 1.66 | 17.1 | 15.4 | 0.1 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 99.0 | 1.0 |
| NL12_210 | 3a | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 123.8 | 0.98 | 4.44 | | | 3.2 | 40.1 | 57.5 | 0.0 | 45.2 | 10.1 |
| NL12_220 | 3a | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 121.4 | 0.35 | 4.68 | 47.1 | 31.2 | 0.1 | 1.0 | 6.2 | 0.0 | 72.8 | 31.4 |
| NL12_230 | 3a | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 75.4 | 2.13 | 6.88 | 8.2 | 7.5 | 3.2 | 20.3 | 12.9 | 0.0 | 78.0 | 10.4 |
| NL12_240 | 3a | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 143.2 | 0.41 | 4.22 | 51.3 | 51.3 | 0.0 | 0.1 | 22.4 | 0.0 | 53.9 | 39.0 |
| NL12_250 | 3a | 1.6 | 0.4 | 0.4 | 93.3 | 0.48 | 3.26 | 23.6 | 23.6 | 7.9 | 90.0 | 0.0 | 0.0 | 95.0 | 57.8 |
| NL12_260 | 3a | 0.9 | 0.4 | 0.5 | 69.2 | 0.82 | 3.97 | 32.9 | 27.3 | 13.9 | 58.1 | 10.3 | 0.0 | 72.6 | 32.2 |
| NL12_280 | 3a | 0.9 | 0.2 | 0.3 | 146.5 | 0.70 | 5.26 | 45.9 | 45.9 | 1.9 | 23.3 | 25.0 | 0.0 | 76.4 | 3.6 |
| NL12_311 | 4 | 1.6 | 0.4 | 0.4 | 63.6 | 1.32 | 3.09 | 48.9 | 38.7 | 19.1 | 90.0 | 92.6 | 0.0 | 4.9 | 2.6 |
| NL12_312 | 2 | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 12.1 | 0.23 | 1.56 | | | 1.9 | 50.0 | 93.3 | 0.0 | 2.0 | 4.7 |
| NL12_320 | 4 | 0.8 | 0.2 | 0.3 | 120.3 | 0.78 | 3.66 | | | 5.3 | 20.0 | 92.0 | 0.0 | 2.4 | 6.0 |
| NL12_330 | 3b | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 73.1 | 0.81 | 3.04 | 23.7 | 23.7 | 7.9 | 45.0 | 73.4 | 0.0 | 27.9 | 1.5 |
| NL12_340 | 3b | 0.8 | 0.2 | 0.4 | 166.2 | 0.80 | 5.05 | 142.3 | 105.4 | 0.3 | 3.4 | 92.1 | 0.0 | 5.3 | 2.6 |
| NL12_401 | 4 | 1.0 | 1.6 | 0.8 | 9.2 | 0.13 | 1.27 | 12.2 | 10.4 | 0.2 | 10.0 | 9.6 | | | 96.5 |
| NL12_415 | 2 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 15.7 | 0.79 | 2.04 | 9.2 | 8.1 | 15.2 | 55.0 | 67.1 | 0.0 | 0.0 | 63.4 |
| NL12_420 | 1 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 20.2 | 0.40 | 1.68 | | | 22.8 | 60.0 | | | | 100.0 |
| NL12_425 | 4 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 31.5 | 1.01 | 2.36 | | | 21.1 | 49.4 | 86.9 | 2.9 | 0.0 | 17.2 |
| NL12_430 | 3b | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 33.7 | 0.71 | 2.23 | | | 8.2 | 23.0 | 83.4 | 0.0 | 0.0 | 22.4 |
| NL12_440 | 2 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 44.9 | 0.51 | 1.88 | 17.8 | 15.2 | 16.9 | 30.2 | 87.8 | 0.0 | 0.0 | 12.2 |
| NL12_445 | 4 | 1.4 | 0.5 | 0.4 | 33.1 | 0.80 | 2.31 | 18.8 | 18.8 | 3.4 | 50.0 | 90.7 | 0.0 | 0.0 | 9.3 |
| NL12_450 | 3b | 1.0 | 0.4 | 0.5 | 31.4 | 0.50 | 2.23 | 20.8 | 17.8 | 1.6 | 8.5 | 88.5 | 0.0 | 0.0 | 27.6 |
| NL12_460 | 4 | 1.2 | 0.5 | 0.5 | 27.3 | 0.50 | 2.02 | 24.7 | 24.7 | 1.4 | 10.0 | 80.3 | 0.0 | 0.0 | 19.7 |
| NL12_470 | 1 | 0.8 | 0.5 | 0.9 | 49.2 | 0.45 | 2.00 | 25.2 | 18.0 | 16.4 | 67.2 | 77.6 | 0.0 | 0.0 | 50.7 |
| NL12_480 | 3a | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 96.7 | 0.86 | 2.97 | 31.2 | 16.1 | 2.7 | 16.4 | 89.2 | 0.0 | 7.6 | 8.7 |
| NL12_490 | 3b | 0.9 | 0.6 | 0.7 | 36.4 | 0.88 | 2.38 | | | 4.0 | 20.0 | 82.3 | 0.0 | 9.7 | 12.8 |
| NL12_510 | 4 | 1.8 | 0.5 | 0.3 | 77.0 | 0.71 | 3.33 | 26.6 | 8.7 | 0.5 | 5.0 | 65.5 | 32.9 | 0.0 | 5.3 |
| NL12_520 | 4 | 1.3 | 0.4 | 0.4 | 78.2 | 0.42 | 3.53 | 35.0 | 32.2 | 0.1 | 3.4 | 36.4 | 64.0 | 0.0 | 36.5 |
| NL12_530 | 3b | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 132.4 | 0.87 | 4.17 | | | 0.8 | 7.5 | 78.2 | 0.0 | 0.0 | 13.2 |
| NL12_540 | 2 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 42.4 | 1.72 | 3.46 | 31.9 | 26.5 | 13.5 | 36.7 | 83.0 | 12.9 | 2.3 | 9.8 |
| NL12_550 | 4 | 1.5 | 0.6 | 0.5 | 30.8 | 1.77 | 2.69 | | | 8.4 | 41.7 | 25.8 | 85.5 | 0.0 | 16.1 |
| NL12_610 | 4 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 81.6 | 1.29 | 3.22 | 38.9 | 38.9 | 0.1 | 1.0 | 17.9 | 59.3 | 0.0 | 28.3 |
| NL12_620 | 2 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 89.7 | 0.86 | 4.28 | 63.5 | 50.7 | 8.7 | 30.0 | 25.1 | 58.6 | 0.0 | 20.3 |
| NL12_630 | 4 | 0.9 | 0.4 | 0.6 | 31.5 | 0.11 | 2.86 | 22.3 | 19.3 | | | 59.7 | 32.2 | 0.0 | 19.2 |
| NL12_710 | 3b | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 67.8 | 0.90 | 3.28 | 18.2 | 16.5 | 4.2 | 31.2 | 72.4 | 16.5 | 5.9 | 18.9 |
| NL12_720 | 2 | 0.5 | 0.4 | 0.8 | 27.7 | 0.68 | 2.03 | 25.5 | 23.1 | 5.5 | 24.2 | 36.2 | 51.9 | 0.0 | 39.3 |
| NL12_730 | 2 | 0.7 | 0.5 | 0.8 | 32.1 | 0.60 | 2.39 | 18.6 | 18.6 | 11.4 | 36.8 | 32.4 | 51.6 | 15.2 | 6.8 |
| NL12_740 | 2 | 0.8 | 0.5 | 0.7 | 49.9 | 0.68 | 2.31 | | | 0.4 | 2.5 | 43.1 | 23.2 | 29.1 | 22.6 |
| NL12_750 | 2 | 0.6 | 0.4 | 0.7 | | 1.33 | 3.38 | | | 20.4 | 60.0 | 0.8 | 78.3 | 0.0 | 21.0 |
| NL12_760 | 2 | 0.4 | 0.3 | 0.7 | 38.8 | 1.10 | 3.10 | | | 12.6 | 37.1 | 41.5 | 62.7 | 0.0 | 18.1 |
| NL12_770 | 2 | 0.6 | 0.5 | 0.9 | 28.5 | 0.56 | 2.32 | | | 9.8 | 26.8 | 93.4 | 6.6 | 0.0 | 0.0 |
| Aantal | 40 | 40 | 40 | 40 | 39 | 40 | 40 | 27 | 27 | 39 | 39 | 39 | 38 | 38 | 40 |

