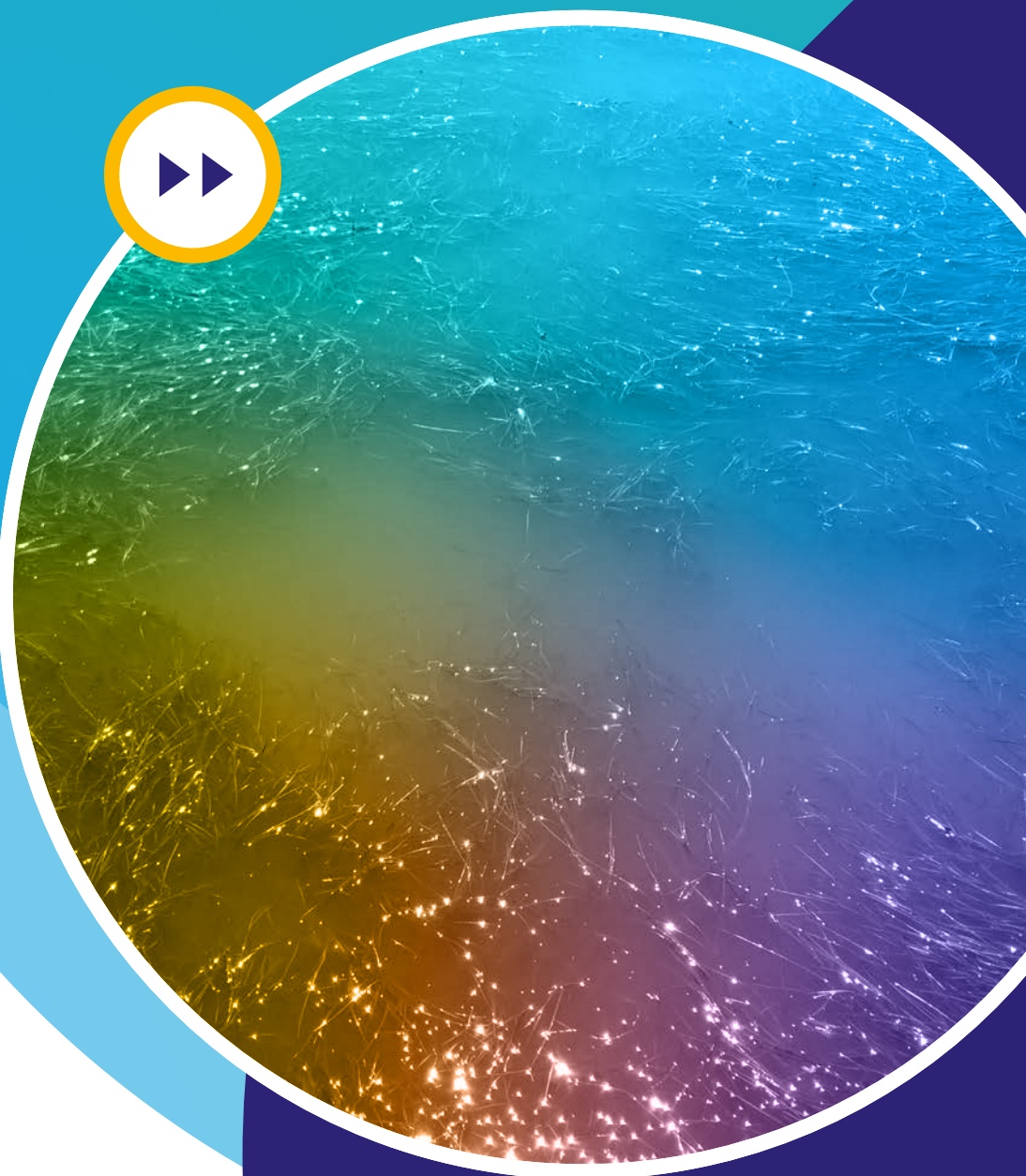


AFLEIDING VAN DREMPEL- WAARDEN VOOR NUTRIËNTEN IN BRAKKE WATEREN

▶▶ KIWK 2020-42



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT

▶▶ COLOFON

December 2020

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180 | 3800 CD Amersfoort

Opdrachtgever

Kennisimpuls Waterkwaliteit

Auteurs

J.M. van Smeden¹, G.H.P. Arts¹ & G. J. van Geest²

¹ Wageningen Environmental research, Wageningen University and Research

² Deltares

Gebruikerscommissie

Ing. Wouter Quist

Waterschap Scheldestromen, voorzitter

Ing. André van de Straat

Provincie Zeeland

Drs. Fred Kuipers

Waterschap Hollandse Delta

Ir. Harry Boonstra

Wetterskip Fryslân

Ir. Marco Cornelis Beers

Waterschap Brabantse Delta

Janne Brouwers, MSc

Waterschap Brabantse Delta

Dr. Jan H. Wanink

Waterschap Noorderzijlvest

Gert van Ee

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Drs. Yvonne van Scheppingen

Waterschap Scheldestromen

Vormgeving

Shapeshifter.nl | Utrecht

STOWA-rapportnummer

2020-42

ISBN

978.90.5773.913.2

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding.
De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar.

Disclaimer

Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteur(s) en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

▶▶ KIWK IN HET KORT

In de Kennisimpuls Waterkwaliteit werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstututen aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders en andere partijen de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten. In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen en maken ze die kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk.

▶▶ TEN GELEIDE

Dit rapport is een resultaat van het project “Brakke wateren” dat onderdeel is van het Kennisimpuls Water programma. In dit programma werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstututen samen aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Met de resultaten kunnen waterbeheerders en andere partijen beter de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit (versneld) te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten, is de gedachte. Maar er wordt ook aandacht besteed aan het (beter) afleiden van doelen voor oppervlaktewater. Een voorbeeld van dit laatste is het project “Brakke wateren”.

Al enkele jaren geleden constateerden we een kennisgebrek op het gebied van brakwaterecologie. Effecten van getroffen maatregelen bleven uit, zonder goed te begrijpen wat er ontbrak. In het project “Brakke wateren” werken Deltares, Wageningen Environmental Research en B-Ware gezamenlijk aan het vergroten van inzicht in het ecologisch functioneren van brakwatersystemen en in de onderbouwing van de doelen voor brakke wateren in de Kaderrichtlijn Water. Dit rapport ‘Afleiding drempelwaarden nutriënten in brakke wateren’ geeft waterbeheerders een betere onderbouwing voor drempelwaarden van stikstof en fosfaat in brakke wateren. Zes waterschappen hebben de afgelopen decennia veel data verzameld die de basis vormen voor een goede onderbouwing van nieuwe drempelwaarden voor stikstof en fosfaat. Deze drempelwaarden zijn afgeleid voor verschillende KRW-brakwatertypen, waardoor er nu ook een meer gedifferentieerde en gedetailleerde onderbouwing beschikbaar is voor waterbeheerders.

Ing. Wouter Quist (Waterschap Scheldestromen)

Voorzitter gebruikerscommissie “Brakke wateren” Kennisimpuls Waterkwaliteit

▶▶ SAMENVATTING

Dit rapport is een resultaat van het Kennisimpuls project “Brakke wateren”. Op basis van gegevens die de afgelopen jaren door waterschappen zijn verzameld, zijn in dit rapport nieuwe drempelwaarden afgeleid voor stikstof en fosfaat in brakke wateren. Deze drempelwaarden geven aan dat bij hogere concentraties een overschrijding verwacht kan worden van de kritische grens van Chlorophyl-a voor Goed Ecologisch Potentieel (GEP) en Goede Ecologische Toestand (GET). Waterbeheerders kunnen met deze nieuwe drempelwaarden KRW-doelen bijstellen. Bij de afleiding van deze drempelwaarden is dezelfde methodiek aangehouden als gehanteerd is aan het begin van deze eeuw bij de implementatie van de Kaderrichtlijn Water. Echter, in het onderhavige rapport zijn brakke wateren niet als één groep (M30 en M31) behandeld, maar zijn afzonderlijke drempelwaarden afgeleid voor M30 en M31 wateren. Tevens is gekeken of vormgeving (morfometrie) van watergangen een rol speelt. Daarom zijn ook drempelwaarden afgeleid voor M1b (zwak brakke sloten) alsmede voor lijn- en vlakvormige wateren binnen de typen M30 en M31. Voor de afleiding van normen zijn drie verschillende methodieken toegepast: op basis van verschillende zoutklassen; op basis van morfometrie; rekening houdend met de limiterende voedingsstof voor algengroei.

Dit rapport laat een genuanceerd beeld zien als het gaat om de nieuw afgeleide drempelwaarden (zie onderstaande samenvattende tabel). In vergelijking met de voorgestelde drempelwaarden (“werknormen”) die aan het begin van deze eeuw bij de implementatie van de Kaderrichtlijn Water zijn afgeleid, zijn de drempelwaarden voor brakke wateren berekend in dit rapport over het algemeen lager voor wat betreft stikstof, maar liggen deze in dezelfde orde van grootte of hoger voor P, echter niet voor de grote vlakvormige wateren (M31; zie samenvattende tabel). De afgeleide drempelwaarden voor de zwak brakke sloten (M1b) liggen voor alle waarden hoger dan voor de andere brak water typen. Als vergeleken wordt met de waarden voor het maximaal toelaatbaar risico uit de Nota Waterhuishouding van de vorige eeuw, zijn de afgeleide drempelwaarden lager als het gaat om stikstof en zijn deze vergelijkbaar of hoger als het gaat om fosfaat.

Ook constateren we dat er op basis van de nieuwe analyse verschillen zijn tussen KRW-watertypen. De drempelwaarden voor het KRW-watertype M1b (zwak brakke sloten) liggen in de meeste gevallen hoger dan de drempelwaarden voor M30 en M31 wateren. Om deze reden zijn we nagegaan of opsplitsing van M30 en M31 wateren in lijn- en vlakvormige wateren tot verschillen in drempelwaarden voor nutriënten leidt. Dit was echter nauwelijks het geval. Daarom wordt geadviseerd om voor M30 en M31 geen onderscheid te maken in morfologie. Het wordt aanbevolen om het type M1b (zwak brakke sloten) apart te beschouwen van de andere typen M30 en M31.

Als drempelwaarden worden afgeleid met inachtneming van het limiterende element voor algengroei (stikstof of fosfaat), liggen deze in dezelfde range als de drempelwaarden afgeleid op basis van morfometrie.

Op basis van de analyse die in dit rapport is gemaakt en op basis van de gegevens van waterschappen in Nederland die in deze analyse zijn gebruikt, kunnen we concluderen dat brakke wateren een hoog doorzicht (en bijgevolg lage Chlorofyl-a-concentraties) kunnen hebben, ook bij relatief hoge nutriëntenconcentraties. Verschillende mechanismen kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn, zoals graas van algenbiomassa door zooplankton of schelpdieren, maar ook een korte verblijftijd van het water of verminderde resuspensie ten gevolge van een hoge waterplantenbedekking. Dit zal nader onderzocht worden en verder worden meegenomen in de voedselwebanalyse die ook onderdeel is van dit project.

Voor waterbeheerders vormt deze rapportage een basis voor het afleiden van doelen voor stikstof en fosfaat in het GEP en GET voor brakke wateren.



Samenvattende tabel met zomergemiddelde totaal N- en totaal P-concentraties waarbij de overschrijdingskans van de Chlorofyl-a ondergrens van het GET (voor M1b GEP) resp. 10 % en 25 % is.

Ter vergelijking zijn ook de generieke norm voor oppervlaktewater (maximaal toelaatbaar risico uit de Nota Waterhuishouding 1998) als ook de drempelwaarden (“werknormen”) die eerder door Portielje (2005) zijn afgeleid, opgenomen. Onderstaande drempelwaarden zijn gebaseerd op 60 µg/l Chlorofyl-a als grens voor GET en GEP. De drempelwaarden gebaseerd op 80 µg/l Chlorofyl-a zijn vermeld in Bijlage H. Achterliggende gegevens zijn opgenomen in Bijlage I.

	Overschrijdingskans 10 %				Overschrijdingskans 25 %			
	Totaal N	Totaal P	Totaal N <7.24 N:P	Totaal P >7.24 N:P	Totaal N	Totaal P	Totaal N <7.24 N:P	Totaal P >7.24 N:P
M1b	1.78	0.28	2.04	0.20	2.35	0.33	2.36	0.30
M30	1.52	0.11	1.09	0.10	1.83	0.17	1.63	0.15
M30 _{lijn}	1.51	0.11	1.08	0.10	1.82	0.17	1.63	0.15
M30 _{vlaak}	1.53	0.14	1.21	0.12	1.85	0.20	1.67	0.17
M31	1.29	0.15	1.14	0.15	1.78	0.26	1.51	0.18
M31 _{lijn}	1.04	0.14	1.20	0.15	1.33	0.28	1.56	0.15
M31 _{vlaak}	0.34	0.15	0.86	0.17	0.81	0.15	1.31	0.26
M30 en M31 (Portielje, 2005)	1.76	0.113	1.76	0.113	1.97	0.160	1.97	0.160
Van der Molen et al., 2006	1.8	0.11	1.8	0.11	1.8	0.11	1.8	0.11
Norm _{oppw} (MTR 1998)	2.2	0.15	2.2	0.15	2.2	0.15	2.2	0.15

▶▶ INHOUD

	Colofon	2
	Kennisimpuls Waterkwaliteit in het kort	3
	Ten Geleide	4
	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
1.1	Aanleiding	9
1.2	Doel van het onderzoek	9
1.3	Onderzoeksaanpak	9
1.4	Leeswijzer	10
2	Sturende factoren voor de algengroei	11
2.1	Nutriënten	11
2.2	Lichtlimitatie	12
2.3	Systeemkenmerken	12
2.3.1	<i>Top-down controle door grazers</i>	12
2.3.2	<i>Soortensamenstelling van het fytoplankton</i>	13
2.4	Hoe om te gaan met effecten van hysteresis?	13
3	Data verzameling	15
3.1	Drempelwaarden voor de specifieke zoutklassen	15
3.1.1	<i>Beschikbare gegevens en dataverwerking</i>	15
3.2	Drempelwaarden per watertype	16
3.2.1	<i>Beschikbare gegevens en dataverwerking</i>	16
3.3	Berekenen van drempelwaarden	16
4	Onderbouwende berekeningen voor het afleiden van drempelwaarden	17
4.1	Bepaling inerte fractie van N _{totaal}	17
4.2	Bepaling van hysteresis effecten	17
4.3	Bepaling van de limiterende range van N en P	19
4.4	Bepaling van 95- en 75-percentiel waarden van Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N ¹ -ratio's	19
5	Afgeleide drempelwaarden	22
5.1	Drempelwaarden voor specifieke zoutklassen	22
5.2	Drempelwaarden op basis van KRW-type en morfometrie	23
5.3	Drempelwaarden rekening houdend met limiterende element voor algengroei	25
5.4	Samenvatting afgeleide drempelwaarden	27



6	Discussie	28
7	Conclusies afgeleide drempelwaarden	30
8	Dankwoord	31
9	Referenties	31
10	Bijlagen	32
A	Overzicht van ontvangen gegevens per waterbeheerder en per groep van organismen	33
B	Zomerjaargemiddelde concentraties van Chlorofyl-a in relatie tot fosfaat voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m.	34
C	Zomerjaargemiddelde concentraties van Chlorofyl-a in relatie tot stikstof voor verschillende chloride-klassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m	35
D	Zomerjaargemiddelde ratio van Chlorofyl-a:P in relatie tot fosfaat voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m.	36
E	Zomerjaargemiddelde ratio van Chlorofyl-a:N in relatie tot stikstof voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m.	37
F	Zomerjaargemiddelde totaal-P voor specifieke zoutklassen en doorzicht	38
G	Zomerjaargemiddelde totaal-N voor specifieke zoutklassen en doorzicht	39
H	Drempelwaarden voor nutriënten met ondergrens GET van 80 µg Chlorofyl-a/l (voor M1b betreft dit de ondergrens van het GEP).	40
I	Samenvattende tabel drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren	43

►► 1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Dit rapport is een resultaat van het Kennisimpuls project “Brakke wateren”. Hierin wordt op basis van alle beschikbare recente data van waterbeheerders en op basis van een risicobenadering, de afleiding beschreven van de drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren. Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn in Nederland normen afgeleid voor nutriënten, die ondersteunend zijn aan de ecologische doelen van de KRW. Door Portielje (2005) zijn destijds normen afgeleid voor nutriënten in oppervlaktewater in Nederland. De methode die Portielje (2005) heeft toegepast, is een risicobenadering. Daarbij zijn normen afgeleid voor 90- en 75-percentiel waarden van nutriënten (N, P) waarbij een bepaalde waarde voor het Chlorofyl-a-gehalte optreedt. Deze normen riepen echter de nodige vragen op bij beheerders van brakke wateren. Ecologisch herstel bleef namelijk vaak achterwege, ook wanneer voldaan werd aan deze normen.

Bij waterbeheerders bestaat er de behoefte aan een betere onderbouwing van nutriënten normen voor brakke wateren (de zogenaamde drempelwaarden). Aan het begin van de KRW-periode waren verschillende verbeteringen nog niet mogelijk. Zo waren er ten tijde van Portielje (2005) weinig data beschikbaar van brakke wateren, waardoor geen goede afleiding mogelijk was. Ook zijn destijds alle data van brakke wateren tezamen genomen, en is er geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen brakke wateren. Voorts was het onduidelijk waar de grenswaarde voor Chlorofyl-a ligt als scheidslijn tussen de ‘matige’ en ‘goede’ toestand van de KRW. De literatuur suggereert namelijk dat brakke wateren van nature troebeler zijn (Jeppesen et al., 1998; Sommer and Sommer, 2006), maar een onderbouwing hiervan ontbrak. Tot slot is het de vraag of hysteresis een rol speelt in brakke wateren. Dit aspect is nooit eerder bestudeerd in brakke wateren in Nederland.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is om drempelwaarden af te leiden op basis van alle monitoringdata voor brakke wateren in Nederland. Hierbij is specifiek onderscheid gemaakt naar verschillende zoutklassen; naar morfometrie (lijnvormig - vlakvormig); en rekening houdend met de limiterende voedingsstof voor algengroei.

De concrete onderzoeksvragen zijn:

- I. Is er een verschil tussen de huidige normen en de berekende drempelwaarden op basis van de meest recente data? Daarbij zijn de drempelwaarden berekend volgens specifieke zoutklassen binnen M30 (zwak brakke wateren: 300 - 3000 mg chloride/l) en M31 (brakke wateren: > 3000 mg/l);
- II. Is er een verschil in berekende drempelwaarden voor wateren die verschillen in morfometrie op basis van de meest recente data? Daarbij zijn drempelwaarden berekend voor lijn- en vlakvormig wateren binnen de typen M30, M31 en M1b;
- III. Is er een verschil in berekende drempelwaarden wanneer rekening wordt gehouden met de limiterende range voor algengroei van de nutriënten stikstof en fosfaat?

1.3 Onderzoeksaanpak

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden, zijn alle relevante monitoringsdata van brakke wateren bij waterschappen opgevraagd. Op basis van deze data zijn drempelwaarden voor fosfaat (P) en stikstof (N) afgeleid, voor de verschillende KRW watertypen, te weten: brakke sloten (M1b), zwak brakke wateren (M30) en brakke tot zoute wateren (M31). Voor M30 en M31 wateren is nagegaan of de vormgeving (lijnvormig water *versus* plas) van invloed is op de drempelwaarden. Bij alle analyses zijn verschillende grenswaarden voor Chlorofyl-a gehanteerd, voor het onderscheid tussen de matige en goede toestand van de KRW. Ook is onderzocht of er indicaties zijn voor hysteresis in brakke wateren. Met het oog op de vergelijkbaarheid met zoete wateren, is ervoor gekozen om dezelfde methodiek te hanteren als destijds door Portielje (2005) is gebruikt.

Gedurende het gehele proces van de afleiding van drempelwaarden heeft intensieve interactie met de gebruikerscommissie plaatsgevonden.

1.4 Leeswijzer

Voor de afleiding van drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren is het noodzakelijk om eerst inzicht te krijgen in de sturende factoren voor algengroei in deze wateren. Deze sturende factoren zijn daarom opgenomen in [hoofdstuk 2](#) van dit rapport. In [hoofdstuk 3](#) wordt de methodiek beschreven waarmee de data zijn verzameld en hoe de drempelwaarden zijn berekend. Vervolgens worden in [hoofdstuk 4](#) de resultaten van de analyses beschreven waarna in [hoofdstuk 5](#) de berekende drempelwaarden worden gepresenteerd. [Hoofdstuk 6](#) en [7](#) presenteren de conclusies en discussie. We sluiten het rapport af met een aantal aanbevelingen voor verdere analyse.

▶▶ 2 STURENDE FACTOREN VOOR DE ALGENGROEI

Voor de afleiding van drempelwaarden van nutriënten in brakke wateren is het noodzakelijk om inzicht te krijgen in de sturende factoren voor algen groei in deze wateren. In onderstaande tekst zijn de belangrijkste sturende factoren weer gegeven. Indien relevant, worden ook verschillen in ecologisch functioneren tussen zoete en brakke systemen uitgelegd.

De Chlorofyl-a concentratie in een water wordt bepaald door een aantal factoren, namelijk:

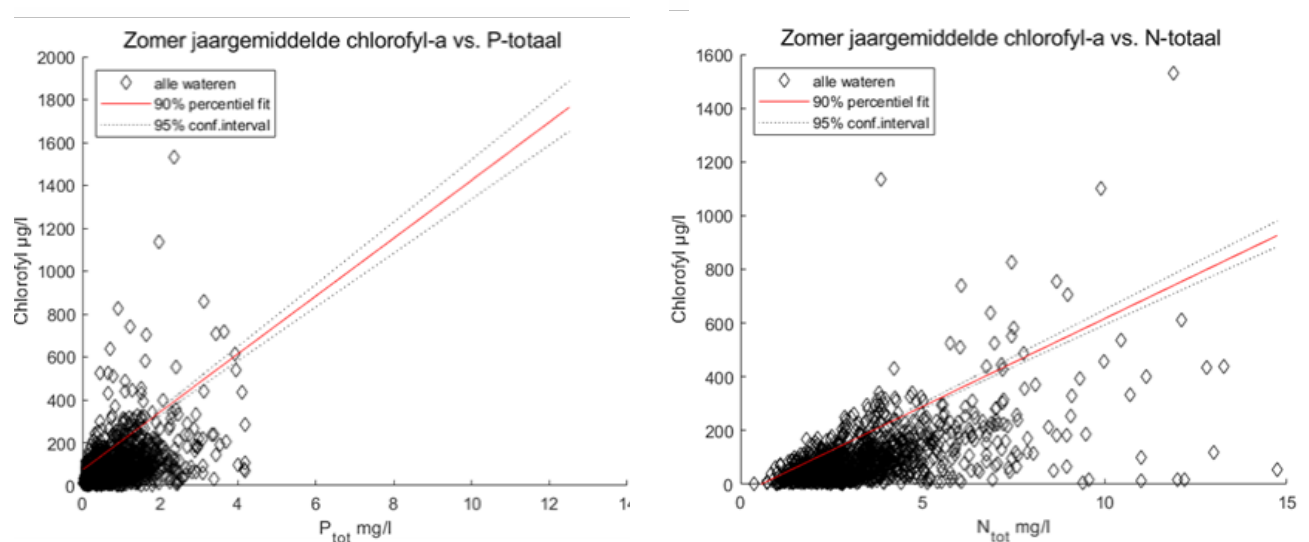
- Nutriënten concentraties van stikstof en fosfaat (resp. N en P);
- Lichtlimitatie;
- Systeemkenmerken, zoals waterdiepte, oppervlak en bodemtype;
- Top-down controle door grazers (bijv. watervlooien, mosselen e.d.);
- Soortensamenstelling van het fytoplankton.

2.1 Nutriënten

Nutriënten (N en P) worden vanouds beschouwd als de belangrijkste stuurvariabelen voor de Chlorofyl-a concentratie in meren. Volgens de wet van Liebig is één van beide nutriënten het groei-beperkende element voor algen groei. Multi-lake studies (CUWVO, 1987; Van der Molen, 1998; Portielje et al., 2004) tonen aan dat op basis van zomergemiddelden van totaal-P en totaal-N wel een bovengrens voor Chlorofyl-a gegeven kan worden, maar dat er daar beneden een zeer ruime spreiding is in de werkelijke Chlorofyl-a concentraties. Ook brakke wateren voldoen aan dit beeld (Figuur 1).

FIGUUR 1

Relatie tussen zomer-jaargemiddelden van Chlorofyl-a en nutriënten in brakke wateren, gebaseerd op data verzameld tussen 2011 - 2017. De lijn geeft de 90% percentiel-waarden weer van alle wateren. In de rechterfiguur geeft het snijpunt van de lijn met de x-as de inerte fractie voor N aan.



2.2 Lichtlimitatie

Bij zeer hoge algenbiomassa of troebeling door overig zwevend stof, of bij grote mengdiepte in diepere meren kan lichtlimitatie een rol spelen. Bij lagere Chlorofyl-a gehalten is dit minder belangrijk, zeker wanneer de Chlorofyl-a waarden in de range liggen rondom de klassengrens tussen de goede en matige toestand voor fytoplankton (volgens de KRW). Uitzondering hierop zijn meren die blootstaan aan een zeer sterke opwerveling van slib. In ondiepe brakke systemen met een klei- of veenbodem kan slibopwerveling een belangrijke rol spelen. In dit rapport is er voor gekozen om verschillen in systeemkenmerken (lijn- of vlakvormige wateren) wèl te onderzoeken (zie [paragraaf 2.3](#)) en andere verschillen (bijvoorbeeld in diepte, oppervlak en bodemtype) vooralsnog niet. Het verdisconteren van laatstgenoemde kenmerken kan een mogelijke verfijning zijn van de drempelwaarden die in dit rapport zijn afgeleid.

De opwerveling van bodemmateriaal kan eveneens een grote invloed hebben op het lichtklimaat, en daarmee op de algenbiomassa. Ook de waterdiepte kan grote invloed hebben, bijvoorbeeld door temperatuur- of zoutstratificatie. Deze aannames zijn echter nog niet getoetst voor brakke wateren.

2.3 Systeemkenmerken

In dit rapport zijn de relaties onderzocht tussen de nutriënten stikstof, fosfaat en Chlorofyl-a concentraties. Systeemkenmerken (zoals waterdiepte, oppervlakte, bodemtype) van een water zijn mede bepalend voor deze relaties en verklaren een deel van de variatie in de meetpunten in [Figuur 1](#). Dit heeft wat betreft diepte vooral te maken met de mengdiepte van het epilimnion in diepe meren en de tijd die algen doorbrengen in de eufotische zone. In ondiepe meertypen speelt dit mechanisme nauwelijks een rol. Een gedetailleerde onderverdeling in watertypen is hier niet gemaakt vanuit de kennis van brakke systemen dat het zoutgehalte een zodanige dominante invloed heeft op de soortensamenstelling, dat dit alle andere factoren overvleugelt. Wèl is er onderscheid gemaakt in M30 (zwak brakke wateren) en M31 (kleine brakke tot zoute wateren) wateren, een onderscheid dat destijds niet door Portielje (2005) is gemaakt. Aangezien sloten voor bijvoorbeeld waterschap Scheldestromen een belangrijk watertype vormt, zijn brakke sloten (type M1b) ook als een apart type meegenomen. Verder is er een onderscheid gemaakt tussen lijn- en vlakvormige wateren binnen de brakwatertypen M30 en M31.

De KRW-typologie van brakke wateren is voornamelijk gebaseerd op variaties in zoutgehalte en (deels) afmetingen van het watersysteem (morfometrie). Met daarbij een nader onderscheid gemaakt in lijnvormige en vlakvormige wateren, zijn de volgend watertypen in de analyses in dit rapport onderscheiden:

- M1b (niet-zoete gebufferde sloten: 150-1000 mg chloride /l);
- M30 (zwak brakke wateren: 300 - 3000 mg chloride/l): lijnvormig;
- M30 (zwak brakke wateren: 300 - 3000 mg chloride/l): vlakvormig;
- M31(brakke wateren: > 3000 mg chloride/l): lijnvormig;
- M31(brakke wateren: > 3000 mg chloride/l): vlakvormig;

2.3.1 Top-down controle door grazers

Naast nutriëntenbeschikbaarheid en systeemkenmerken wordt de Chlorofyl-a concentratie mede bepaald door top-down controle door overige biologische groepen naast het fytoplankton. Deze kunnen zeer bepalend zijn voor de ratio tussen Chlorofyl-a en nutriënten. Voor brakke wateren is top-down controle van algengroei destijds niet meegenomen door Portielje (2005). Voor brakke wateren wordt verondersteld dat één van de belangrijkste processen van top-down controle (namelijk algengraas door watervlooiën) geen of een kleinere rol speelt. Bij een toenemend zoutgehalte worden de grotere watervlooiën in de zoöplanktongemeenschap (Daphnia) namelijk vervangen door Copepoden en Raderdiertjes, die een veel lagere graasefficiëntie hebben, waardoor algenbiomassa niet 'onder de duim' wordt gehouden (Jeppesen et al., 2007). Echter in brakke wateren kan top-down controle ook door andere organismen worden verricht, bijv. (aas)garnalen en mosselen. Garnalen kunnen behoorlijk grazen op fytoplankton (Irvine et al, 1993). Aasgarnalen bijv. kunnen grazen op periphyton, benthische algen en detritus.

2.3.2 Soortensamenstelling van het fytoplankton

Voorts heeft ook de soortensamenstelling van het fytoplankton invloed op de relatie tussen nutriënten- en Chlorofyl-a concentraties. Algen bezitten het vermogen om bij afnemende nutriëntenbeschikbaarheid efficiënter met nutriënten om te kunnen gaan om toch dezelfde biomassa te kunnen produceren. Of en hoe dit plaats vindt in brakke wateren, is voornog niet bekend. In de memo van Portielje (2005) is bij de normafleiding voor nutriënten geen onderscheid gemaakt tussen de soortensamenstelling van het fytoplankton. In deze memo is dit eveneens niet gebeurd mede ook met het oog op een kennishiaat voor brakke wateren met betrekking tot de hierboven genoemde vragen. Het wordt aan bevolen om dit nader te onderzoeken.

2.4 Hoe om te gaan met effecten van hysteresis?

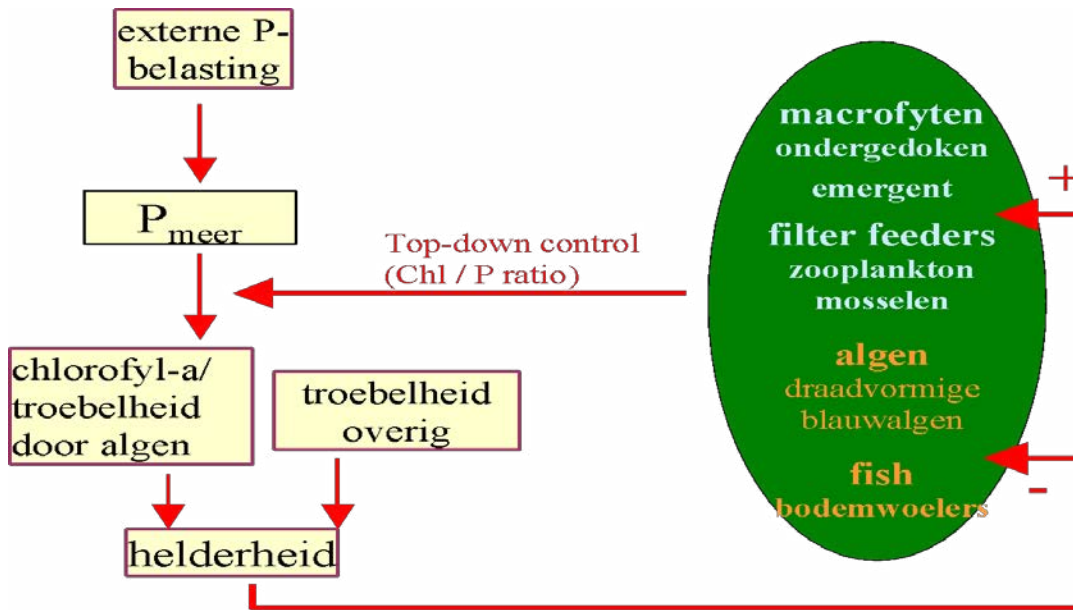
In heldere systemen is top-down controle van fytoplankton, zoals graas door watervlooien of schelpdieren, belangrijker dan in troebele, door algen gedomineerde systemen. Bij een toenemend zoutgehalte verdwijnt in brakke wateren weliswaar de graasfunctie van de grotere watervlooien (*Daphnia*), maar graas door schelpdieren of (aas)garnalen of andere mechanismen (bijvoorbeeld verminderde resuspensie door aanwezigheid van waterplanten) kunnen eveneens de algenbiomassa in deze wateren verlagen. [Figuur 2](#) illustreert voor P hoe graas op fytoplankton zich uit als een positieve feedback, waarbij nutriëntenreductie leidt tot een verhoogd doorzicht en als gevolg daarvan een toename van biologische groepen die geassocieerd zijn met helder water, waardoor de graasdruk op het fytoplankton verder verhoogd wordt. Via een verlaging van de Chlorofyl-a : P (of Chlorofyl-a : N) ratio leidt dit weer tot een verdere verlaging van de Chlorofyl-a concentratie enzovoorts. Dit leidt tot een zelfversterkend effect van het helderder worden van stilstaande wateren (positieve feedbackloop).

Om effecten van hysteresis te kunnen kwantificeren moeten relaties afgeleid worden tussen het voorkomen van deze voor helder water karakteristieke groepen en de Chlorofyl-a : P en Chlorofyl-a : N ratio's. De beschikbaarheid van kwantitatieve gegevens omtrent abundantie of biomassa van waterplanten, mosselen en zoöplankton is echter beperkt voor brakke wateren, zeker wanneer ook onderscheid naar de verschillende meertypen volgens de KRW indeling gemaakt wordt. Het doorzicht zelf kan echter een belangrijke indicator zijn om onderscheid te maken tussen heldere wateren (ten gevolge van graas van algen en verminderde resuspensie) en troebele wateren zonder deze mechanismen. Op basis van een grenswaarde voor het doorzicht, kunnen Chlorofyl-a : P en Chlorofyl-a : N relaties voor beide categorieën afgeleid worden.

In Portielje (2005) is aangegeven dat bij een doorzicht groter dan 60 cm de verhoudingen van Chlorofyl-a tot totaal-P en totaal-N aanzienlijk lager zijn dan in jaren waarin het doorzicht kleiner is dan 60 cm. De vaststelling van deze grenswaarde voor het doorzicht is echter arbitrair, en de waarde kan ook verschillen per KRW-watertype. Het doorzicht is sterk afhankelijk van de hoeveelheid fytoplankton in het water, uitgedrukt als hoeveel Chlorofyl-a per liter. Waterschap Scheldestromen heeft doelstellingen afgeleid voor haar beheersgebied op basis van 80 µg Chlorofyl-a per liter (Scheldestromen, 2010; [Tabel 3](#)). Daarom zijn in de huidige rapportage drempelwaarden voor nutriënten afgeleid op basis van 60 µg Chlorofyl-a per liter (hoofdstuk 5) en 80 µg Chlorofyl-a per liter (zie [bijlage H](#)).

FIGUUR 2

Terugkoppelingsmechanismen waarbij een toename van de helderheid via top-down controle door biotische componenten leidt tot lagere Chlorofyl-a : P ratio's. Voor stikstof gelden vergelijkbare mechanismen. Andere (bottom-up) mechanismen kunnen echter ook een rol spelen, zoals verminderde resuspensie door aanwezigheid van waterplanten en lichtlimitatie (zie tekst).



▶▶ 3 DATA VERZAMELING

In november 2018 is een data-aanvraag uitgegaan naar diverse waterbeheerders. Hierbij zijn alle gegevens opgevraagd vanaf de jaren 80 in de vorige eeuw. De vraag betrof alle beschikbare data voor brakke wateren inclusief KRW-monitoring voor alle maatlatten zoals fysische chemie, vis, macrofyten, macrofauna, fytoplankton. De waterbeheerders die aangeschreven zijn, waren Wetterskip Fryslan (WSF), Waterschap Brabantse Delta (BD), Scheldestromen (WSS), Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), Waterschap Noorderzijlvest (WSZV) en WS Hollandse delta (HD). Randvoorwaarden hierbij was dat de aangeleverde data als Aquo standaard zouden worden aangeleverd (zie www.informatiehuishwater.nl).

Voor het berekenen van drempelwaarden zijn gegevens gebruikt van chloride, totaal-P, totaal-N, Secchi-diepte en Chlorofyl-a. De aangeleverde gegevens zijn vervolgens ingelezen in Matlab[®] en daarmee zijn gemiddelde zomerwaarden per jaar en per meetlocatie bepaald. Deze gecreëerde tabel, het zomerjaargemiddelde voor de periode 2011-2017, is gebruikt als invoer voor alle verdere statistische analyses. Met de term 'dataset' wordt in onderstaande tekst deze tabel bedoeld.

3.1 Drempelwaarden voor de specifieke zoutklassen

3.1.1 Beschikbare gegevens en dataverwerking

Een overzicht van ontvangen gegevens is te vinden in Bijlage A. Voor het onderzoeken van de relaties tussen Chlorofyl-a, nutriënten en chloridegehalte, zijn de fysisch-chemische gegevens gebruikt die ontvangen zijn van Wetterskip Friesland, WS Brabantse Delta, WSS Scheldestromen en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. De totale set met gegevens van alle waterbeheerders is gebruikt om de drempelwaarden voor nutriënten af te leiden. De dataset tussen 2011 en 2017 was het meest compleet en is daarom geselecteerd voor deze analyse.

Alle datarecords waarvan geen Chlorofyl-a gehalten bekend waren, zijn verwijderd uit de dataset omdat Chlorofyl-a is gebruikt bij het afleiden van de drempelwaarden. Daarnaast zijn alle variabelen gecontroleerd of de eenheid waarin de waarden gerapporteerd waren, klopten en zijn deze waar nodig aangepast. De beschikbare gegevens zijn ingelezen in Matlab[®] en daarmee zijn gemiddelde zomerwaarden per jaar en per meetlocatie bepaald. Om het zomerjaargemiddelde te bepalen zijn alle gegeven tussen de 4e en 10e maand voor de desbetreffende jaren geselecteerd. Ook vond verdere onderverdeling plaats naar het zoutgehalte op basis van het (zomergemiddelde) chloridegehalte. Het selecteren en filteren van de gegevens naar de verschillende zoutklassen resulteerde in een dataset van 1392 meetlocaties. Tabel 1 geeft het overzicht per chlorideklasse. Voor het afleiden van de drempelwaarden is alleen de data gebruikt waar de chlorideconcentraties minimaal hoger zijn dan 300 mg/l (de laatste 2 rijen). Vanuit de kennis dat het chloridegehalte ecologisch gezien de meest dominante factor is in brakke wateren, is hier gekozen om te werken met chlorideklassen.

TABEL 1

Overzicht van de beschikbare data voor de gehanteerde chlorideklassen en KRW-watertypen

Chloride concentratie (mg/l)	N metingen	Minimum chloride (mg/l)	Mediane chloride (mg/l)	Maximum chloride (mg/l)
<150	108	28	131	149
150-300	369	150	208	298
301-500	170	302	349	500
501-750	120	502	623	748
751-1000	93	755	850	1000
1001 -3000	241	1001	1650	3000
301-3000	622	302	796	2967
>3000	291	3013	6550	19667

¹ De laatste twee rijen (301 – 3000 en > 3000 mg Cl/l) betreffen resp. KRW-watertypen M30 en M31

3.2 Drempelwaarden per watertype

3.2.1 Beschikbare gegevens en dataverwerking

Bij de bepaling van de drempelwaarden voor nutriënten is ook rekening gehouden met de vorm van het waterlichaam (de morfometrie: lijn- of meervormig) en het KRW-watertype. Hiervoor is aanvullende informatie opgevraagd bij de waterbeheerders. De gegevens van de waterbeheerders Wetterskip Friesland (WSF), WS Hollandse Delta (WSHD), WS Scheldestromen (WSS), Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) en Waterschap Noorderzijlvest (WSNZV) zijn in deze vervolganalyse meegenomen. De gegevens van Waterschap Brabantse Delta konden in deze fase niet in de analyse gebruikt worden, maar zijn in alle verdere analyses meegenomen. Omdat dit slechts enkele brakke wateren betreft, heeft dit naar verwachting geen effect op de uitkomsten.

Voor deze dataset is wederom de periode tussen 2011 en 2017 geselecteerd en dit leverde uiteindelijk 2903 records op (zie Tabel 2). Overigens waren niet alle records geschikt omdat een deel ervan buiten de limiterende criteria van totaal-N < 6 mg/l of totaal-P < 0,5 mg/l gelegen was. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 3.3. Het werkelijke aantal gebruikte records voor N en P staat vermeld in de betreffende tabellen.

TABEL 2

Overzicht beschikbare data voor gestelde criteria vervolganalyse

Waterbeheerder	Lijnvormig			Vlakkvormig		Totaal
	M1b	M30	M31	M30	M31	
WSS	17	488	399	74	91	1069
WSF	16	61			17	94
WSHD	290	704	17	143	40	1194
HHNK	48	355	38	31	21	493
WSNZV		20		33		53
Totaal	371	1628	454	281	169	2903

3.3 Berekenen van drempelwaarden

Voor het berekenen van de drempelwaarden voor N en P (mg/l) is onderstaande vergelijking gebruikt:

$$\text{Drempelwaarde} = \frac{\text{GEP of GET}}{75 \text{ of } 90 \text{ percentiel}}$$

Waarin:

- GEP: goed ecologisch potentieel (Chlorofyl-a µg/l)
- GET: goede ecologische toestand (Chlorofyl-a µg/l)
- 75/90 percentiel: het percentiel waarin 25% respectievelijk 10% de overschrijdingskans van de ondergrens bedraagt (µg/mg)

►► 4 ONDERBOUWENDE BEREKENINGEN VOOR HET AFLEIDEN VAN DREMPELWAARDEN

De berekening van de drempelwaarden voor stikstof en fosfaat in brakke wateren bestaat uit een aantal stappen. In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens de volgende stappen aan bod:

1. De grootte van de inerte fractie voor stikstof (N);
2. Hysterese-effecten;
3. Limiterende range van N en P;
4. 95- en 75-percentiel waarden van de Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N'-ratio's, waarbij N' het gehalte N_{totaal} is verminderd met het gehalte van de inerte fractie bepaald onder (1).

4.1 Bepaling inerte fractie van N_{totaal}

De inerte fractie van stikstof is die fractie van het totale stikstof-gehalte die niet afbreekbaar is en daardoor niet beschikbaar is voor algengroei. In deze memo duiden we de potentieel beschikbare stikstoffractie aan met N', dit is dus de gemeten fractie N_{totaal} , verminderd met de geschatte grootte van de inerte fractie.

Op basis van de landelijke metingen van de Vierde Eutrofiëringsevenquête hebben Portielje en Van der Molen (1998) de grootte van de inerte stikstoffractie voor alle wateren (zowel zoet als brak) geschat op 0,67 mg N/l. Portielje (2005) heeft deze waarde van 0.67 mg N/l gebruikt ter correctie van de zomergemiddelde totaal-N concentratie. Deze waarde werd ook in deze studie vastgesteld voor monsterpunten uit alle brakke wateren tezamen (zie [figuur 1](#), rechts). Deze waarde kan echter verschillen tussen verschillende typen brakke wateren. Om deze reden is in deze studie de inerte fractie van N afzonderlijk bepaald voor M30, M31 en M1b wateren, als ook voor verschillende (meer gedetailleerde) zoutklassen (zie bijlagen B t/m E). In dit rapport duiden we de potentieel beschikbare stikstoffractie aan met N', dit is dus de gemeten fractie N_{totaal} , verminderd met de geschatte grootte van de inerte fractie. De bovengrens van de drempelwaarde voor stikstof is eerst berekend op basis van de relatie van Chlorofyl-a met de biologisch beschikbare fractie van stikstof (dat is N_{totaal} minus N_{inert}). Daarna is voor het afleiden van de uiteindelijke drempelwaarde hier de inerte fractie bij opgeteld.

De inerte fractie voor M30 en M31 wateren is bepaald op basis van [Figuur 3](#). Hieruit blijkt dat er in M30 wateren een duidelijke inerte fractie van stikstof is ([figuur 3](#), linksonder). Voor deze M30 wateren gaan Chlorofyl-a waarden van 0 µg/l gepaard met totaal-stikstof gehalten hoger dan 0.79 mg/l en met een gemiddelde hoger dan 0.67 mg/l. Daarom is voor M30 wateren een inerte fractie aangehouden van 0.67 mg/l. Voor M31 wateren komen Chlorofyl-a waarden van 0 µg/l overeen met totaal-N gehalten van circa 0.25 mg/l ([Figuur 3](#), rechtsonder). Tevens is op basis van de data voor het subtype M1b een inerte fractie afgeleid van 0,67 mg N/l. Op basis van deze afgeleide waarden voor de inerte fractie per type brak water, is de berekeningswijze gevolgd zoals uitgelegd in de vorige alinea.

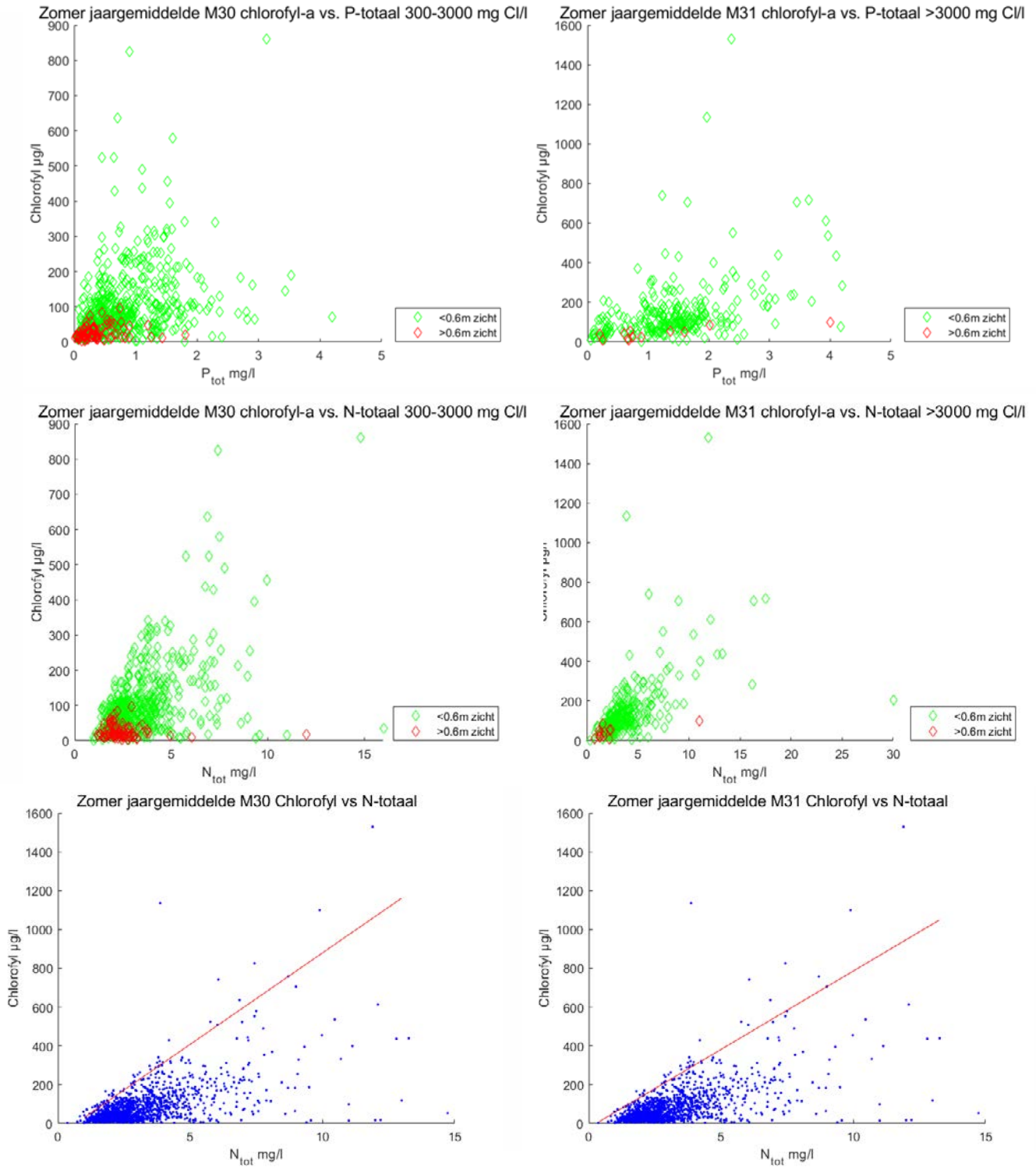
4.2 Bepaling van hysterese effecten

Zoals toegelicht in [paragraaf 1.2.4](#), kan graas door andere organismen (bijvoorbeeld mosselen) tot een aanzienlijke vermindering van de algenbiomassa leiden. Daarom kunnen - bij dezelfde nutriëntenconcentraties - in heldere systemen duidelijk lagere Chlorofyl-a waarden worden gemeten dan in troebele, algen gedomineerde systemen. Bijgevolg zullen ook de ratio's van Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N' verschillen tussen heldere en troebele wateren. Om deze reden is bij de analyses onderscheid gemaakt tussen heldere en troebele wateren. Conform de analyses van Portielje (2005), is hiervoor een grenswaarde van 0,60 meter in doorzicht gehanteerd.

Uit de resultaten komt naar voren dat er een duidelijk onderscheid is in Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N tussen heldere en troebele wateren ([Figuur 3](#)). Wateren met een doorzicht groter dan 0,60 meter hebben duidelijk andere Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N verhoudingen dan locaties met een lager doorzicht. Bij een hoger doorzicht zijn deze quotiënten lager en hebben een nauwere range.

FIGUUR 3

Relaties tussen zomergemiddelden van Chlorofyl-a en nutriënten P (boven) en N (midden) voor M30 (300 - 3000 mg Cl/l) en M31 wateren (> 3000 mg Cl/l). De onderste twee figuren geven de relatie weer tussen Chlorofyl-a en stikstof. In deze figuren geeft de rode lijn de 95 % maximale verhouding weer voor de wateren M30 en M31



Dit suggereert een hysterese effect in brakke wateren, wat betekent dat de respons van het ecosysteem bij eutrofiëring anders verloopt dan bij nutriëntenafname. Dit verschil tussen heldere en troebele systemen voor brak water is onverwacht. Vanuit de literatuur is namelijk bekend dat - bij een toenemend zoutgehalte - de samenstelling van de zoöplanktongemeenschap verschuift van watervlooien naar Copepoden en Raderdiertjes. Laatstgenoemde twee groepen zijn aanzienlijk minder efficiënte algengrazers dan watervlooien, waardoor top-down controle van algen door zoöplankton sterk vermindert is in wateren met een zoutgehalte hoger dan 300 - 700 mg Cl/l. Om deze reden is in de memo van Portielje (2005) voor brakke wateren geen onderscheid gemaakt tussen heldere en troebele systemen.

Om na te gaan of de top-down controle van algenbiomassa door watervlooien verschuift bij een toenemend zoutgehalte, zijn de Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N plots ook opgesteld voor verschillende zoutklassen (zie bijlage B t/m E). Hieruit kwam naar voren dat het onderscheid tussen heldere en troebele wateren bij alle zoutklassen optreedt. Uit deze resultaten kan de conclusie getrokken worden dat andere mechanismen (dan watervlooien-graas) mede verantwoordelijk zijn voor het verschil in Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N tussen heldere en troebele wateren. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld andere grazers of algengeeters dan de grote zoöplankton soorten (Daphnia), zoals Copepoda en Rotatoria en alsook mogelijk een sterke begrazing door garnalen. Andere 'bottom up' mechanismen zijn echter ook mogelijk, zoals een korte verblijftijd (waardoor algen geen kans krijgen om een hoge biomassa te bereiken) en een hoge bedekking aan waterplanten. Deze laatste kunnen de resuspensie van algen en zwevend stof voorkomen. Op dit ogenblik is onduidelijk welke mechanismen verantwoordelijk zijn voor de geconstateerde verschillen. Aanvullende data-analyses zijn hiervoor noodzakelijk, deze worden in 2020 in het 'voedselweb' onderdeel van het Kennisimpuls project "Brakke wateren" verder onderzocht.

4.3 Bepaling van de limiterende range van N en P

Bij de analyses is het van belang dat alleen die range van N en P wordt meegenomen waarbij deze nutriënten potentieel limiterend zijn (Portielje, 2005). Het is daarom van belang dat bij de afleiding van drempelwaarden zoveel mogelijk rekening wordt gehouden met het limiterende element voor algengroei. Omdat bij zeer hoge N of P concentraties de maximale Chlorofyl-a : N of Chlorofyl-a : P ratio's afnemen (het betreffende nutriënt zal niet meer limiterend zijn), zijn alleen die waarden meegenomen binnen de range van concentraties, waarbinnen deze afname (visueel beoordeeld) nog niet optreedt. Daarom is in de data-analyse gecorrigeerd voor N-limitatie (voor de afleiding van drempelwaarden voor P) en vice versa. Om deze reden zijn alleen data meegenomen, waar - bij toenemende nutriëntenconcentraties - nog geen afname van de ratio's optreedt. Over deze ranges zijn de frequentieverdelingen van de ratio's namelijk nog vrijwel onafhankelijk van de totaal-N of totaal-P concentraties. Deze aanpak is ook in Portielje (2005) gevolgd. Op basis van visuele inspectie van de data zijn alleen data meegenomen bij totaal-N < 6 mg/l of totaal-P < 0,5 mg/l.

Daarnaast kan een selectie worden uitgevoerd van wateren waarbij één van de nutriënten potentieel limiterend is. Dit door uit te gaan van de optimale verhouding tussen stikstof en fosfor. De optimale N:P ratio voor algengroei ligt op 7,24 mg/mg, de zogenaamde Redfield ratio. Bij N:P waarden onder deze waarde is stikstof veelal limiterend, bij hogere waarden is P potentieel de limiterende factor voor algengroei. Voor het maken van deze selectie zijn de N:P ratio's van de monsterpunten berekend. Op basis daarvan zijn voor de stikstof - Chlorofyl-a relaties alleen punten geselecteerd met N:P waardes lager dan 7,24, terwijl voor fosfaat - Chlorofyl-a alleen monsterpunten zijn meegenomen met waardes hoger dan 7,24. In Portielje (2005) is deze aanpak niet gevolgd. We hebben deze aanpak wel in dit rapport toegepast.

4.4 Bepaling van 95- en 75-percentiel waarden van Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N'-ratio's

Zoals aangegeven in paragraaf 2.2 en 2.3, zijn er verschillende oorzaken waarom Chlorofyl-a concentraties lager kunnen zijn dan de maximale concentratie bij een bepaalde nutriëntenconcentratie. Dit kan betekenen dat de algengroei niet wordt beperkt door het betreffende nutriënt, maar door een ander nutriënt, of door licht. Een andere mogelijkheid is dat de algenbiomassa permanent laag gehouden wordt door een hoge graasdruk van Copepoda en Rotatoria of andere filterfeeders of als gevolg van een korte verblijftijd van het water. In watersystemen met veel water aan- en afvoer, zoals brakke wettingen, is de verblijftijd in delen van het jaar waarschijnlijk beperkend voor algengroei. Bij geringe waterdieptes en beschutte condities (zoals in sloten) is ook bezinking mogelijk een beperkende factor. Wind en vis kunnen door turbulentie en bodemwoeling juist algen in suspensie houden, hoewel hierdoor ook troebelheid en lichtlimitatie kan ontstaan. De

beste (fysische) omstandigheden voor algengroei zijn te verwachten in grotere open wateren met een lange verblijftijd en een substantiële visstand. In de Zeeuwse slootssystemen hangt de verblijftijd direct samen met de neerslagsituatie en kan variëren van uren tot weken. Een onderscheid in sloten en meren zou vanuit dit gezichtspunt meer inzicht kunnen geven. Overigens is het ook van belang onderscheid te maken in algenbiomassa (met Chlorofyl-a als maat) en productie (de geproduceerde hoeveelheid algen per tijdseenheid). Vooral bij sterke graas door zoöplankton of mosselen kan de algenproductie hoog zijn, terwijl de biomassa (gemeten als Chlorofyl-a) laag is.

Vanwege de grote natuurlijke variatie bij de afleiding van drempelwaarden, is uitgegaan van een risicobenadering. Dit door van de frequentieverdelingen van Chlorofyl-a : nutriënten ratio's, met onderscheid naar heldere en troebele meren, de 75- en 90 percentielen te bepalen (zie figuur 4). In een dataset van waarnemingen waarin de Chlorofyl-a:N' of Chlorofyl-a:P ratio's zijn gesorteerd van laag naar hoog, is de 90-percentiel de waarde waar beneden 90% van alle waarnemingen (ratio Chlorophyl-a:N en Chlorophyl-a:P) liggen; met andere woorden: slechts 10% van de waarnemingen uit de dataset is groter dan deze 90-percentiel waarde. Op gelijke wijze is het 75-percentiel bepaald.

Op basis van de 90- en 75-percentiel waarden wordt uit een doelstelling voor Chlorofyl-a de bijhorende N- of P concentratie bepaald waarbij de kans dat de Chlorofyl-a doelstelling overschreden wordt respectievelijk 10 en 25% bedraagt. Als doelstelling is hierbij in dit rapport 60 µg Chlorofyl-a per liter gehanteerd, wat geldt als grens tussen matig en goede ecologische kwaliteit volgens de fytoplankton-maatlat voor brakke wateren (M30 en M31) uit van der Molen (2004; zie Tabel 3a). Deze grens tussen matig en goed is in een eerdere afleiding gelegd op 80 µg Chlorofyl-a per liter (Scheldestromen, 2010; Tabel 3b). In bijlage H zijn ook de drempelwaarden weergegeven die zijn afgeleid als een grens van 80 µg Chlorofyl-a per liter wordt gehanteerd. Voor M1b type wateren zijn dezelfde grenzen van 60 en 80 µg Chlorofyl-a per liter gehanteerd, ondanks dat voor dit type geen fytoplankton maatlat is afgeleid.

TABEL 3A

Klassegrenzen voor de zomergemiddelde Chlorofyl-a concentratie (µg/l) voor de verschillende typen meren (uit: Van der Molen, 2004).

	referentie	goed- zeer goed	matig-goed	ontoereikend- matig	slecht- ontoereikend
M30 & M31 zwak brakke wateren & kleine brakke tot zoute wateren	30	40	60	120	240

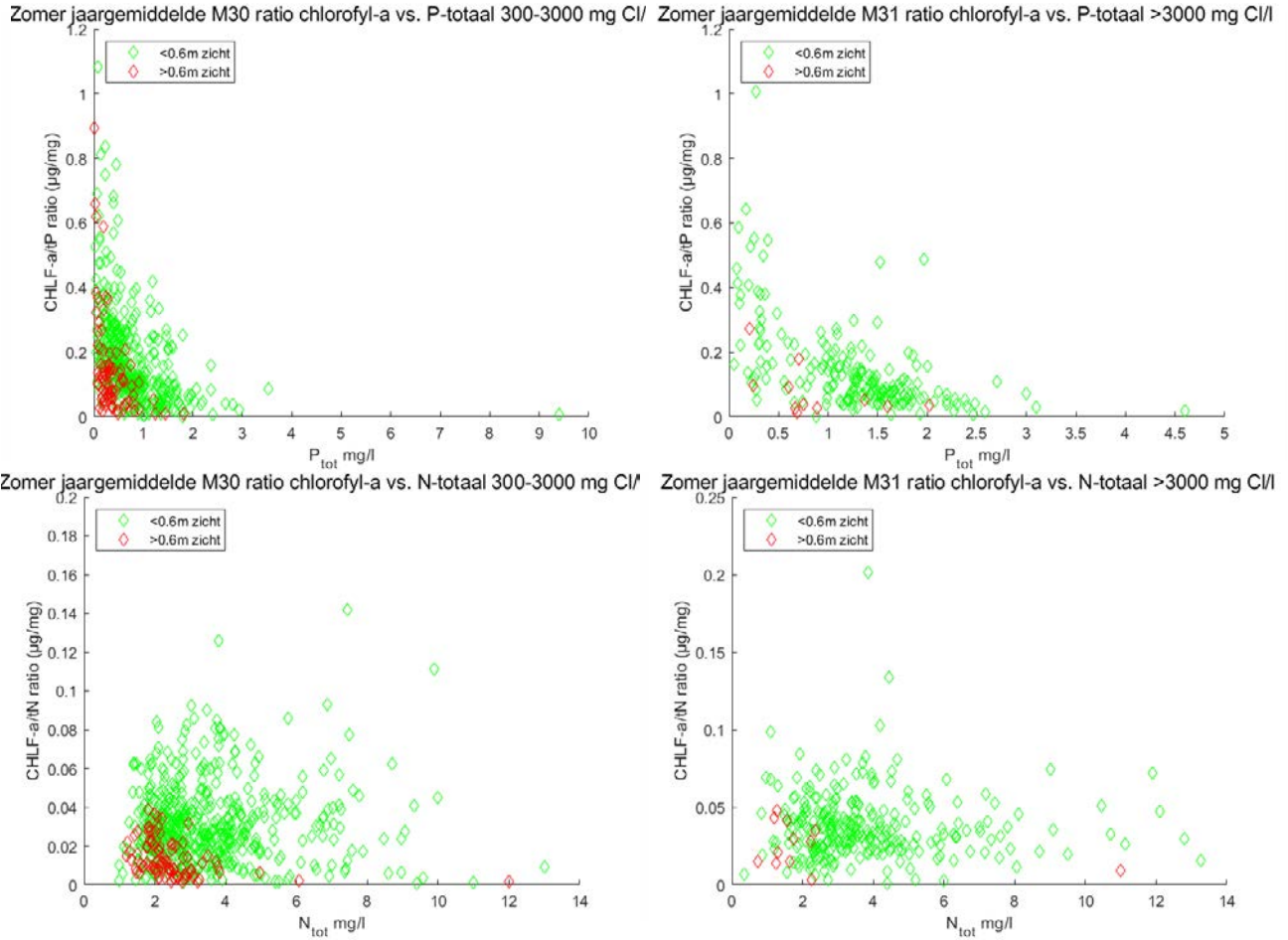
TABEL 3B

Deelmaatlat abundantie fytoplankton (Chlorofyl-a in µg/l) voor M30 en M31 (uit: Waterschap Scheldestromen, 2008).

	MEP	GEP	Matig	Ontoereikend	Slecht
M30 & M31 zwak brakke wateren & kleine brakke tot zoute wateren	60	60-80	80-160	160-320	> 320

FIGUUR 4

Relaties tussen de quotiënten Chlorofyl-a : P en Chlorofyl-a : N, en de nutriënten P (boven) en N (onder) voor M30 (300 - 3000 mg Cl/l) en M31 wateren (> 3000 mg Cl/l).



►► 5 AFGELEIDE DREMPELWAARDEN

5.1 Drempeelwaarden voor specifieke zoutklassen

In Tabel 4 t/m Tabel 7 zijn voor M30 en M31 wateren de zomergemiddelde fosfor- en stikstofconcentraties berekend waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van de Goede Ecologische Toestand (GET) respectievelijk 25 en 10 % bedraagt. Voor type M1b betreft dit de overschrijdingskans van het GEP.

In onderstaande tabellen worden de resultaten gepresenteerd voor M30 (300 - 3000 mg chloride/l) en M31 wateren (> 3000 mg/l), omdat deze resultaten wat betreft normstelling het meest relevant zijn voor waterschappen. In Bijlagen F en G zijn de resultaten weergegeven voor een meer gedetailleerde zoutklasse-indeling. In deze tabellen zijn de afgeleide drempelwaarden voor stikstof over het algemeen lager dan eerder afgeleide normen door Waterschap Scheldestromen (2008). Voor fosfaat hanteert Waterschap Scheldestromen een norm van 2,5 mg P/l. De hoge waarden voor fosfor in de wateren van Scheldestromen zijn grotendeels afkomstig van brakke kwel.

TABEL 4

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt. n geeft het waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg Chl-a/mg P)	n	Bovengrens GET totaal-P (mg/l)
300-3000	M30	60	303.4	189	0.20
>3000	M31	60	408.1	38	0.15

TABEL 5

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt. n geeft het aantal waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg Chl-a/mg P)	n	Bovengrens GET totaal-P (mg/l)
300-3000	M30	60	492.2	189	0.12
>3000	M31	60	550.6	38	0.11

TABEL 6

Zomergemiddelde totaal-N' concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt. n geeft het aantal waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg Chl-a/mg N)	n	Bovengrens GET totaal-N'(mg/l)
300-3000	M30	60	36.8	571	1.63
>3000	M31	60	46.8	239	1.28

TABEL 7

Zomergemiddelde totaal-N' concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt. n geeft het aantal waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg Chl-a/ mg N)	n	Bovengrens GET totaal-N'(mg/l)
300-3000	M30	60	56.3	571	1.07
>3000	M31	60	64.2	239	0.93

5.2 Drempelwaarden op basis van KRW-type en morfometrie

De morfometrie van een water kan van invloed zijn op de relatie tussen de nutriënten- en Chlorofyl-a-concentraties. In Tabel 8 t/m Tabel 11 zijn voor M30 en M31 wateren de zomergemiddelde fosfor- en stikstofconcentraties berekend waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET respectievelijk 25 en 10 % bedraagt. Voor type M1b betreft dit de overschrijdingskans van het GEP. Deze waardes zijn uitgesplitst naar lijnvormige wateren en meren (vlakvormig).

In onderstaande tabellen staan de resultaten voor de watertypen M1b, M30 (Lijn- en vlakvormig) en M31 wateren (lijn- en vlakvormig), omdat deze resultaten wat betreft normstelling het meest relevant zijn voor waterschappen. De afgeleide drempelwaarden voor stikstof in tabellen 10 en 11 zijn over het algemeen lager dan eerder afgeleide normen door Waterschap Scheldestromen (2008). Voor fosfaat heeft Waterschap Scheldestromen geen norm afgeleid, omdat fosfaat niet sturend zou zijn in brakke wateren.

TABEL 8

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de Chlorofyl-a ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc. (µg Chl-a/mg P)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b***	Lijn	60	182.1	25	0.33
M30		60	355.3	120	0.17
M30	Lijn	60	360.2	103	0.17
M30	Vlak	60	294.5	17	0.20
M31		60	231.8	10	0.26
M31	Lijn	60	212.9	8	0.28
M31	Vlak	60	406.3	2	0.15

*** Voor M1b geldt dat het niet GET maar GEP betreft

TABEL 9

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de Chlorofyl-a ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) ondergrens GET	90 perc. ($\mu\text{g Cl-a/mg P}$)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b***	Lijn	60	213.4	25	0.28
M30		60	538.0	120	0.11
M30	Lijn	60	541.6	103	0.11
M30	Vlak	60	440.8	17	0.14
M31		60	390.6	10	0.15
M31	Lijn	60	417.9	8	0.14
M31	Vlak	60	406.3	2	0.15

*** Voor M1b geldt dat het niet GET maar GEP betreft

TABEL 10

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) ondergrens GET	75 perc ($\mu\text{g/mg}$)	N° 75 perc ($\mu\text{g/mg}$)	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengrens GET (mg/l)*	Bovengrens GET (mg/l)**
M1b	Lijn	60	24.7	35.7	48	2.43	2.35
M30		60	35.9	57.7	216	1.67	1.83
M30	Lijn	60	36.0	58.0	190	1.67	1.82
M30	Vlak	60	32.7	56.8	26	1.84	1.85
M31		60	35.9	39.3	61	1.67	1.78
M31	Lijn	60	34.7	55.6	50	1.73	1.33
M31	Vlak	60	45.4	106.6	11	1.32	0.81

TABEL 11

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	N' 90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengrens GET (mg/l)*	Bovengrens GET (mg/l)**
M1b	Lijn	60	38.0	54.2	48	1.58	1.78
M30		60	53.8	82.7	216	1.12	1.52
M30	Lijn	60	53.3	83.0	190	1.13	1.51
M30	Vlak	60	54.6	81.4	26	1.10	1.53
M31		60	50.2	57.5	61	1.20	1.29
M31	Lijn	60	46.4	75.6	50	1.29	1.04
M31	Vlak	60	68.3	705.6	11	0.88	0.34

* berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van Chlorofyl-a/N-totaal

** Berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van Chlorofyl-a/(N-totaal - Ninert)+Ninert (M1b: inerte fractie N=0,67mg N/l; M30 inerte fractie N=0,79 mg N/l; M31 inerte fractie N=0,25 mg N/l).

5.3 Drempelwaarden rekening houdend met limiterende element voor algengroei

De limitatie van een nutriënt kan van invloed zijn op de afgeleide drempelwaarden. Daarom is bij deze methodiek de Redfield ratio toegepast en zijn de N: P ratio's van de monsterpunten berekend. Op basis daarvan zijn voor de stikstof - Chlorofyl-a relaties alleen punten geselecteerd met N: P waardes lager dan 7.24, terwijl voor fosfaat - Chlorofyl-a relaties alleen monsterpunten zijn meegenomen met waardes hoger dan 7.24.

Tabel 12

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt en waarbij P limiterend is (ratio van > 7.24 N:P).

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 109)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b	Lijn	60	201.1	13	0.30
M30		60	402.4	89	0.15
M30	Lijn	60	408.3	76	0.15
M30	Vlak	60	345.6	13	0.17
M31		60	339.2	7	0.18
M31	Lijn	60	406.3	1	0.15
M31	Vlak	60	231.8	6	0.26

TABEL 13

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt en waarbij P limiterend is (ratio van > 7.24 N:P).

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 109)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b	Lijn	60	303.8	13	0.20
M30		60	579.5	89	0.10
M30	Lijn	60	580.0	76	0.10
M30	Vlak	60	503.8	13	0.12
M31		60	400.0	7	0.15
M31	Lijn	60	406.3	1	0.15
M31	Vlak	60	360.7	6	0.17

TABEL 14

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt en waarbij N limiterend is (ratio van < 7.24 N:P).

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 201)	Bovengrens GET (mg/l)*
M1b	Lijn	60	25.5	34	2.36
M30		60	36.7	127	1.63
M30	Lijn	60	36.7	114	1.63
M30	Vlak	60	35.8	13	1.67
M31		60	39.8	53	1.51
M31	Lijn	60	38.6	43	1.56
M31	Vlak	60	45.9	10	1.31

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.

TABEL 15

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt en waarbij N limiterend is (ratio van < 7.24 N:P).

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 201)	Bovengrens GET (mg/l)*
M1b	Lijn	60	29.4	34	2.04
M30		60	55.1	127	1.09
M30	Lijn	60	55.3	114	1.08
M30	Vlak	60	49.4	13	1.21
M31		60	52.8	53	1.14
M31	Lijn	60	50.1	43	1.20
M31	Vlak	60	69.6	10	0.86

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.

5.4 Samenvatting afgeleide drempelwaarden

Tabel 16 presenteert een samenvatting van de drempelwaarden zoals die zijn afgeleid rekening houdend met KRW-type, morfometrie en limiterende element voor algengroei (zie voorgaande paragrafen 5.2 en 5.3).

TABEL 16

Samenvattende tabel met zomergemiddelde totaal N- en totaal P-concentraties waarbij de overschrijdingskans van de Chlorofyl-a ondergrens van het GET (voor M1b GEP) resp. 10 % en 25 % is. Ter vergelijking zijn ook de generieke norm voor oppervlaktewater (maximaal toelaatbaar risico uit de Nota Waterhuishouding 1998) als ook de drempelwaarden ("werknormen") die eerder door Portielje (2005) zijn afgeleid, opgenomen. Onderstaande drempelwaarden zijn gebaseerd op 60 µg/l Chlorofyl-a als grens voor GET en GEP. De drempelwaarden gebaseerd op 80 µg/l Chlorofyl-a zijn vermeld in Bijlage H. Achterliggende tabellen zijn opgenomen in Bijlage I.

	Overschrijdingskans 10 %				Overschrijdingskans 25 %			
	Totaal N	Totaal P	Totaal N	Totaal P	Totaal N	Totaal P	Totaal N	Totaal P
			<7.24 N:P	>7.24 N:P			<7.24 N:P	>7.24 N:P
M1b	1.78	0.28	2.04	0.20	2.35	0.33	2.36	0.30
M30	1.52	0.11	1.09	0.10	1.83	0.17	1.63	0.15
M30 _{lijn}	1.51	0.11	1.08	0.10	1.82	0.17	1.63	0.15
M30 _{vlak}	1.53	0.14	1.21	0.12	1.85	0.20	1.67	0.17
M31	1.29	0.15	1.14	0.15	1.78	0.26	1.51	0.18
M31 _{lijn}	1.04	0.14	1.20	0.15	1.33	0.28	1.56	0.15
M31 _{vlak}	0.34	0.15	0.86	0.17	0.81	0.15	1.31	0.26
M30 en M31 (Portielje, 2005)	1.76	0.113	1.76	0.113	1.97	0.160	1.97	0.160
Van der Molen et al., 2006	1,8	0,11	1,8	0,11	1.8	0.11	1.8	0.11
Norm _{oppw} (MTR 1998)	2.2	0.15	2.2	0.15	2.2	0.15	2.2	0.15

►► 6 DISCUSSIE

In dit rapport zijn nieuwe drempelwaarden afgeleid voor stikstof en fosfaat in brakke wateren, op basis van gegevens die de afgelopen jaren door waterschappen zijn verzameld. Hierbij is dezelfde methodiek aangehouden als in Portielje (2005). Vanwege gebrek aan gegevens zijn destijds in laatstgenoemde rapport brakke wateren als één groep (M30 en M31) behandeld. In het huidige rapport zijn afzonderlijke drempelwaarden voor M30, M31 en M1b wateren afgeleid. Ook is gekeken of vormgeving (morfometrie) van watergangen een rol speelt en zijn grenswaarden afgeleid met inachtneming van de limiterende range van de nutriënten stikstof of fosfaat. Deze laatste werkwijze is destijds niet door Portielje (2005) toegepast. Dit rapport laat een genuanceerd beeld zien als het gaat om de nieuw afgeleide drempelwaarden. In vergelijking met de voorgestelde drempelwaarden (“werknormen”) die eerder door Portielje (2005) zijn afgeleid (zie samenvatting in van der Molen, 2006), zijn de drempelwaarden voor brakke wateren berekend in dit rapport lager voor wat betreft stikstof, maar zijn deze gelijk of liggen deze hoger voor fosfaat (zie samenvattende Tabel 16). Als vergeleken wordt met de waarden voor het maximaal toelaatbaar risico uit de Nota Waterhuishouding (1998), zijn de afgeleide drempelwaarden lager als het gaat om stikstof en zijn deze vergelijkbaar of liggen deze hoger als het gaat om fosfaat.

Ook constateren we dat er op basis van de nieuwe analyse verschillen zijn tussen KRW-watertypen. De drempelwaarden voor het KRW-watertype M1b (zwak brakke sloten) liggen zowel voor fosfaat als voor stikstof hoger dan de drempelwaarden voor M30 en M31 wateren. Om deze reden zijn we nagegaan of opsplitsing van M30 en M31 wateren in lijn- en vlakvormige wateren tot verschillen in drempelwaarden voor nutriënten leidt. Dit was echter nauwelijks het geval. Daarom wordt geadviseerd om voor M30 en M31 geen onderscheid te maken in morfologie, maar wèl de zwak brakke sloten M1b apart te beschouwen van M30 en M31.

Op basis van de analyses die we uitgevoerd hebben, hebben we verschillende kennislacunes en verbetermogelijkheden geconstateerd. Deze worden in de onderstaande alinea besproken.

In dit rapport is een risicobenadering gehanteerd (conform Portielje, 2005), waarbij bepaald is bij welke percentiel-waarde van stikstof (N) en fosfaat (P) een bepaalde drempelwaarde van Chlorofyl-a wordt bereikt. In de literatuur wordt vaak gesuggereerd dat brakke wateren van nature troebeler zijn. Dit is echter niet gekwantificeerd, waardoor onduidelijk is welke Chlorofyl-a-waarde als onderscheid tussen matige en goede kwaliteit voor de KRW kan worden aangehouden. Daarom hebben we er voor gekozen om in dit rapport twee waarden aan te houden, namelijk 60 µg/l (conform Portielje, 2005, zie de resultaten in het hoofdrapport) en 80 µg/l (conform de aanpak gevolgd door Scheldestromen, 2010, zie Bijlage H) en deze beide te rapporteren. Het omhoog brengen van het Chlorofyl-a gehalte (van 60 naar 80 µg/l) bij de berekeningen heeft tot gevolg dat de normen minder streng worden. Als er nieuwe onderzoeksgegevens beschikbaar komen, kunnen deze grenswaarden beter worden onderbouwd.

Een ander punt betreft het wel of niet optreden van hysteresis. De Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N plots geven aan dat heldere wateren (doorzicht > 60 cm) inderdaad lage ratio's van Chlorofyl-a:P en Chlorofyl-a:N hebben. Dit patroon is zichtbaar over alle zoutklassen. Verschillende mechanismen kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn, zoals intensieve graas van algen door andere organismen dan Daphnia soorten (Copepoda, Rotatoria, schelpdieren, aasgarnalen). Het gaat dan hier om top-down mechanismen. Andere mechanismen dan graas van algen zijn echter ook mogelijk. Het gaat dan om bottom-up mechanismen. Voorbeelden daarvan zijn een korte verblijftijd van het water als gevolg van ligging van monsterpunten van waterschappen nabij gemalen, een sterke bezinking van algen of vermindering van resuspensie (i.e. bevordering van bezinking van kleine zwevende deeltjes) door waterplanten. Op dit ogenblik is het relatieve belang van deze genoemde mechanismen onbekend. Dit zal verder onderzocht worden in het 'voedselweb' onderdeel van het project.

De inerte fractie is in dit rapport apart bepaald voor de drie typen brakke wateren: voor M1b, M30 en M31. In een eerdere rapportage hebben Bijkerk en van Dam (2014) eenzelfde methode gehanteerd. Zij hebben voor zeventien afwateringsgebieden de grootte zelf geschat uit een plot van de gehalten van Chlorofyl-a tegen de simultaan gemeten gehalten van

N_{totaal} . De schatting is gebeurd op het oog en op iteratieve wijze, door te kijken bij welk inert gehalte, N^i , de resulterende 95-percentielen van de Chlorofyl-a: N^i -ratio het best pasten bij de puntenwolk. Zij komen uit op een inerte fractie variërend van 0,4 mg N/l tot 1,6 mg N/l (Bijkerk en Van Dam, 2014). In onze studie liggen de waarden voor de inerte fractie tussen 0.25 en 0.79, ietwat lager dus.

Aanbevelingen

Als slot willen we een aantal aanbevelingen doen ten aanzien van de analysemethodiek. Zoals uitgelegd hebben we hier de methodiek van Portielje (2005) gevolgd om de resultaten vergelijkbaar te houden.

In de data-analyse is er gecorrigeerd voor N-limitatie (voor de afleiding van grenswaarden voor P) en vice versa. In deze rapportage is dit gedaan op basis van een visuele inspectie. Deze methodiek is ook toegepast door Portielje (2005). Beter was geweest om dit te doen op basis van een verifieerbare statistische parameter. Aanbevolen wordt om een dergelijke statistische methodiek verder uit te werken.

In de huidige rapportage zijn de analyses beperkt tot het zomergemiddelde. Voor mariene systemen zijn goede resultaten behaald door de Chlorofyl-a-waarden en nutriëntenconcentraties over een periode van vijf jaar uit te middelen. Ook leverden deze analyses goede relaties op tussen Chlorofyl-a en gemiddelde winterconcentraties van DIN (opgelost anorganisch stikstof) en DIP (opgelost anorganisch fosfaat). Dergelijke analyses zouden ook voor brakke wateren uitgevoerd kunnen worden.

►► 7 CONCLUSIES AFGELEIDE DREMPELWAARDEN

Dit rapport leidt drempelwaarden voor nutriënten af voor verschillende typen brakke wateren, namelijk voor verschillende chlorideklassen, voor lijn- en vlakvormige brakke wateren en met inachtneming van de limiterende range van nutriënten voor algengroei.

Het onderscheiden van drempelwaarden bij chlorideklassen voor M30 (150-3000 mg Cl/l) en M31 (>3000 mg Cl/l) op basis van meer recentere data heeft als gevolg dat deze lager zijn voor stikstof maar nagenoeg gelijk of hoger voor fosfaat in vergelijking met de waterkwaliteitsnormen ($N_{\text{norm}} = 2.2 \text{ mg N/l}$, $P_{\text{norm}} = 0.15 \text{ mg P/l}$). Als we de drempelwaarden vergelijken met de voorgestelde drempelwaarden (“werknormen”) die eerder door Portielje (2005) zijn afgeleid (zie samenvatting in van der Molen, 2006), zijn de drempelwaarden voor brakke wateren berekend in dit rapport lager voor wat betreft stikstof, maar liggen deze gelijk aan of hoger voor P (zie samenvattende [Tabel 16](#)). Als vergeleken wordt met de waarden voor het maximaal toelaatbaar risico uit de Nota Waterhuishouding (1998), zijn de afgeleide drempelwaarden lager als het gaat om stikstof en zijn deze vergelijkbaar (bij overschrijdingskans 10 %) of hoger (bij overschrijdingskans 25%) als het gaat om fosfaat.

Opsplitsing van M30 en M31 wateren in lijn- en vlakvormige wateren geeft voor M30 nauwelijks differentiatie in de drempelwaarden voor nutriënten. Voor M31 is er een verschil (zie [Tabellen 10 en 11](#)), maar de waarden voor M31 zijn gebaseerd op een zeer klein aantal waarnemingen. Daarom wordt geadviseerd om voor M30 en M31 geen onderscheid te maken in morfologie.

Voor subtype M1b zien we dat de afgeleide drempelwaarden voor zowel N als P hoger liggen dan de waarden voor M30 en M31 wateren ([Tabel 16](#)). Er wordt dan ook geadviseerd om naast M30 (zwak brakke wateren) en M31 (brakke tot zoute wateren), type M1b (zwak brakke sloten) apart te onderscheiden.

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat alle berekenende drempelwaarden voor fosfaat het meest overeenkomen met de huidige generieke normen voor oppervlaktewater (maximaal toelaatbaar risico uit de Nota Waterhuishouding 1998) of hoger liggen, maar dat deze drempelwaarden variatie vertonen als het gaat om stikstof.

▶▶ 8 DANKWOORD

Wij danken alle betrokken waterbeheerders voor het aanleveren van de gevraagde gegevens. Wij danken de Gebruikerscommissie van het Kennisimpuls brak water project voor de vruchtbare discussies en waardevolle bijdragen. Wij danken drs.ing. Peter Schipper voor zijn waardevolle opmerkingen in de interne review van dit rapport.

▶▶ 9 REFERENTIES

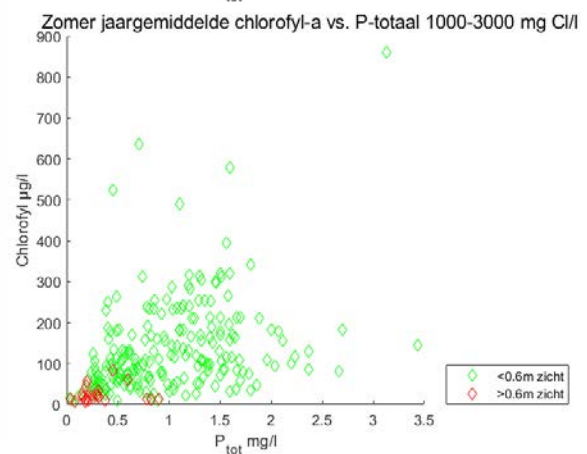
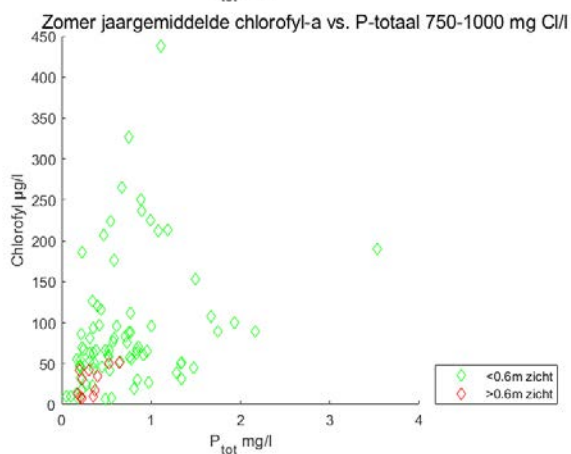
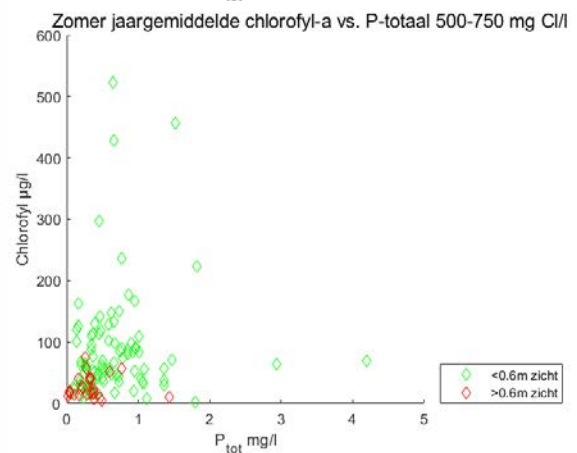
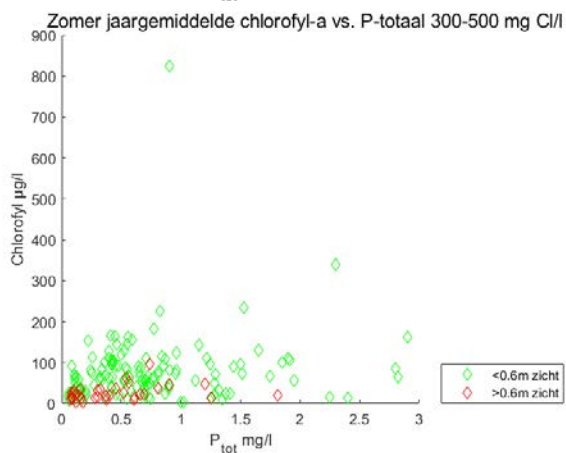
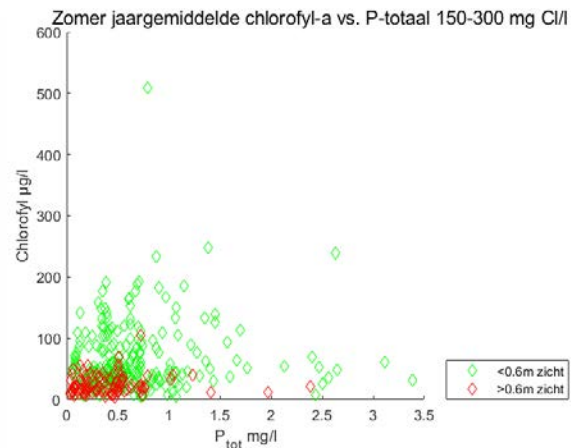
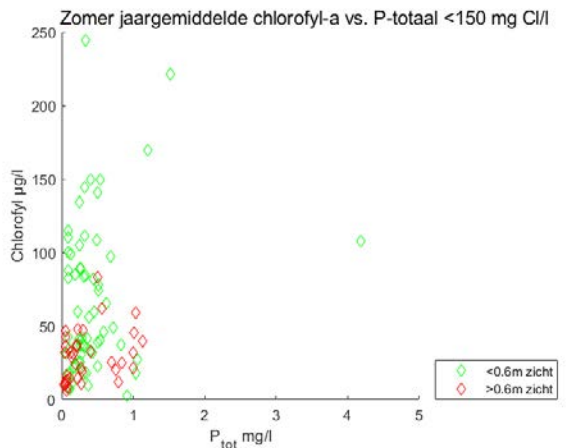
- Bijkerk R & van Dam H (2014) Doelen op maat. 1. Exploratieve analyse van lichtklimaat en nutriëntenbeschikbaarheid. KenB rapport 2014-059. Koeman en Bijkerk bv, Haren. In opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. 57 pp.
- CUWVO (1987). Vergelijkend onderzoek naar de eutrofiëring in Nederlandse meren en plassen. CUWVO, Den Haag.
- Elbersen, J.W.H., P.F.M. Verdonschot, B. Roels & J.G. Hartholt (2003). Definitiestudie KaderRichtlijn Water (KRW); I. Typologie Nederlandse Oppervlaktewateren. Alterra rapport 669, 70 pp.
- Irvine, K., B. Moss, M. Bales, and D. Snook, 1993. The changing ecosystem of a shallow, brackish lake, Hickling Broad, Norfolk, U.K. I. Trophic relationships with special reference to the role of *Neomysis integer*. *Freshwater Biology* (1993) 29, 119-139
- Janse, J.H. (2005). Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Proefschrift Wageningen UR.
- Jeppesen, E., M. Søndergaard, A. Roer Pedersen, K. Jürgens, A. Strzelczak, T. L. Lauridsen, and L. S. Johansson, 2007. Salinity Induced Regime Shift in Shallow Brackish Lagoons. *Ecosystems* (2007) 10: 47-57. DOI: 10.1007/s10021-006-9007-6.
- Jeppesen E., Søndergaard M., Jensen J.P., Kanstrup E., Petersen B., 1998. Macrophytes and Turbidity in Brackish Lakes with Special Emphasis on the Role of Top-Down Control. In: Jeppesen E., Søndergaard M., Søndergaard M., Christoffersen K. (eds) *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol 131. Springer, New York, NY
- Molen, D. van der, P. Boers & N. Evers, 2006. KRW-normen voor algemene fysisch-chemische kwaliteitselementen in natuurlijke wateren. *H2O* 25/26: 31 - 33.
- Portielje, R. & D.T. Van der Molen (1998). Relaties tussen eutrofiëeringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen. RIZA rapport 98.007.
- Portielje, R., 2005. Stuurbaarheid ecologische doelvariabelen KRW - abundantie fytoplankton in meren. RIZA Werkdocument 2005.081x. 19 pp.
- Scheffer, M. (1998) *The ecology of shallow lakes*. Chapman and Hall.
- Van den Berg, M.S. red. (2004). Achtergrondrapportage referenties en maatlatten fytoplankton - rapportage van de expertgroep fytoplankton.
- Van der Molen, D.T. red. (2004). Referenties en concept-maatlatten voor meren voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA rapport 2004-42. ISBN 90.5773.275.0
- Waterschap Scheldestromen, 2008. Ecologische doelstellingen voor kunstmatige en sterk veranderde licht brakke en brakke wateren (KRW-watertype M30 en M31) Deelstroomgebied Schelde. Notitie hoort bij de MEP/GEP-afleidingen van de waterlichamen van de waterschappen Zeeuwse Eilanden en Zeeuws-Vlaanderen. 15 pp.
- Sommer, U. and F. Sommer, 2006. Cladocerans versus copepods: the cause of contrasting top-down controls on freshwater and marine phytoplankton. *Oecologia* 147: 183-194.

▶▶ 10 BIJLAGEN

A	Overzicht van ontvangen gegevens per waterbeheerder en per groep van organismen	33
B	Zomerjaargemiddelde concentraties van Chlorofyl-a in relatie tot fosfaat voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m.	34
C	Zomerjaargemiddelde concentraties van Chlorofyl-a in relatie tot stikstof voor verschillende chloride-klassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m	35
D	Zomerjaargemiddelde ratio van Chlorofyl-a:P in relatie tot fosfaat voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m.	36
E	Zomerjaargemiddelde ratio van Chlorofyl-a:N in relatie tot stikstof voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m.	37
F	Zomerjaargemiddelde totaal-P voor specifieke zoutklassen en doorzicht	38
G	Zomerjaargemiddelde totaal-N voor specifieke zoutklassen en doorzicht	39
H	Drempelwaarden voor nutriënten met ondergrens GET van 80 µg Chlorofyl-a/l (voor M1b betreft dit de ondergrens van het GEP).	40
I	Samenvattende tabel drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren	43

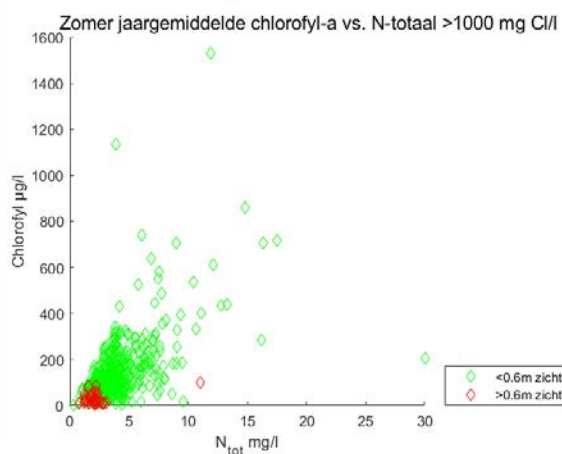
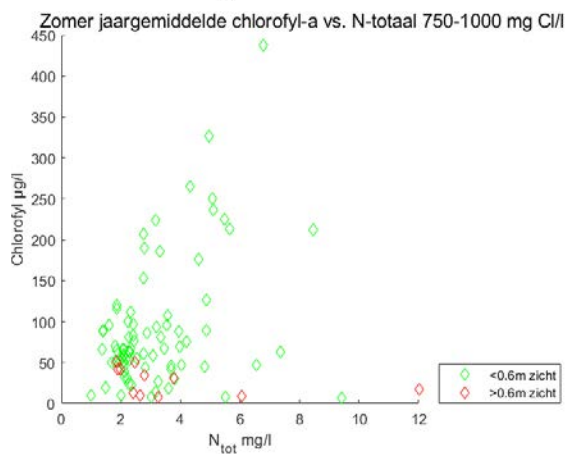
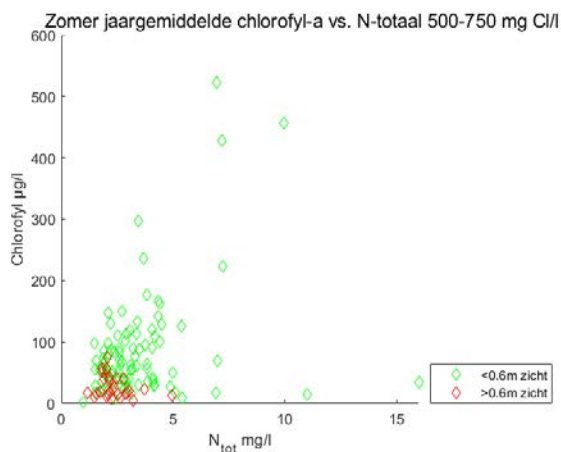
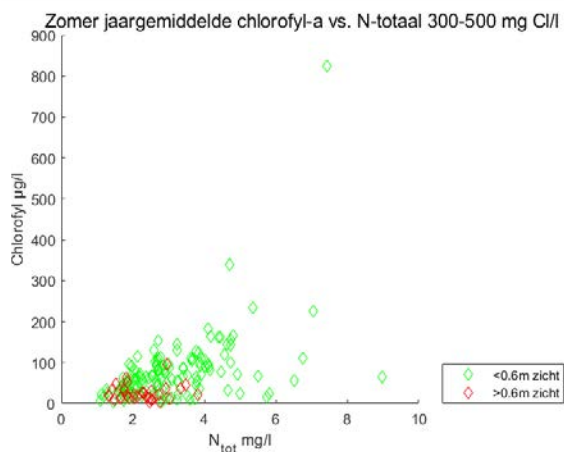
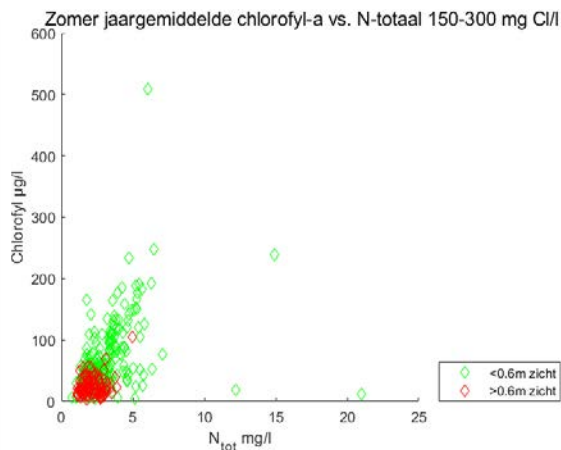
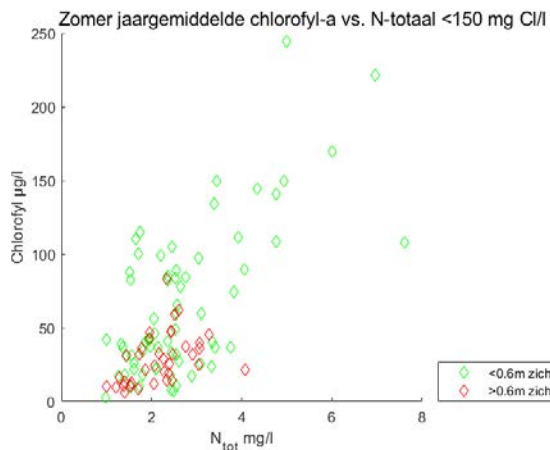
►► BIJLAGE B

Zomerjaargemiddelde concentraties van Chlorofyl-a in relatie tot fosfaat voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m



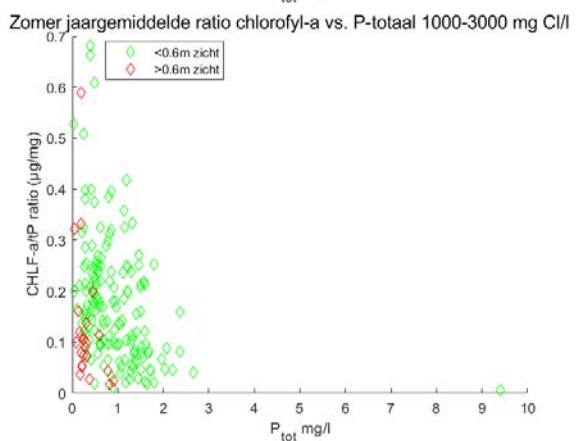
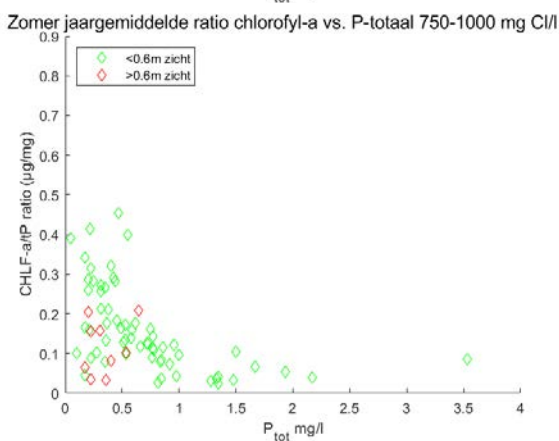
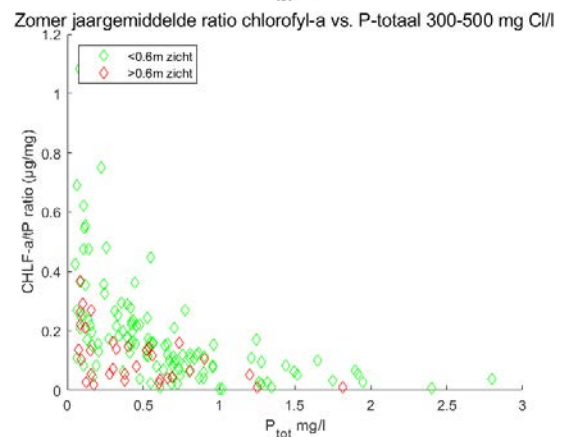
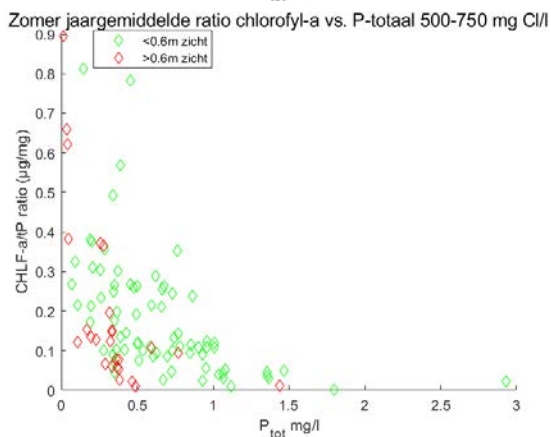
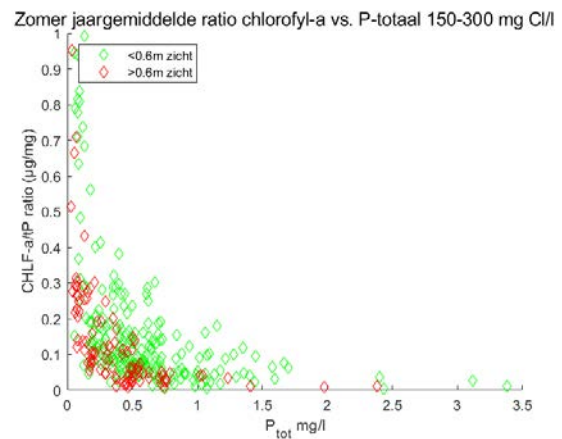
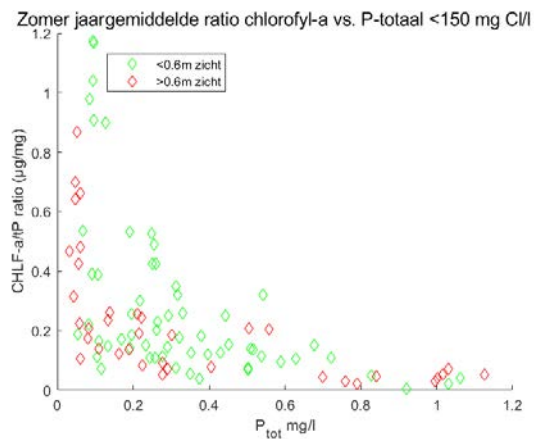
►► BIJLAGE C

Zomerjaargemiddelde concentraties van Chlorofyl-a in relatie tot stikstof voor verschillende chloride-klassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m



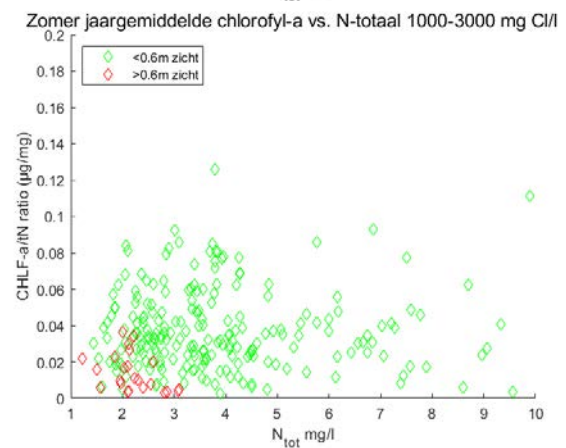
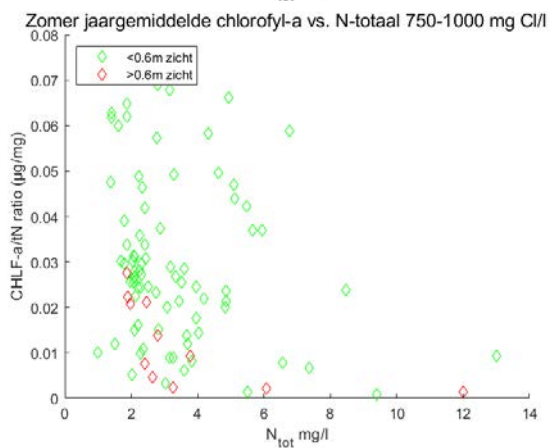
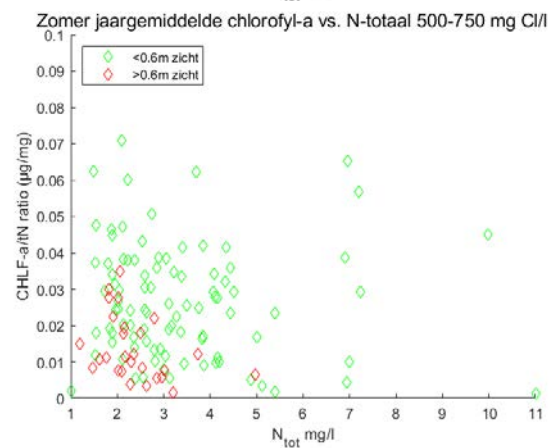
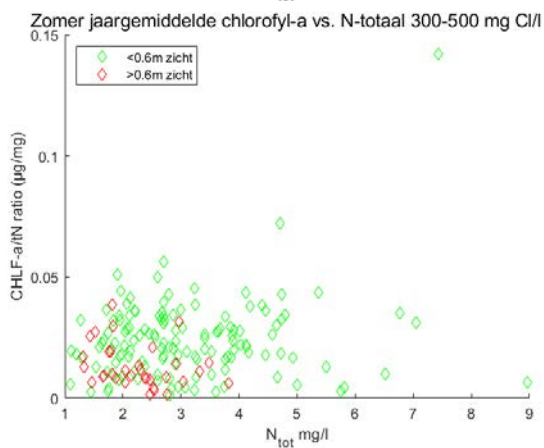
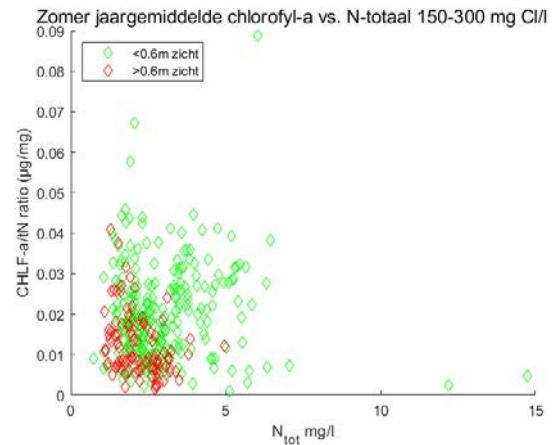
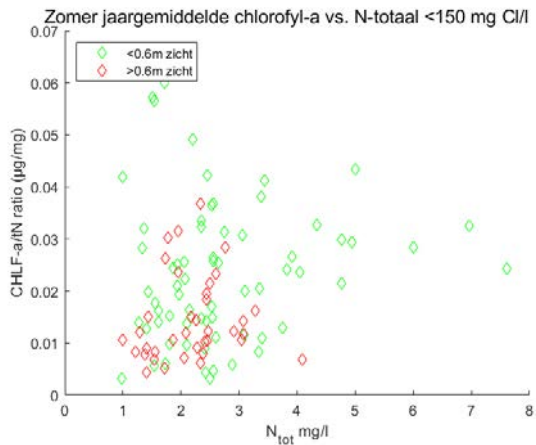
►► BIJLAGE D

Zomerjaargemiddelde ratio van Chlorofyl-a:P in relatie tot fosfaat voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m



►► BIJLAGE E

Zomerjaargemiddelde ratio van Chlorofyl-a:N in relatie tot stikstof voor verschillende chlorideklassen en uitgesplitst naar een doorzicht van <0.6m en >0.6m



►► BIJLAGE F

Zomerjaargemiddelde totaal-P voor specifieke zoutklassen en doorzicht

BIJLAGE 6

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt. n geeft het aantal waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	75 perc	n	Bovengrens GET (mg/l)
<150		60	<0.6 m	425.5	54	0.14
			>0.6 m	426.3	22	0.14
150-300		60	<0.6 m	287.2	137	0.21
			>0.6 m	247.6	64	0.24
300-500		60	<0.6 m	348.1	59	0.17
			>0.6 m	232.7	17	0.26
500-750		60	<0.6 m	320.8	43	0.19
			>0.6 m	322.6	23	0.19
750-1000		60	<0.6 m	303	36	0.20
			>0.6 m	81.7	6	0.73
1000-3000		60	<0.6 m	323.1	51	0.19
			>0.6 m	155.3	19	0.39
>3000	M31	60		408.13	38	0.15
300-3000	M30	60		303.38	254	0.20

BIJLAGE 7

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt. n geeft het aantal waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	90 perc (µg/mg)	n	Bovengrens GET (mg/l)
<150		60	<0.6 m	901.4	54	0.07
			>0.6 m	659.9	22	0.09
150-300		60	<0.6 m	547.4	137	0.11
			>0.6 m	306.5	64	0.20
300-500		60	<0.6 m	520.9	59	0.12
			>0.6 m	286.5	17	0.21
500-750		60	<0.6 m	757.5	43	0.08
			>0.6 m	628.7	23	0.10
750-1000		60	<0.6 m	386.5	36	0.16
			>0.6 m	148.6	6	0.40
1000-3000		60	<0.6 m	534.4	51	0.11
			>0.6 m	327.9	19	0.18
>3000		60		550.6	38	0.11
300-3000		60		492.2	254	0.12

►► BIJLAGE G

Zomerjaargemiddelde totaal-N voor specifieke zoutklassen en doorzicht

BIJLAGE 8

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt. n geeft het aantal waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	75 perc (µg/mg)	n	Bovengrens GET (mg/l)
<150		60	<0.6 m	31.11	72	1.93
			>0.6 m	19.46	30	3.08
150-300		60	<0.6 m	26.86	266	2.23
			>0.6 m	15.42	92	3.89
300-500		60	<0.6 m	32.12	135	1.87
			>0.6 m	19.30	29	3.11
500-750		60	<0.6 m	35.96	86	1.67
			>0.6 m	19.48	26	3.08
750-1000		60	<0.6 m	41.94	78	1.43
			>0.6 m	13.83	6	4.34
1000-3000		60	<0.6 m	50.01	188	1.20
			>0.6 m	21.38	23	2.81
>3000	M31	60		46.76	239	1.28
300-3000	M30	60		36.82	571	1.63

BIJLAGE 9

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt. n geeft het aantal waarnemingen aan.

Chloride groep (mg/l)	KRW-type	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	90 perc (µg/mg)	n	Bovengrens GET (mg/l)
<150		60	<0.6 m	42.65	72	1.41
			>0.6 m	29.33	30	2.05
150-300		60	<0.6 m	33.71	266	1.78
			>0.6 m	21.56	92	2.78
300-500		60	<0.6 m	38.80	135	1.55
			>0.6 m	28.93	29	2.07
500-750		60	<0.6 m	46.32	86	1.30
			>0.6 m	27.56	26	2.18
750-1000		60	<0.6 m	61.32	78	0.98
			>0.6 m	20.40	6	2.94
1000-3000		60	<0.6 m	70.88	188	0.85
			>0.6 m	30.67	23	1.96
>3000	M31	60		64.16	239	0.94
300-3000	M30	60		56.25	571	1.1

►► BIJLAGE H

Drempelwaarden voor nutriënten met ondergrens GET van 80 µg Chlorofyl-a/l (voor M1b betreft dit de ondergrens van het GEP)

TABEL H1

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b***	Lijn	80	182.1	25	0.44
M30		80	355.3	120	0.23
M30	Lijn	80	360.2	103	0.22
M30	Vlak	80	294.5	17	0.27
M31		80	231.8	10	0.35
M31	Lijn	80	212.9	8	0.38
M31	Vlak	80	406.3	2	0.20

TABEL H2

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b***	Lijn	80	213.4	25	0.37
M30		80	538.0	120	0.15
M30	Lijn	80	541.6	103	0.15
M30	Vlak	80	440.8	17	0.18
M31		80	390.6	10	0.20
M31	Lijn	80	417.9	8	0.19
M31	Vlak	80	406.3	2	0.20

TABEL H3

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg/mg)	N' 75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengrens GET (mg/l)*	Bovengrens GET (mg/l)**
M1b	Lijn	80	24.7	35.7	48	2.91	3.24
M30		80	35.9	57.7	216	2.18	2.23
M30	Lijn	80	36.0	58.0	190	2.17	2.22
M30	Vlak	80	32.7	56.8	26	2.20	2.45
M31		80	35.9	39.3	61	2.29	2.23
M31	Lijn	80	34.7	55.6	50	1.69	2.30
M31	Vlak	80	45.4	106.6	11	1.00	1.76

** Berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen (M1b: inerte fractie N=0,67mg N/l; M30 inerte fractie N=0,79 mg N/l).

*** Voor M1b geldt dat alleen het GEP van toepassing is

TABEL H4

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	N' 90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengrens GET (mg/l)*	Bovengrens GET (mg/l)**
M1b	Lijn	80	38.0	54.2	48	2.10	2.15
M30		80	53.8	82.7	216	1.49	1.76
M30	Lijn	80	53.3	83.0	190	1.50	1.75
M30	Vlak	80	54.6	81.4	26	1.47	1.77
M31		80	50.2	57.5	61	1.59	1.64
M31	Lijn	80	46.4	75.6	50	1.72	1.31
M31	Vlak	80	68.3	705.6	11	1.17	0.36

** Berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen (M1b: inerte fractie N=0,67mg N/l; M30 inerte fractie N=0,79 mg N/l).

*** Voor M1b geldt dat alleen het GEP van toepassing is

Tabel H5

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt en waarbij de NP ratio > 7.24.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 205)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b	Lijn	80		201.1	13	0.40
M30		80		402.4	89	0.20
M30	Lijn	80		408.3	76	0.20
M30	Vlak	80		345.6	13	0.23
M31		80		339.2	7	0.24
M31	Lijn	80		406.3	1	0.20
M31	Vlak	80		231.8	6	0.35

TABEL H6

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt en waarbij de NP ratio > 7.24.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 205)	Bovengrens GET (mg/l)
M1b	Lijn	80		303.8	13	0.26
M30		80		579.5	89	0.14
M30	Lijn	80		580.0	76	0.14
M30	Vlak	80		503.8	13	0.16
M31		80		400.0	7	0.20
M31	Lijn	80		406.3	1	0.20
M31	Vlak	80		360.7	6	0.22

TABEL H7

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 25% bedraagt en waarbij de NP ratio < 7.24

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 201)	Bovengrens GET (mg/l)*
M1b	Lijn	80	25.5	34	2.36
M30		80	36.7	127	1.63
M30	Lijn	80	36.7	114	1.63
M30	Vlak	80	35.8	13	1.67
M31		80	39.8	53	1.51
M31	Lijn	80	38.6	43	1.56
M31	Vlak	80	45.9	10	1.31

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.

TABEL H8

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor Chlorofyl-a 10% bedraagt en en waarbij de NP ratio < 7.24.

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 201)	Bovengrens GET (mg/l)*
M1b	Lijn	80	29.4	34	2.72
M30		80	55.1	127	1.45
M30	Lijn	80	55.3	114	1.45
M30	Vlak	80	49.4	13	1.62
M31		80	52.8	53	1.52
M31	Lijn	80	50.1	43	1.60
M31	Vlak	80	69.6	10	1.15

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.

BIJLAGE I

Samenvattende tabel drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren

Bereken de bovengrens met verdiscontering van de inertestikstof fractie

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt.						
KRW-typetype	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	N 75 perc (µg/mg) a	N' 75 perc (µg/mg)^^	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengren s GET (mg/l)**
M1b	Lijn	60	24,7	35,7	48	2,43
M30		60	35,9	57,7	216	1,67
M30	Lijn	60	36,0	58,0	190	1,67
M30	Vlak	60	32,7	56,8	26	1,84
M31		60	35,9	39,3	61	1,67
M31	Lijn	60	34,7	55,6	50	1,73
M31	Vlak	60	45,4	106,6	11	1,32

* berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van CHLFA/(N-totaal - Ninert)+Ninert (M1b: inerte fractie N=0,67 mg N/l; M30 inerte fractie N=0,79 mg N/l; M31 inerte fractie N=0,25 mg N/l).

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt.						
KRW-typetype	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengren s GET (mg/l)
M1b	Lijn	60		182,1	25	0,33
M30		60		355,3	120	0,17
M30	Lijn	60		360,2	103	0,17
M30	Vlak	60		294,5	17	0,20
M31		60		231,8	10	0,26
M31	Lijn	60		212,9	8	0,28
M31	Vlak	60		406,3	2	0,15

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt.

KRW-typetype	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	N 90 perc (µg/mg)^\	N' 90 perc (µg/mg)^^	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengren s GET (mg/l)*	Bovengren s GET (mg/l)**
M1b	Lijn	60	38,0	54,2	48	1,58	1,78
M30		60	53,8	82,7	216	1,12	1,52
M30	Lijn	60	53,3	83,0	190	1,13	1,51
M30	Vlak	60	54,6	81,4	26	1,10	1,53
M31		60	50,2	57,5	61	1,20	1,29
M31	Lijn	60	46,4	75,6	50	1,29	1,04
M31	Vlak	60	68,3	705,6	11	0,88	0,34

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt.

KRW-typetype	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengren s GET (mg/l)
M1b	Lijn	60		213,4	25	0,28
M30		60		538,0	120	0,11
M30	Lijn	60		541,6	103	0,11
M30	Vlak	60		440,8	17	0,14
M31		60		390,6	10	0,15
M31	Lijn	60		417,9	8	0,14
M31	Vlak	60		406,3	2	0,15

* berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van CHLFA/(N-totaal - Ninert)+Ninert (M1b: inerte fractie N=0,67 mg N/l; M30 inerte fractie N=0,79 mg N/l; M31 inerte fractie N=0,25 mg N/l).

berekend met ratio < 7.24 N:P en N is limiterend

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt en waarbij N limiterend is (ratio van < 7.24 N:P)					
KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 214)	Bovengren s GET (mg/l)*
M1b	Lijn	60	25,5	34	2,36
M30		60	36,7	127	1,63
M30	Lijn	60	36,7	114	1,63
M30	Vlak	60	35,8	13	1,67
M31		60	39,8	53	1,51
M31	Lijn	60	38,6	43	1,56
M31	Vlak	60	45,9	10	1,31

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.

berekend met ratio van > 7.24 N:P en P is limiterend

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt en waarbij P limiterend is (ratio van > 7.24 N:P)						
KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 109)	Bovengren s GET (mg/l)
M1b	Lijn	60		201,1	13	0,30
M30		60		402,4	89	0,15
M30	Lijn	60		408,3	76	0,15
M30	Vlak	60		345,6	13	0,17
M31		60		339,2	7	0,18
M31	Lijn	60		406,3	1	0,15
M31	Vlak	60		231,8	6	0,26

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt en waarbij N limiterend is (ratio van < 7.24 N:P)

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 214)	Bovengren s GET (mg/l)*
M1b	Lijn	60	29,4	34	2,04
M30		60	55,1	127	1,09
M30	Lijn	60	55,3	114	1,08
M30	Vlak	60	49,4	13	1,21
M31		60	52,8	53	1,14
M31	Lijn	60	50,1	43	1,20
M31	Vlak	60	69,6	10	0,86

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.

Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt en waarbij P limiterend is (ratio van > 7.24 N:P)

KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 109)	Bovengren s GET (mg/l)
M1b	Lijn	60		303,8	13	0,20
M30		60		579,5	89	0,10
M30	Lijn	60		580,0	76	0,10
M30	Vlak	60		503,8	13	0,12
M31		60		400,0	7	0,15
M31	Lijn	60		406,3	1	0,15
M31	Vlak	60		360,7	6	0,17

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt.							Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt.							
KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	N 75 perc (µg/mg) ^	N' 75 perc (µg/mg) ^^^	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengren s GET (mg/l)*	Bovengren s GET (mg/l)**	KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengren s GET (mg/l)
M1b	Lijn	80	24,7	35,7	48	2,91	3,24	M1b	Lijn	80		182,1	25	0,44
M30		80	35,9	57,7	216	2,18	2,23	M30		80		355,3	120	0,23
M30	Lijn	80	36,0	58,0	190	2,17	2,22	M30	Lijn	80		360,2	103	0,22
M30	Vlak	80	32,7	56,8	26	2,20	2,45	M30	Vlak	80		294,5	17	0,27
M31		80	35,9	39,3	61	2,29	2,23	M31		80		231,8	10	0,35
M31	Lijn	80	34,7	55,6	50	1,69	2,30	M31	Lijn	80		212,9	8	0,38
M31	Vlak	80	45,4	106,6	11	1,00	1,76	M31	Vlak	80		406,3	2	0,20

* berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van CHLFA/N-totaal

** Berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van CHLFA/(N-totaal - Ninert)+Ninert (M1b: inerte fractie N=0,67 mg N/l; M30 inerte fractie N=0,79 mg N/l; M31 inerte fractie N=0,25 mg N/l).

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt.							Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt.							
KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	N 90 perc (µg/mg) ^	N' 90 perc (µg/mg) ^^^	Aantal datapunten (totaal 325)	Bovengren s GET (mg/l)*	Bovengren s GET (mg/l)**	KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 155)	Bovengren s GET (mg/l)
M1b	Lijn	80	38,0	54,2	48	2,10	2,15	M1b	Lijn	80		213,4	25	0,37
M30		80	53,8	82,7	216	1,49	1,76	M30		80		538,0	120	0,15
M30	Lijn	80	53,3	83,0	190	1,50	1,75	M30	Lijn	80		541,6	103	0,15
M30	Vlak	80	54,6	81,4	26	1,47	1,77	M30	Vlak	80		440,8	17	0,18
M31		80	50,2	57,5	61	1,59	1,64	M31		80		390,6	10	0,20
M31	Lijn	80	46,4	75,6	50	1,72	1,31	M31	Lijn	80		417,9	8	0,19
M31	Vlak	80	68,3	705,6	11	1,17	0,36	M31	Vlak	80		406,3	2	0,20

* berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van CHLFA/N-totaal

** Berekende bovengrens voor beschikbare nutriënten op basis van CHLFA/(N-totaal - Ninert)+Ninert (M1b: inerte fractie N=0,67 mg N/l; M30 inerte fractie N=0,79 mg N/l; M31 inerte fractie N=0,25 mg N/l).

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt en waarbij N limiterend is (ratio van < 7.24 N:P)							Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 25% bedraagt en waarbij P limiterend is (ratio van > 7.24 N:P)							
KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 214)	Bovengren s GET (mg/l)*		KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	75 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 109)	Bovengren s GET (mg/l)	
M1b	Lijn	80	25,5	34	2,36		M1b	Lijn	80		201,1	13	0,40	
M30		80	36,7	127	1,63		M30		80		402,4	89	0,20	
M30	Lijn	80	36,7	114	1,63		M30	Lijn	80		408,3	76	0,20	
M30	Vlak	80	35,8	13	1,67		M30	Vlak	80		345,6	13	0,23	
M31		80	39,8	53	1,51		M31		80		339,2	7	0,24	
M31	Lijn	80	38,6	43	1,56		M31	Lijn	80		406,3	1	0,20	
M31	Vlak	80	45,9	10	1,31		M31	Vlak	80		231,8	6	0,35	

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.

Zomergemiddelde totaal-N concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt en waarbij N limiterend is (ratio van < 7.24 N:P)							Zomergemiddelde totaal-P concentratie waarbij de overschrijdingskans van de ondergrens van het GET voor chlorofyl 10% bedraagt en waarbij P limiterend is (ratio van > 7.24 N:P)							
KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 214)	Bovengren s GET (mg/l)*		KRW-type	Morfologie	Chlorofyl-a (µg/l) ondergrens GET	doorzicht	90 perc (µg/mg)	Aantal datapunten (totaal 109)	Bovengren s GET (mg/l)	
M1b	Lijn	80	29,4	34	2,72		M1b	Lijn	80		303,8	13	0,26	
M30		80	55,1	127	1,45		M30		80		579,5	89	0,14	
M30	Lijn	80	55,3	114	1,45		M30	Lijn	80		580,0	76	0,14	
M30	Vlak	80	49,4	13	1,62		M30	Vlak	80		503,8	13	0,16	
M31		80	52,8	53	1,52		M31		80		400,0	7	0,20	
M31	Lijn	80	50,1	43	1,60		M31	Lijn	80		406,3	1	0,20	
M31	Vlak	80	69,6	10	1,15		M31	Vlak	80		360,7	6	0,22	

* berekende bovengrens voor beschikbare en inerte fractie samen.



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT