



Brakke wateren

Deltafact Januari 2021

INHOUD

1.	INLEIDING	1
2.	GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS	2
3.	STRATEGIE	2
4.	WERKING VAN BRAKKE WATEREN EN BRAK WATER CONDITIES.....	2
5.	LEVENSMEENSCHAPPEN IN BRAKKE WATEREN	6
6.	RANDVOORWAARDEN	14
7.	GOVERNANCE.....	14
8.	PRAKTIJKERVINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN	14
9.	KENNISLEEMTES	15
10.	BRONNEN EN LINKS	15
11.	COLOFON.....	17

1. INLEIDING

Kennis is essentieel voor het aanpakken van uitdagingen op het gebied van water. Al enkele jaren geleden werd een kennisgebrek op het gebied van brakwaterecologie geconstateerd. Effecten van getroffen maatregelen bleven uit, zonder goed te begrijpen wat er ontbrak. In het project

“Brakke wateren” werken Deltares, Wageningen Environmental Research en Onderzoekcentrum B-WARE gezamenlijk aan het vergroten van inzicht in het ecologisch functioneren van brakwatersystemen. Deze kennis is nodig voor de onderbouwing van de doelen voor brakke wateren in de Kaderrichtlijn Water. Deze factsheet geeft een overzicht van de huidige stand van de ecologische kennis. Het geeft een definitie van brakke wateren in Nederland en beschrijft verschillende gangbare indelingen voor deze wateren. Vervolgens wordt een referentiebeschrijving gegeven van één van de grootste brakwatersystemen die Nederland heeft gekend, namelijk de Zuiderzee. In de volgende paragrafen staat beschreven hoe variatie in het zoutgehalte van invloed is op de samenstelling van levensgemeenschappen, inclusief een toelichting op de mechanismen die hiervoor verantwoordelijk zijn. Aansluitend volgt een overzicht van de drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren die zijn afgeleid in het Kennisimpuls brakwater project. Deze afgeleide drempelwaarden kunnen worden gebruikt om hiermee de nutriëntenormen voor brakke wateren te actualiseren en te differentiëren naar de verschillende KRW brakwatertypen. We eindigen met een beschrijving van kennisleemtes.

2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACHTS

Gerelateerde factsheets zijn [Brakke kwel](#) en [Regenwaterlenzen](#).

3. STRATEGIE

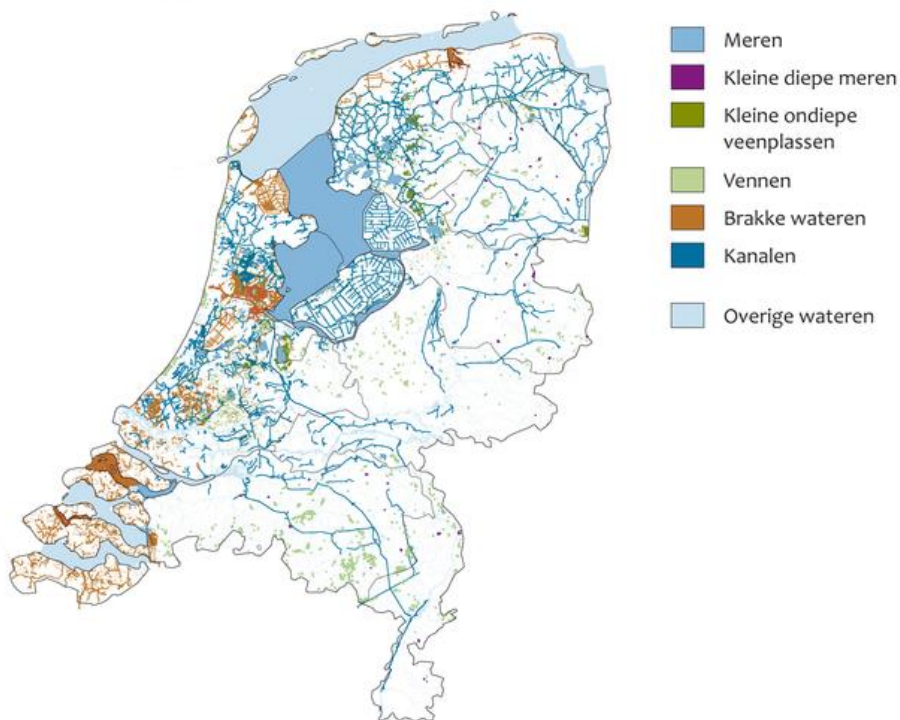
Deze factsheet is opgesteld in het kader van het actualiseren en differentiëren van doelen voor brakke wateren in de Kaderrichtlijn Water. Kennis gegenereerd in het Kennisimpuls Brak waterproject zullen worden gebruikt door waterbeheerders voor het actualiseren van KRW-doelen (Goed Ecologisch Potentieel) voor brakke wateren als ook voor het aanpassen van de maatlatten voor Goed (GEP) en Maximaal Ecologisch Potentieel (MEP).

4. WERKING VAN BRAKKE WATEREN EN BRAK WATER CONDITIES

Wat zijn brakke wateren en waar liggen ze ?

In brakke wateren komen bijzondere soorten planten en dieren voor. Brakke wateren zijn wateren met een zoutgehalte hoger dan 300 mg chloride per liter. Deze wateren komen in alle kustprovincies voor waar zout of brak water binnendringt via dijken, sluizen en duikers of als brakke kwel vanuit de ondergrond opkomt (Figuur 1). De huidige brakke wateren in Nederland hebben geen open verbinding met de zee. Tezamen beslaan ze een aanzienlijk oppervlak, namelijk 27.205 ha aan plassen en 1428 km aan lijnvormige elementen ([Clement en van Puijenbroek, 2010](#)). Naar verwachting zal dit oppervlak toenemen door verzilting van het oppervlakte- en grondwater. Deze toename is vooral te wijten aan o.a. drogere zomers en zeespiegelstijging.

Stilstaande wateren



Bron: Topografische Dienst Kadaster.

PBL/dec08/1401
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

Figuur 1: Ligging van brakke wateren in Nederland ([Compendium voor de Leefomgeving](#))



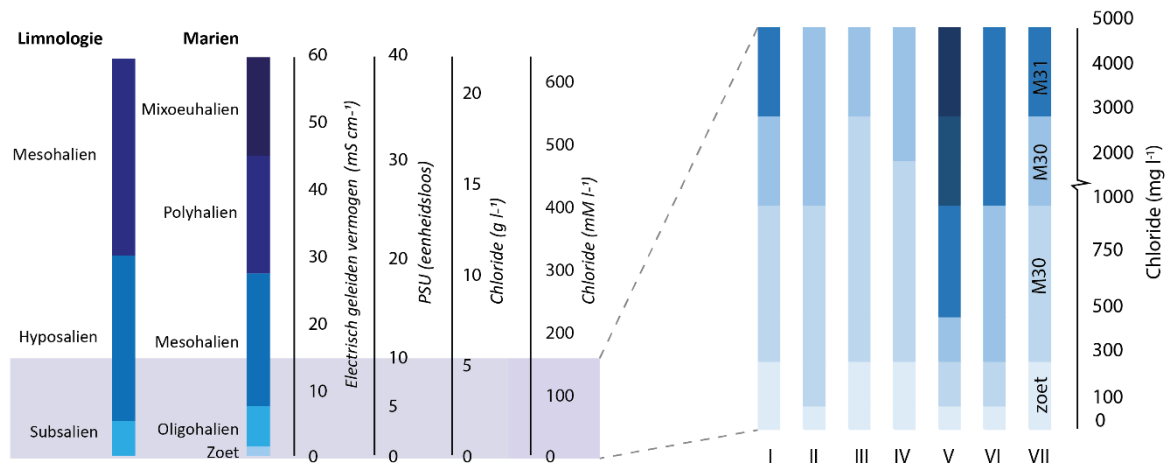
Figuur 2: Brak water kreek met Ruppia begroeiing (foto Gertie Arts).

Hoe worden brakke wateren ingedeeld ?

Brakke wateren kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld. Indelingscriteria zijn onder andere het chloridegehalte; de hydrologische bron van het brakke water; ontstaanswijze en morfologie. Voor het project Brakke wateren zijn alle gegevens van brakke wateren van de regionale waterbeheerders die deze wateren in hun beheer hebben, bijeen gebracht. Dit betreffen vooral gegevens die zijn verzameld in de jaren na 2000. Uit deze analyses is gebleken dat niet alleen het absolute chloridegehalte, maar ook de fluctuaties in het chloridegehalte in ruimte en tijd bepalend zijn voor de verschillende organismen die er voorkomen. De hydrologische bron van brakke wateren kan het grondwater zijn (invloed door brakke tot zoute kwel), maar ook het inlaten in het oppervlaktewater.

In de literatuur worden verschillende indelingen in chlorideklassen gehanteerd (Figuur 3). In de Kennisimpuls Brakke wateren hanteren we de indeling zoals deze in de Kaderrichtlijn Water wordt aangegeven (kolom VII in Figuur 3). Dat betekent dat wateren met chloridegehalten boven 300 mg/l als brak worden beschouwd. Tot 1000 mg/l beschouwen we de wateren als licht zwak brak. Van 1000 mg/l tot 3000 mg/l chloride beschouwen we de wateren als zwak brak en van 3000 mg/l tot 10000 mg/l als brak tot zout. Uitzondering op bovenstaande

indeling is het KRW-watertype zwak brakke sloten M1b, waarvan de ondergrens van het chloridegehalte op 150 mg/l ligt in plaats van op 300 Cl/l.



Figuur 3: Indeling in chloride klassen, naar [Van Dijk, 2017a](#). (Bronvermelding: I [Van Dam et al. \(2002\)](#), II [Redeke, 1922](#), III [Venice system \(oorspronkelijk 1959\)](#), IV [Den Hartog \(1974\)](#), V [Van 't Veer \(2012\)](#), VI [Wamelink et al. \(2000\)](#), VII KRW systematiek [Elbersen et al. \(2003\)](#)).

Voor een groot deel zijn brakke wateren door mensenhanden ontstaan ofwel zijn deze sterk door menselijk handelen beïnvloed. Mede hierdoor kenmerken ze zich door een grote variatie in morfologie. Tot brakke wateren behoren kreekrestanten; karrevelden en inlagen; brakke poelen en ringdobben; brakke sloten en andere kleine waterlopen; brakke kanalen en vaarten; brakke wielen of welen; brakke laagveenplassen; brakke duinplassen ([Van Beers en Verdonschot, 2000](#)).

Hoe verschillen brakke water condities in ruimte en tijd ?

De Zuiderzee was het grootste brakwatersysteem dat Nederland ooit gekend heeft ([Van Vierssen en Breukelaar, 1993](#)). De Zuiderzee kenmerkte zich door een gradiënt van zout oppervlaktewater aan de zijde van de Waddenzee via een groot brak oppervlaktewater in het centrale deel van de Zuiderzee tot de zoete delen nabij het vaste land waar de rivieren vanuit het achterland binnenstroomden. De aquatische gemeenschappen volgden deze gradiënt en omvatten de zeegrasvelden aan de monding van het IJsselmeer, via Ruppia-begroeiingen in brakwater delen tot de velden met Schedefonteinkruid in de licht brakke en zoete delen. De Zuiderzee had veel overeenkomsten met de Baltische

Zee als het gaat om het voorkomen van een grote ruimtelijke gradiënt, maar verschilde duidelijk van de brakke wateren in het binnenland waar een ruimtelijke gradiënt grotendeels afwezig is.

De gradiënt in de Zuiderzee maakte het mogelijk dat planten en dieren konden pendelen langs deze ruimtelijke gradiënt van zout naar zoet. Afhankelijk van de omstandigheden - instroom van zout of zoet water, getijde als ook verschuivingen in deze gradiënt - konden planten en dieren een geschikt habitat vinden. Deze omstandigheden verschillen sterk van de huidige omstandigheden in brakke binnenwateren, waar de ruimtelijke gradiënt in zoutgehalte gering is of zelfs ontbreekt. In deze binnenwateren zijn schommelingen van chloridegehalte in de tijd afhankelijk van de seizoenen en het waterbeheer. Veel brakke wateren staan onder invloed van brakke kwel of worden doorgespoeld met zoet water tijdens de zomermaanden. Dit wordt verder uitgelegd in de volgende paragraaf.

Wat zijn temporele wisselingen in chloridegehalte ?

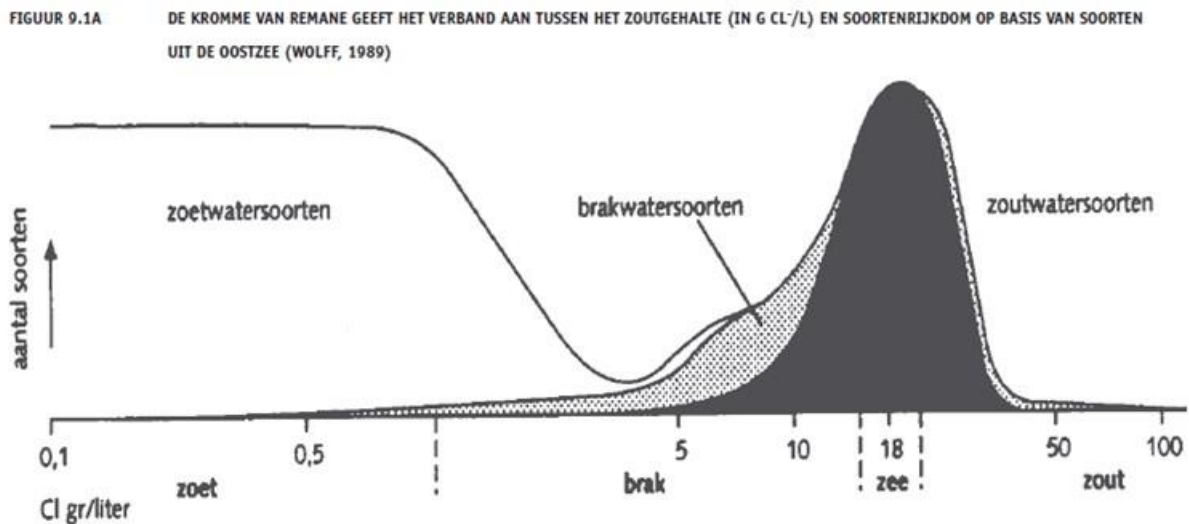
De jaarlijkse cyclus van het zoutgehalte in brakke binnenwateren wordt veroorzaakt door neerslag, verdamping, brakke kwel en doorspoeling met zoet oppervlaktewater. De weersomstandigheden beïnvloeden dit en kunnen het verloop van het chloridegehalte onregelmatig maken. Aanvoer van zoet water ten behoeve van de landbouw en ter voorkoming van verzilting heeft ertoe geleid dat in de zomer de chloridegehalten in brakke wateren lager liggen en het water in de zomer minder brak is dan in de wintermaanden. Dit kan zeer variabel zijn en hangt er voornamelijk van af of er doorspoeling plaatsvindt en zo ja, de mate waarin.

5. LEVENSGEMEENSCHAPPEN IN BRAKKE WATEREN

Leven in brak milieu

In brakke wateren in Nederland worden de aquatische levensgemeenschappen grotendeels bepaald door een combinatie van het gemiddelde chloridegehalte en de fluctuaties hierin (Remane, 1934, zie [Remane en Schlieper, 1958](#); [Van Vierssen en Breukelaar, 1993](#); [Van Riel en Verdonschot, 2020](#)). Met name de fluctuaties in zoutconcentraties vragen specifieke aanpassingen van organismen, en bijgevolg is er dan ook slechts een specifieke groep soorten die aan brakke

condities zijn aangepast (Remane, 1934, zie [Remane en Schlieper, 1958](#)). Organismen kunnen zout-stress ervaren en hieronder vallen osmotische stress en ionische stress. Bij osmotische stress kunnen cellen krimpen (bij hoge zoutconcentratie in directe leefomgeving) of uiteen vallen (bij beduidend lagere zoutconcentratie in leefmilieu). Bij ionische stress gaat het om de toxische effecten van (de verhouding tussen) bepaalde elementen (bijvoorbeeld teveel aan natrium dat cellen moeten uitscheiden). Naast het omgaan met zout-stress, dienen organismen in brakke wateren ook om te gaan met toxiciteit door ammonia en sulfide ([Lamers et al. 2013](#), [Van Dijk, 2017a](#)). Een aantal plantensoorten kan met hun wortels zuurstof uitscheiden en daarmee bijv. giftige sulfiden oxideren. Vrij sulfide ontstaat wanneer alle ijzer in de bodem is opgebruikt en gebonden is aan sulfide. Vrij sulfide is vooral giftig voor de wortels van waterplanten.



Figuur 4: De kromme van [Remane \(1934\)](#). Tot circa 3000 mg Cl/l komen vooral zoetwatersoorten voor.

Levensgemeenschappen van brakke wateren

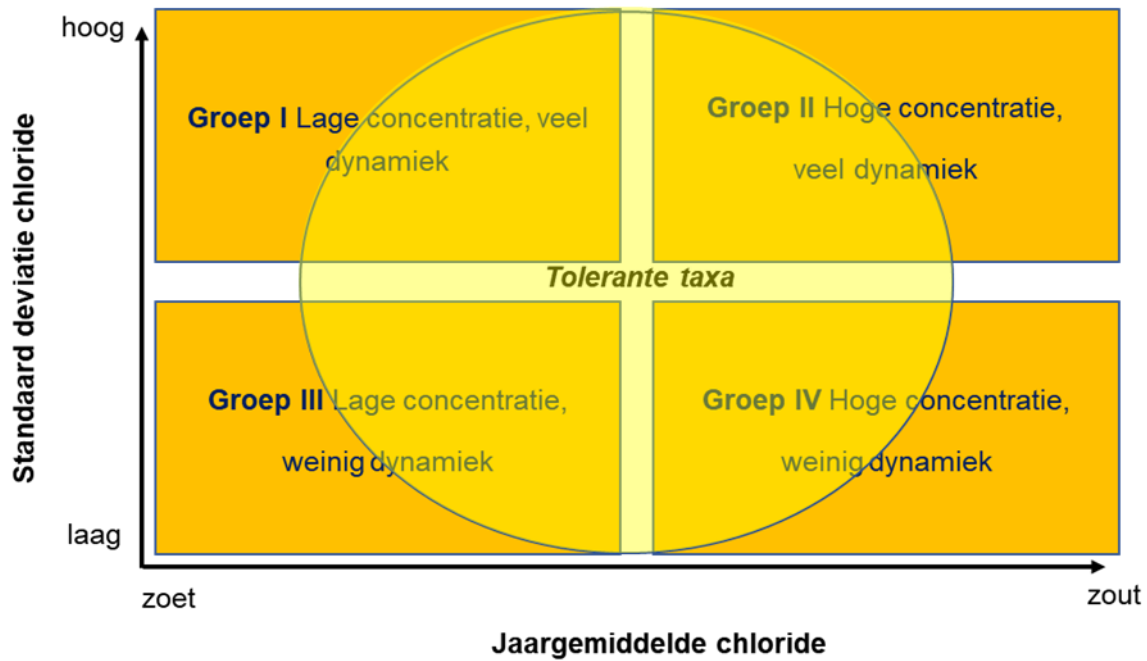
De levensgemeenschappen in brakke wateren met lagere chloridegehalten bestaan vooral uit zoetwatersoorten die een hoger zoutgehalte kunnen verdragen (Figuur 4). Bij hoger zoutgehalte leven kenmerkende zoutwatersoorten. Het aantal soorten bij chloridegehalten daar tussenin is laag (Figuur 4). Er zijn dan ook relatief weinig typische brakwatersoorten welke zich hebben weten aan te passen of zelfs weten te specialiseren in brak water. Uitzondering zijn de

kieselwieren die veel specifieke brakwatersoorten omvatten ([Van Dam et al. \(2002\)](#)).

[Van Riel en Verdonschot \(2020\)](#) laten zien dat de macrofauna in Nederlandse brakke wateren bestaat uit tolerante soorten en uit "echte" brakwater soorten die wisselingen in chloridegehalten al dan niet kunnen verdragen. Meer specifiek kunnen we deze groepen soorten als volgt karakteriseren:

- a) *De zoetwaterspecialisten*: dit zijn macrofauna soorten met een gevoeligheid voor hogere chlorideconcentraties en juist voorkomen bij lage chlorideconcentraties en lage dynamiek (groep III in figuur 5).
- b) *De brakwaterspecialisten*: dit zijn macrofauna soorten met een gevoeligheid voor lagere chlorideconcentraties; (groepen II en IV in figuur 5). Deze groep is relatief schaars in de dataset en betreft ca. 5% van het totale aantal taxa.
- c) *De tolerante soorten*: dit zijn macrofauna soorten die een grote mate van tolerantie hebben voor chloride en bij zowel lage als relatief hoge chloridegehalten gevonden wordt. Zoete soorten die voorkomen bij een hoge dynamiek (Groep I in figuur 5), vallen hier ook onder. Deze groep heeft een groot aandeel ten opzichte van de andere groepen macrofauna in Nederlandse brakke wateren (de tolerante taxa in de cirkel van figuur 5).
- d) *De zoutwatersoorten*. Soorten die leven in sterk brakke tot zoute wateren die weinig schommelingen kennen in zoutgehalte.

Bovenstaande indeling is waarschijnlijk ook van toepassing op de andere groepen organismen in brak water.



Figuur 5: Chloride-preferentie-kwadranten macrofaunataxa op basis van voorkomen bij verschillende (variaties in) zoutconcentraties ([Van Riel en Verdonschot, 2020](#)).



Figuur 6: Detail van *Ruppia* begroeiing (foto Gertie Arts).

Dat er relatief weinig typische brakwatersoorten zich hebben weten aan te passen of zelfs weten te specialiseren in brak water, geldt ook voor de waterplanten ([Schaminee et al., 1995](#)). Vegetaties in brak water worden overwegend gedomineerd door één of enkele plantensoorten en zijn veelal soortenarm. Karakteristieke soorten waterplanten zijn bijv. Snavelruppia en

Spiraalruppia. Beide soorten groeien bij hoge concentraties aan chloride en kunnen sterke wisselingen in chloridegehalte overleven. Spiraalruppia kan hogere maximale zoutconcentraties tolereren dan Snavelruppia ([Van Vierssen, 1982](#)). Andere kenmerkende waterplanten van brakke wateren zijn Zilte waterranonkel, Brakwaterkransblad, Kustkransblad en Gesteelde zannichellia. Schedefonteinkruid is een zeer tolerante waterplant die ook goed in brak water kan groeien en zou in de groep van tolerante soorten kunnen worden geclassificeerd (figuur 4) kunnen worden geclassificeerd. De ondiepe randzones van brakke wateren zijn begroeid met helofyten zoals Heen of Zeebies, Ruwe bies en Riet.

Van de klasse van de algen komen verschillende soorten Darmwier, Zeesla, Roodwieren, Groene draadalgen en vooral vele soorten karakteristieke kiezelwieren voor ([Van Dam et al. \(2002\)](#)).

Van de macrofauna zijn relatief veel soorten kreeftachtigen kenmerkend voor brakwater. Brakwaterkokkel en Brakwatersteurgarnaal karakteristieke soorten. Ook de Gewone aasgarnaal wordt veelvuldig in brakke wateren aangetroffen. Deze soort heeft een zeer brede tolerantie voor het chloridegehalte, maar ontbreekt in zeer zoet water ([Jeppesen et al., 1994](#)). De macrofauna van brakke wateren omvat ook invasieve exoten zoals de Tijgervlokreeft. Schelpdieren zoals Zebramosse worden ook veelvuldig aangetroffen.

Binnen het zoöplankton hebben verschillende soorten een verschillende tolerantie met betrekking tot het chloridegehalte. De meeste soorten *Daphnia* verdwijnen bij hogere chloridegehalten. Alleen *Daphnia magna* kan wel hogere chloridegehalten verdragen. Omdat de grote watervlooien zoals de *Daphnia* soorten bij hogere chloridegehalten verdwijnen, treedt in brak water een verschuiving op van de grote watervlooien naar de kleinere eenoogkreeftjes (of roeipootkreeftjes) en raderdiertjes bij toenemend chloridegehalte ([Sommer and Sommer, 2006](#)). Deze groepen hebben echter – vergeleken met de grote watervlooien - een geringere graasefficiëntie op algen.

De visgemeenschap in sterk brak water wordt gedomineerd door de Driedoornige stekelbaars en daarnaast door Brakwatergrondel en Aal. Brakwatergrondel is een karakteristieke soort van brakke wateren. In de visgemeenschap in zwak brakke

wateren met relatief lage zoutgehalten is Karper de vissoort die het vaakste wordt aangetroffen. Daarnaast worden Brasem, Blankvoorn en Baars in hoge biomassa aangetroffen (Dinjens, 2019). Deze laatstgenoemde soorten zijn typische zoetwatersoorten met (in ieder geval in het volwassen levensstadium) een grote zouttolerantie (1000-6683 mg/l Cl). De vispopulaties in brakke wateren worden mede beïnvloed door het uitzetten van specifieke soorten (zoals Karper) ten behoeve van de sportvisserij en door de aan- of afwezigheid van migratiemogelijkheden.



Figuur 7: Sediment met brakke schelpdierresten (foto Mariëlle van Riel).

Mechanismen in brakke wateren

Uitgevoerde analyses met de brak water gegevens van waterschappen in Nederland laten zien dat brakke wateren bij relatief hoge nutriëntenconcentraties nog een hoog doorzicht (en bijgevolg lage chlorofyl-a-concentraties) kunnen hebben ([Van Smeden et al., 2020](#)). Echter, veel brakke wateren zijn ook groen door algengroei en hebben een gering doorzicht. Voor het bereiken van een helder stadium in brak water kunnen verschillende mechanismen verantwoordelijk zijn, zoals graas van algenbiomassa door zoöplankton en mosselen, maar ook aasgarnalen kunnen hierin een rol spelen ([Irvine et al., 1993](#)). Aasgarnalen kunnen bijvoorbeeld grazen op periphyton, benthische algen en detritus. Graas van algen noemen we een top-down mechanisme. Andere mechanismen dan graas van algen zijn echter ook mogelijk waardoor de algenbiomassa minder is dan verwacht bij de aangetroffen nutriëntenconcentraties en het doorzicht hoger. We noemen deze laatste

mechanismen bottom-up mechanismen. Voorbeelden daarvan zijn een sterke bezinking van algen of bevordering van bezinking van kleine zwevende deeltjes door waterplanten. Op dit ogenblik is het relatieve belang van deze genoemde mechanismen in brak water onbekend.

Duidelijk is dat brak water zich kenmerkt door een voedselweb dat verschilt van het voedselweb in zoet water. In zoet water is vis de belangrijkste top-predator van zoöplankton. In brak water spelen naast vis, vooral Driedoornige stekelbaars, ook aasgarnalen hierin een rol ([Jeppesen et al., 1994](#)).

Drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren

Een belangrijke vraag voor brakke wateren is hoe nutriënten van invloed zijn op het chlorofyl-a gehalte in het water en daarmee op de helderheid van het water. Dit is een belangrijke factor voor de groei van ondergedoken waterplanten. Waterschappen hebben de afgelopen decennia veel meetgegevens verzameld die de basis vormen voor een goede onderbouwing van nieuwe drempelwaarden voor stikstof en fosfaat in brakke wateren. Deze drempelwaarden zijn afgeleid voor verschillende KRW-brakwatertypen, waardoor er nu ook een meer gedifferentieerde en gedetailleerde onderbouwing beschikbaar is voor waterbeheerders ([Smeden et al., 2020](#)). Voor waterbeheerders vormen deze drempelwaarden een basis voor het afleiden van doelen voor stikstof en fosfaat in het GEP en GET voor brakke wateren.

Ook constateren we dat er op basis van de nieuwe analyses verschillen zijn tussen KRW-watertypen. De drempelwaarden voor het KRW-waertype M1b (zwak brakke sloten) liggen in de meeste gevallen hoger dan de drempelwaarden voor M30 en M31 wateren, ongeacht de toegepaste methode van het afleiden van de drempelwaarde. Om deze reden zijn we nagegaan of opsplitsing van M30 en M31 wateren in lijn- en vlakvormige wateren tot verschillen in drempelwaarden voor nutriënten zou leiden. Dit was echter nauwelijks het geval. Daarom wordt geadviseerd om voor M30 en M31 geen onderscheid te maken in morfologie, maar wel het type M1b (zwak brakke sloten) apart te blijven beschouwen van de andere typen M30 en M31 (zie tabel 1).

De drempelwaarden voor stikstof en fosfaat laten een genuanceerd beeld zien. In vergelijking met de voorgestelde drempelwaarden ("werknormen") die aan het

begin van deze eeuw bij de implementatie van de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn afgeleid, zijn de nieuwe drempelwaarden voor brakke wateren over het algemeen lager voor stikstof, maar liggen deze meestal in dezelfde orde van grootte of zijn ze hoger voor fosfaat, echter niet voor stikstof voor de grote vlakvormige wateren (M31; zie tabel 1). De afgeleide drempelwaarden kunnen worden gebruikt om hiermee de nutriëntennormen voor brakke wateren te actualiseren en te differentiëren naar de KRW brakwatertypen M30, M31 en M1b.

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. N* = N limiterend; P* = P limiterend.								
	Overschrijdingskans 10 %				Overschrijdingskans 25 %			
	Totaal N	Totaal P	Totaal N	Totaal P	Totaal N	Totaal P	Totaal N	Totaal P
			N*	P*			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
M31	1.29	0.15	1.14	0.15	1.78	0.26	1.51	0.18
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

Tabel 1: Drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren ([Smeden et al., 2020](#))

Vervolg KIWK brak water project

De kennis over brakke wateren zal in 2021 verder worden verfijnd middels het opstellen van causale verbanden in Bayesian Belief Networks. De resultaten van het project kunnen worden gebruikt door waterbeheerders voor het actualiseren van KRW-doelen (GEP's) voor brakke wateren als ook voor het aanpassen van de maatlaten voor GEP en MEP. Het door B-WARE uitgevoerde veldonderzoek, waarbij monsterpunten in brakke wateren bij zowel aan- als afwezigheid van brakke kwel en doorspoeling met zoet water worden bemonsterd, zal aanbevelingen opleveren voor waterbeheerders t.a.v. het te voeren waterbeheer. De resultaten van het gehele 4-jarige onderzoek in brakke wateren zullen worden gepubliceerd.

6. RANDVOORWAARDEN

Het project Brakke wateren binnen de Kennisimpuls Water heeft betrekking op de relatief kleine Brakke binnenwateren in Nederland. De grote brakke Rijkswateren en de brakke wateren die in verbinding staan met de zee zijn niet in dit onderzoek betrokken. De data-analyses die ten grondslag liggen aan de verkregen kennis binnen het Brakwaterproject in de Kennisimpuls water, zijn uitgevoerd met recente gegevens (na 2000 en 2011 – 2018) van alle waterbeheerders die brakke wateren in hun beheersgebied hebben.

7. GOVERNANCE

De Kaderrichtlijn Water (KRW) verplicht de lidstaten eens in de 6 jaar stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP-en) vast te stellen. In het SGBP worden de ontwikkelingen in de waterkwaliteit, evenals de resterende opgaven en bijbehorende maatregelen geschetst. De eerste lichting SGBP-en is vastgesteld eind 2009, de tweede eind 2015. In de stroomgebiedsbeheerplannen van 2009 zijn waterlichamen begrensd, doelen aangegeven, zijn de toestand en de belastingen bepaald en is aangegeven welke maatregelen nodig zijn om de goede toestand te realiseren. Dit is geactualiseerd in de SGBP-en van 2015. Met de SGBP-en van 2021, die de inzet weergeven voor de periode 2022-2027, zal er nogmaals een actualisatie plaatsvinden. [Deze werkprogramma's SGBP 2022 - 2027](#) worden momenteel uitgewerkt en hierin kunnen aangepaste en meer gedifferentieerde doelen voor brakke wateren worden opgenomen.

8. PRAKTIJKERVARINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN

Een voorbeeld van ander onderzoek waarin aandacht wordt besteed aan brakke wateren buiten de Kennisimpuls is een onderzoek aan de effecten van verbrakking in Noord-Holland. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van Provincie Noord-Holland en is in zekere zin een vervolg van het onderzoek dat is uitgevoerd aan verbrakking in het kader van OBN ([Van Dijk et al. 2017b](#)). In deze studie wordt met behulp van een veldexperiment in Polder Westzaan door Onderzoekcentrum B-WRE, Witteveen + Bos, Van 't Veer adviesbureau en Staatsbosbeheer onderzocht wat de effecten van een actief verhoogd zoutgehalte zijn op wateren en oevers van de voormalig brakke laagveengebieden in Noord-

Holland met specifieke aandacht voor de effecten op de standplaatscondities van brakke doelsoorten. Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voert watersysteemanalyses uit waarin specifiek ook aandacht uitgaat naar de brakke wateren ([Van Dam en Jaarsma, 2020](#)). Dit Hoogheemraadschap gaat de komende jaren aandacht besteden aan "Monitoring Nader Onderzoek" in het kader van de KRW en zullen daarin ook vragen rond zout en brak water opnemen. Waterschap Hollandse Delta besteedt aandacht aan de effecten van doorspoelen op de kwaliteit van brakke wateren.

9. KENNISLEEMTES

Gezien het gevonden resultaat dat de drempelwaarden van nutriënten voor het KRW-watertype M1b (zwak brakke sloten) in de meeste gevallen hoger liggen dan de drempelwaarden voor M30 en M31 wateren, dient nader te worden onderzocht of het onderscheid van een 'zoet' subtype binnen M30 (Cl 150 - 1000 mg/l) adequaat zou zijn. Op het gebied van zwak brakke wateren tussen 300 en 1000 mg/L liggen meerdere kennisvragen. In het Kennisimpuls Brak water project wordt aandacht besteed aan de effecten van zoutfluctuaties op organismen, vooral op macrofauna en waterplanten. De kennis hierover vraagt echter om verfijning: wat zijn de effecten van wisselende zoutgehalten in wateren die op de grens balanceren van zoet en brak water? Ook dient de kennisvraag wat de effecten zijn van wisselende zoutgehalten in de tijd te worden gespecificeerd. Hoe groot zijn de wisselingen in de tijd van weken, maanden en seizoenen, hoe groot zijn deze wisselingen in verschillende typen brakke wateren en hoe groot zijn ze percentueel ten opzichte van het chloridegehalte en wat zijn daarvan de effecten?

Ten aanzien van macrofauna is er behoefte aan gegevens op grond waarvan de referentietoestand in kleine, brakke binnenwateren kan worden beschreven.

10. BRONNEN EN LINKS

[Beers, P. van en P. Verdonschot, 2000.](#) *Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 4, brakke binnenwateren. Rapport AS-04 EC-LNV, Wageningen.*

[Clement, J. & van Puijenbroek, 2010.](#) *Basiskaart Aquatisch: de Watertypenkaart Het oppervlaktewater in de TOP10NL geclassificeerd naar watertype. Publicatie Planbureau voor de Leefomgeving. No.500067004. 35 pp.*

[Dam, H. van](#), Gotjé, W., Franken, R. and Ietswaart, T., 2002. STOWA-systeem voor de ecologische beoordeling van brakke, binnendijkse wateren. STOWA publicatie 2002-01

[Dam, H. van](#), N.G. Jaarsma & S. van Dam, 2020. Doelen op maat. 4.1 - Systeemanalyses (hoofdrapport) . Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. Rapport 1308-4-1. / Nico Jaarsma, Aquatische Ecologie & Fotografie, Den Hoorn. Rapport HvD-01-1. 169p.

[Den Hartog, C., 1974.](#) Brackish-water classification, its development and problems. *Hydrobiological Bulletin*, (1-2).

[Dijk, G. van, 2017a.](#) Peatlands affected by biogeochemical stressors. PhD thesis Radboud University, Onderzoekcentrum B-WARE.

[Dijk, G. van](#), R. van 't Veer, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, P. Westendorp, C. Cusell, 2017b. Verbrakking in het laagveenlandschap, fase III. VBNE Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, rapport 2017/OBN219-LZ.

Dinjens, C., 2019. Effects of salinity and salinity fluctuations on ecological processes, functions and food-web structure in Dutch brackish waters. Internship, Wageningen University and Research, report number: P 557. Intern studentenverslag WUR.

[Elbersen, J.W.H.,](#) Verdonshot, P.F.M., Roels, B. and Hartholt, J.G. (2003). Definitiestudie KaderRichtlijn Water (KRW). I. Typologie Nederlandse oppervlaktewateren. Alterra-Rapport 669, Alterra, Wageningen. 72 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.

[Jeppesen, E.,](#) Søndergaard, M., Kanstrup, E., Petersen, B., Eriksen, R. B., Hammershøj, M., Have, A., 1994. Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? *Hydrobiologia*, 275–276(1), 15–30.

[Lamers, L.P.,](#) Govers, L.L., Janssen, I.C., Geurts, J.J., Van der Welle, M.E., Van Katwijk, M.M., Van der Heide, T., Roelofs, J.G. and Smolders, A.J., 2013. Sulfide as a soil phytotoxin—a review. *Frontiers in plant science*, 4, p.268.

[Redeke, H.C., 1922.](#) Zur Biologie der Niederländischen Brackwassertypen:(Ein Beitrag zur regionalen Limnologie). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 22(1), pp.329-335.

Remane, A., 1934. Die Brackwasserfauna. *Verhandlungen Der Deutschen Zoologischen Gesellschaft*, 36, 34–37, zie [Remane and Schlieper, 1958.](#) Die Biologie des Brackwassers. 348 Seiten, 139 Abbildungen, 43 Tabellen, 920 g, Die Binnengewässer, Band 22. ArtNo. ES128002200, gebunden

[Riel, M.C. van en Verdonshot, R.C.M., 2020.](#) Effecten van zoutgehalte op macrofauna Wageningen Environmental Research. KIWK 2020-43. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. 17 pp.

[Schaminee et al., 1995.](#) De vegetatie van Nederland 2 Plantengemeenschappen Van Wateren, Moerassen en Natte Heiden. KNNV. 358 pp.

[Smeden, J.M., G.H.P. Arts en G.J. van Geest, 2020.](#) Afleiding van drempelwaarden voor nutriënten in brakke wateren. Rapport KIWK 2020-42. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. 47 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.
DOI:10.1007/s00442-005-0320-0

[Van 't Veer, R., Kisjes, T. and Sminia, N., 2012.](#) *Natuuratlas Zaanstad.* Stichting Uitgeverij Noord-Holland.

[Vierssen, W. van, 1982.](#) *The ecology of communities dominated by Zannichellia taxa in western Europe. II. Distribution, synecology and productivity aspects in relation to environmental factors.* *Aquatic Botany*, 13, 385-483. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(82\)90073-0](https://doi.org/10.1016/0304-3770(82)90073-0)

[Vierssen, W. van en Breukelaar, A.W., 1993.](#) *The Zuiderzee: transformation of a brackish water ecosystem. Lake Veluwe, a macrophyte-dominated system under eutrophication stress.* In: Van Vierssen, 1993, Chapter 2, p. 5 – 19.

[Wamelink, G.W.W.](#) Runhaar, H. en H. Dobben, van, 2000, *Abiotische Randvoorwaarden voor natuurdoeltypen.* Wageningen Alterra rapport 181 (ISSN 1566-7197 ; 181).

11. COLOFON

G.H.P. Arts, Wageningen Environmental Research;

G.J. van Geest, Deltares;

G. van Dijk, Onderzoekcentrum B-WARE & Radboud Universiteit.