



Voedselweb in binnendijks gelegen Brakke wateren

Deltafact 1 Juni 2022

INHOUD

1.	INLEIDING.....	1
2.	GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS	2
3.	STRATEGIE	2
4.	SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN VOEDSELWEB	3
5.	WERKING VAN EEN BRAK-WATER VOEDSELWEB	4
6.	CONSEQUENTIES VOOR KRW MAATLATTEN	10
7.	RANDVOORWAARDEN.....	11
8.	GOVERNANCE	12
9.	KENNISLEEMTES.....	12
10.	BRONNEN EN LINKS	13
11.	COLOFON.....	14

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” werkten 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 binnen de Kaderrichtlijn Water. Voorliggende factsheet geeft een overzicht van de huidige kennis over het voedselweb in binnendijks gelegen brakke wateren in Nederland.

Conform de KRW-indeling zijn brakke wateren wateren met een zoutgehalte hoger dan 300 mg chloride per liter. Deze wateren komen voor waar zout of brak water binnendringt via dijken, sluizen en duikers of waar brakke kwel vanuit de ondergrond omhoog komt. 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 1.428 km aan lijnvormige elementen ([Clement en van Puijenbroek, 2010](#)). Naar verwachting zal dit oppervlak toenemen door verzilting van het oppervlakte- en grondwater. Die toename is vooral te wijten aan o.a. drogere zomers en zeespiegelstijging.

2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

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

3. STRATEGIE

Deze factsheet is opgesteld in het kader van het actualiseren van doelen voor brakke wateren binnen de Kaderrichtlijn Water. Kennis gegenereerd in het Kennisimpuls Brak waterproject voorziet in de behoefte van waterbeheerders om KRW-doelen voor brakke wateren te actualiseren (Goed Ecologisch Potentieel) als ook voor het aanpassen van de landelijke maatlatten (inclusief indeling in watertypen) en bijstellen van maatregelpakketten.

4. SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN VOEDSELWEB



Figuur 1. Erik van Ommen, brakwaterlands.

In brakke wateren komen bijzondere soorten planten en dieren voor (Figuur 1). Deze planten en dieren hebben een relatie tot elkaar. We noemen dat een voedselweb. Algen en waterplanten maken organisch materiaal op basis van zonlicht. Planten- en algen-etende dieren voeden zich met deze organismen. Op hun beurt zijn deze weer voedsel voor predatoren. Organismen die zich voeden met dood, organisch materiaal, noemen we detrivoren.



Figuur 2: Brakwater kreek in Plan Tureluur (foto Gertie Arts).

5. WERKING VAN EEN BRAK-WATERVOEDSELWEB

Hoe ziet het voedselweb in brakke wateren eruit ?

Verschillende groepen organismen maken deel uit van het voedselweb in brakke wateren. Waterplanten komen er voor in verschillende groeivormen: ondergedoken waterplanten die wortelen in het sediment zoals *Ruppia* sp.; emergente waterplanten die wortelen in het sediment en boven het water uitsteken, zoals Zeebies; vrij-drijvende waterplanten zoals Klein kroos; drijvende waterplanten die wortelen in het sediment en drijvende bladeren hebben, zoals Gele plomp. Algen zijn microscopische kleine organismen die vrij drijven in het water (fytoplankton) of als biofilm voorkomen op allerlei substraten zoals (delen) van waterplanten en kunstmatige oevers (epi- of perifyton). Deze laatste groep omvatte o.a. diatomeeën of kiezelwieren: microscopische eencellige algen met een verkiezelde celwand. Vooral in het vroege voorjaar zijn ze op oppervlakken vaak als een bruin laagje zichtbaar, maar ze komen verder het hele jaar voor, vaak gemengd met andere soorten algen, zoals groenalgen. Naast waterplanten en algen spelen macro-algen (wieren) een belangrijke rol in brakke wateren ([Van](#)

[Dam et al., 2002](#); [Den Hartog, 1959](#); [Den Hartog, 1967](#)). Macro-algen zijn algen die met het blote oog waarneembaar zijn, dit in tegenstelling tot de microscopische kleine algen in het fytoplankton en epi- en perifyton. In de opnamen van de plantengemeenschappen van *Ruppia*-soorten worden de macro-algen *Cladophora* en *Vaucheria* waargenomen in combinatie met beide *Ruppia*-soorten en met *Zannichellia palustris* subsp. *pedicellata*.

De grazers van het fytoplankton, het zoöplankton ofwel watervlooien, kent weinig specifieke brakwatersoorten, maar zij vervullen een belangrijke functie in het voedselweb: zij grazen op algen en dragen zodoende bij aan de helderheid van brakke wateren. In de matig en sterk brakke wateren worden vooral Copepoda (Eenoogkreeftjes of Roeipootkreeftjes) en Rotatoria (Raderdiertjes) aangetroffen. De grote watervlooien, *Daphnia*-soorten (behorende tot de Crustaceae, kreeftachtigen), komen vooral voor in zwak brakke wateren ([Van Dam et al., 2002](#)).

Predatoren van het zoöplankton zijn onder meer de aasgarnaal (*Neomysis integer*) en de brakwatersteurgarnaal (*Palaemonetes varians*), Zij komen in brakke wateren veel voor en hebben een belangrijke plaats in het voedselweb van brakke wateren. Hun predatie draagt bij aan een (nog) lagere begrazing van de algen in brakke wateren ([Van Dam et al., 2002](#)) Daarnaast maken allerlei soorten vis alsook ongewervelde dieren, de macrofauna, deel uit van het voedselweb en dragen bij aan de predatie op zoöplankton.

Hoe verschilt het voedselweb in brakke wateren van dat in zoete wateren ?

De structuur van het voedselweb in brakke wateren wijkt op verschillende punten sterk af van dat in zoete wateren. Met name in Denemarken is veel onderzoek verricht naar de gecombineerde effecten van een toenemend zoutgehalte en trofieniveau op het voedselweb in brakke wateren ([Jeppesen et al., 1994](#); [Jeppesen et al., 2007](#);). Ook uit de analyses van de dataset van de brakke wateren in Nederland en uit literatuur en onderzoeken in binnendijks gelegen brakke wateren in Nederland, blijken er veranderingen te zijn in het voedselweb in brakke wateren in vergelijking met het voedselweb in zoete wateren.



Figuur 3: Brak water met zoute oeverbegroeiing (foto Gertie Arts).

Waterplanten

Relatief weinig typische brakwatersoorten hebben zich weten aan te passen of zelfs weten te specialiseren in brak water. Dit geldt ook voor de waterplanten ([Schaminee et al., 1995](#)). Vegetaties in brak water worden overwegend gedomineerd door één of enkele plantensoorten. 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 in de groep van tolerante soorten zou kunnen worden geclassificeerd. De ondiepe randzones van brakke wateren zijn begroeid met helofyten zoals Heen of Zeebies, Ruwe bies en Riet.

Macro-algen

Vanuit de literatuur is bekend dat macro-algen (wieren) een belangrijke rol kunnen spelen in brakke wateren. Van de grotere algen zijn vooral de geslachten *Vaucheria*, *Enteromorpha* (darmwier) en *Cladophora* karakteristiek ([Van Dam et al., 2002](#)). [Den Hartog \(1967\)](#) vermeldt ook soorten die behoren tot de geslachten *Ulva* (zeesla), *Monostroma* en *Chaetomorpha*. Laatstgenoemde auteur heeft specifiek de algen langs de Nederlandse kust onderzocht en noemt als veel voorkomende macro-algen in brakke wateren in het binnenland de Groenwieren Zeesla (*Ulva lactuca*), Apenhaar (*Chaetomorpha linum*) en Vederwier (*Bryopsis plumosa*), en van de Roodwieren Rood hoorntjeswier (*Ceramium rubrum*), *Polysiphonia urceolata*, *Polysiphonia nigrescens*, *Callithamnion roseum* en Iers mos (*Chondrus crispus*).

Bij toename van de nutriëntengehalten en de trofiegraad, kan de biomassa van deze macro-algen toenemen en kunnen ze hogere planten verdringen. De beschikbaarheid van nutriënten bepaalt de biomassa van de macroalgen ([Lavery et al., 1991](#); [Kolbe et al., 1995](#)). Zeesla wordt in sterk brakke binnenwateren aangetroffen en wordt ook beschouwd als een indicator voor eutrofiëring ([De Boer en Wolff, 1996](#)). Aanvullend kunnen ook *Vaucheria*- en *Enteromorpha* (darmwier) soorten aangetroffen worden als begeleidende soorten.

Fytoplankton

Het fytoplankton lijkt een minder belangrijkere rol te spelen in brakke wateren dan in zoete wateren ([Van Dam et al., 2002](#)). Daarentegen zijn diatomeeën veel belangrijker en zijn er binnen deze groep specifieke soorten voor brak water beschreven.

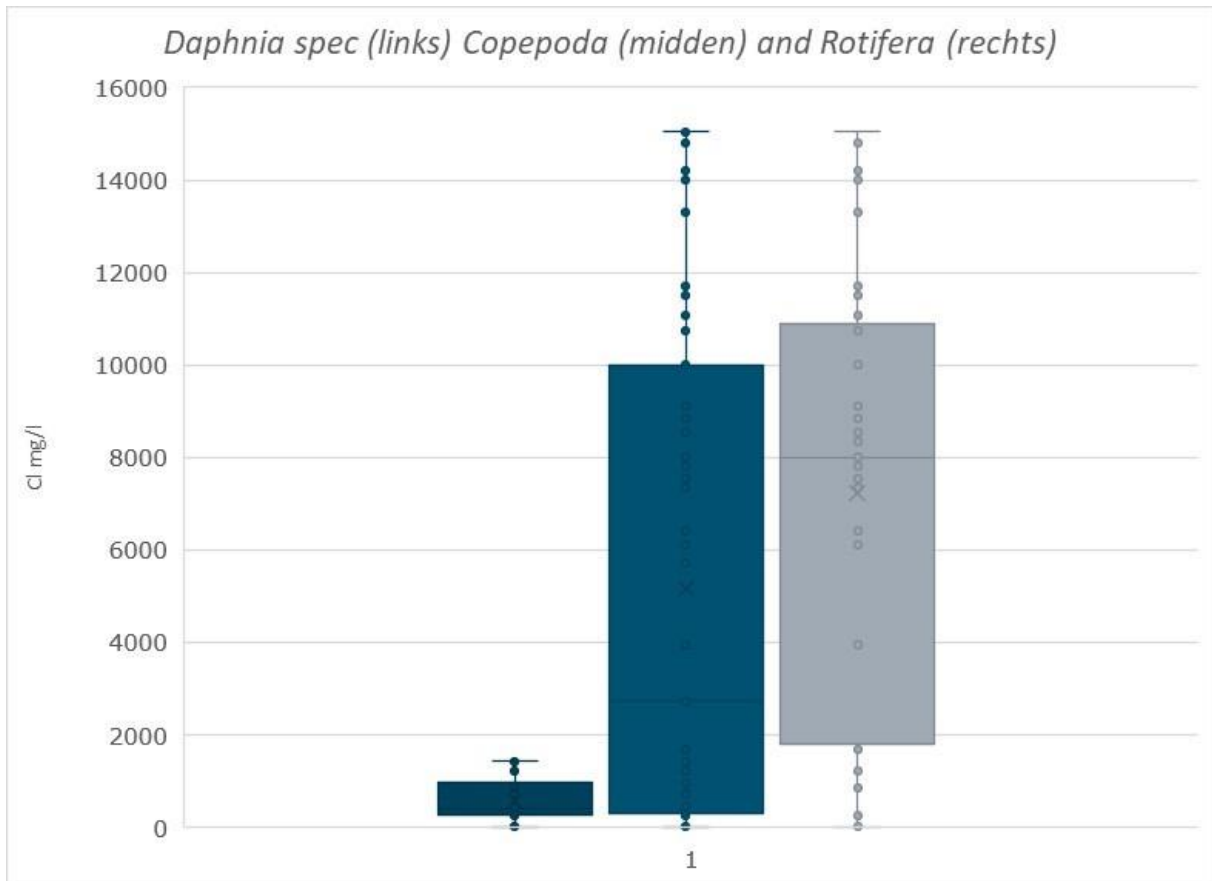
Watervlooien

Grote watervlooien, zoals *Daphnia*-soorten, worden alleen bij lage chlorideconcentraties aangetroffen, terwijl taxa zoals Roeipootkreeftjes en Raderdiertjes ook bij hogere zoutgehalten kunnen domineren (Figuur 5). Bij deze

geobserveerde grenzen in voorkomen spelen twee mechanismen een rol. Enerzijds is er het directe effect van een toenemend zoutgehalte op de soorten de watervlooien en daarmee op de graasdruk van algen. De grote watervlooien (*Daphnia* sp.) zijn minder tolerant voor chloride vergeleken met de kleinere watervlooien zoals Roeipootkreeftjes en Raderdiertjes. *Daphnia magna* is de enige grote watervlo die hogere zoutconcentraties tolereert.

Naast het directe effect van een toenemend zoutgehalte op de samenstelling van het zoöplankton en daarmee op de graasdruk van algen, zijn er ook indirecte effecten die leiden tot een verlaagde graasdruk op algen. Deze indirecte effecten verlopen via de voedselketen en omvatten de predatie op *Daphnia* sp. door vis, aasgarnalen en steurgarnalen. Daarbij speelt ook de nutriëntenbelasting een rol, omdat in voedselrijker water de dichtheden van zowel kleine vis als aasgarnaal hoger zijn.

Onderzoek in Denemarken ([Jeppesen et al., 1994](#)) heeft uitgewezen dat bij hogere chloridegehalten er een verschuiving in de vispopulatie optreedt van kleinere aantallen grote vis naar grotere aantallen kleine vis zoals driedoornige stekelbaars. Deze kunnen gemakkelijker tussen de waterplanten of andere structuren onder water jagen op de daar schuilende *Daphnia*-soorten. Dit draagt extra bij aan de bovengrens van het voorkomen van *Daphnia*-soorten in brakke wateren in Nederland (Figuur 5). De aasgarnaal en brakwatersteurgarnaal kunnen zich tevens voeden met groot zoöplankton (zoals *Daphnia*'s), waardoor eveneens de dichtheid hiervan afneemt. We kunnen dus concluderen dat *Daphnia*-soorten alleen een belangrijke rol spelen in het voedselweb van zwak brakke wateren, i.e. beneden 1.000 mg/l Cl (Figuur 5) en dat de meeste *Daphnia*-soorten verdwijnen uit Nederlandse brakke wateren vanaf chlorideconcentraties tussen 1.100 – 1.400 mg Cl/l (Figuur 5). Deze range in voorkomen komt nauw overeen met Deens onderzoek in brakke wateren ([Jeppesen et al., 1994](#)). We gaan daarom uit van een 'omslagpunt' in het voedselweb van brakke wateren bij 1.000 mg Cl/l.



Figuur 5: Het voorkomen van *Daphnia* (meerdere soorten), *Copepoda* en *Rotatoria* als functie van het chloridegehalte (mg/l). De analyse is gebaseerd op een dataset van waterschap Scheldestromen van 1992 - 2017.

Omdat *Daphnia* sp. wèl een belangrijke rol spelen in zwak brakke wateren (< 1.000 mg/l Cl) functioneren deze als zoet wateren. Dit kan grote gevolgen hebben voor de helderheid van het water. *Daphnia* sp. zijn namelijk in staat om de biomassa van algen laag te houden, ook als deze algen snel groeien. Wanneer deze *Daphnia* sp. verdwijnen, wordt hun plek in het voedselweb overgenomen door Roeipootkreeftjes en Raderdiertjes, die minder efficiënte grazers zijn vergeleken met de grotere *Daphnia* soorten. Er is dan nog steeds sprake van top-down controle, maar deze is minder efficiënt, waardoor er een grotere kans bestaat op het optreden van troebel water. Het belangrijkste gevolg is dat – bij een toenemend zoutgehalte (boven 1.000 mg Cl/l) en toenemende nutriëntenbelasting – helder water bij lagere chlorideconcentraties zal veranderen in troebel water.



Figuur 6: Brak-water kreek met vegetatie en droogvallende oever

6. CONSEQUENTIES VOOR KRW MAATLATTEN

M30 wateren worden gedefinieerd als zwak brakke wateren met een chloridegehalte tussen 300 en 3.000 mg/l. Deze zourange van 300 tot 3.000 mg Cl/l is erg breed. Onze analyse van het voedselweb laat zien dat we van een

'omslagpunt' in het ecologisch functioneren van brakke wateren kunnen spreken bij 1.000 mg Cl/l. Om tot de juiste doelen en maatregelen te komen is het daarom nodig brakke wateren beneden en boven 1.000 mg/l Cl op te splitsen in een M30a type (met een zoutgehalte van 300 – 1.000 mg Cl/l) en een M30b type (met een zoutgehalte van 1.000 – 3.000 mg Cl/l). Als alternatief kan ervoor gekozen worden om de zwak brakke wateren in te delen als aparte categorie binnen de zoete wateren en M30 te definiëren als brakke wateren tussen 1.000 en 3.000 mg/l.

De grenswaarde van 1.000 mg Cl/l is ook relevant voor de drempelwaarden voor nutriënten:

< 1.000 mg/l Cl: drempelwaarden voor nutriënten aanhouden voor 60 en 80 µg chlorofyl/l;

> 1.000 mg/l: de methodiek van [Portielje \(2005\)](#) is niet goed toepasbaar op de relaties in brakke wateren, want deze is gebaseerd op de relaties tussen de nutriëntengehalten in het oppervlaktewater, het chlorofyl-a gehalte en daarmee het doorzicht en het voorkomen van ondergedoken waterplanten. In matig en sterk brakke wateren verlopen deze relaties anders door het wegvallen van groot zoöplankton en de daardoor minder efficiënte begrazing van algen, en door de predatiedruk op groot zoöplankton door vis, aasgarnalen en steurgarnalen in voedselrijke brakke wateren. In deze voedselrijke brakke wateren komen waterplanten voor bij nutriëntengehalten boven de afgeleide drempelwaarden en wel in ondiep, troebel water, dat deels droogvalt en waar voldoende licht op de bodem doordringt.

We bevelen ook aan om subtype M1b (zwak brakke sloten) apart te blijven onderscheiden. Voor brakke sloten dient een onderscheid te worden gemaakt in brakke sloten op zand en brakke sloten op klei.

7. 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 gegevens van alle waterbeheerders die brakke wateren in hun beheersgebied hebben.

8. GOVERNANCE

De Kaderrichtlijn Water (KRW) verplicht de lidstaten eens in de 6 jaar stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP) vast te stellen. In de SGBP worden de ontwikkelingen in de waterkwaliteit, evenals de resterende opgaven en bijbehorende maatregelen geschetst. De eerste lichte SGBP 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 van 2015. Met de SGBP van 2021, die de inzet weergeeft voor de periode 2022-2027, heeft er nogmaals een actualisatie plaatsgevonden. [Deze werkprogramma's SGBP 2022 - 2027](#) worden / zijn uitgewerkt en hierin kunnen aangepaste en meer gedifferentieerde doelen voor brakke wateren worden opgenomen.

9. KENNISLEEMTES

In dit onderzoek zijn hoofdzakelijk patronen in beeld gebracht op basis van monitoringsgegevens van aan- en afwezigheid van soorten en de aanwezige abiotische condities. Het is vaak nog onduidelijk welke processen hieraan ten grondslag liggen. Hiervoor is nader (experimenteel) onderzoek noodzakelijk. Met behulp van dergelijk onderzoek kunnen causale verbanden inzichtelijk worden gemaakt, doordat de effecten van verschillende factoren individueel onderzocht kunnen worden.

Een voorbeeld hiervan is de rol van het lichtklimaat in brakke wateren. Brakke wateren zijn vaak troebel, maar kunnen desondanks gedomineerd worden door ondergedoken waterplanten. Resultaten uit het voorliggende onderzoek ondersteunen dit fenomeen. Toch speelt eutrofiëring een duidelijke rol bij de achteruitgang van ondergedoken waterplanten in brakke wateren. Aanvullend experimenteel onderzoek zou zich kunnen richten op welke factoren de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten in brakke wateren beïnvloeden en hoe deze door het seizoen en per levensstadia kunnen verschillen.

Meer inzicht in de effecten van zout- en nutriëntfluxen (bijvoorbeeld met behulp van water- en stofbalansen) in relatie tot de verblijftijd van het oppervlaktewater in verschillende brakwaterecosystemen kan aanvullende inzichten geven in de wijze waarop de systemen functioneren.

10. BRONNEN EN LINKS

[Boer, de, K.](#), en [W. J. Wolff](#), 1996. "Tussen zilt en zoet." Voorstudie naar de betekenis van estuariene gradiënten in het Waddengebied. Rapport. Vakgroep Mariene Biologie, Rijksuniversiteit Groningen, Haren.

[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

[Den Hartog, C.](#), 1959. The epilithic algal communities occurring along the coast of the Netherlands. *Wentia 1*: 1-241.

[Den Hartog, C.](#), 1967. Brackish water as an environment for algae. *Blumea 15*: 31-34.

[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.

[Jeppesen, E.](#), [Søndergaard, M.](#), [Pedersen, A.R.](#) et al. Salinity Induced Regime Shift in Shallow Brackish Lagoons. *Ecosystems 10*, 48-58 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10021-006-9007-6>

[Kolbe, K.](#) [Kaminski, E.](#), [Michaelis, H.](#), [Obert, B.](#), & [Rahmel, J.](#) (1995). Macroalgal mass development in the Wadden Sea: first experiences with a monitoring system. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 49(1), 519-528.

[Lavery, P.S.](#), [Lukatelich, R. J.](#), & [McComb, A. J.](#) (1991). Changes in the biomass and species composition of macroalgae in a eutrophic estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 33(1), 1-22. [Moss, B.](#) (1994). Brackish and freshwater shallow lakes - different systems or variations on the same theme? *Hydrobiologia*, 275-276(1), 1-14. doi: 10.1007/bf00026695

[Portielje, R.](#), 2005. Stuurbaarheid ecologische doelvariabelen KRW – abundantie fytoplankton in meren. RIZA Werkdocument 2005.081x. 19 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

[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)

11. COLOFON

Dit Deltafact is geschreven in het kader van het project Brakke Wateren van de Kennisimpuls Waterkwaliteit. In de Kennisimpuls 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 deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Auteurs

G.H.P. Arts, Wageningen Environmental Research; G.J. van Geest, Deltares; G. van Dijk, Onderzoekcentrum B-WARE & Radboud

Versie

Versie 1, juni 2022