

Planktonontwikkeling De Kier

Effectrapportage 2018-2022

ing. G.L. Verweij, ing. C.A. Bultstra



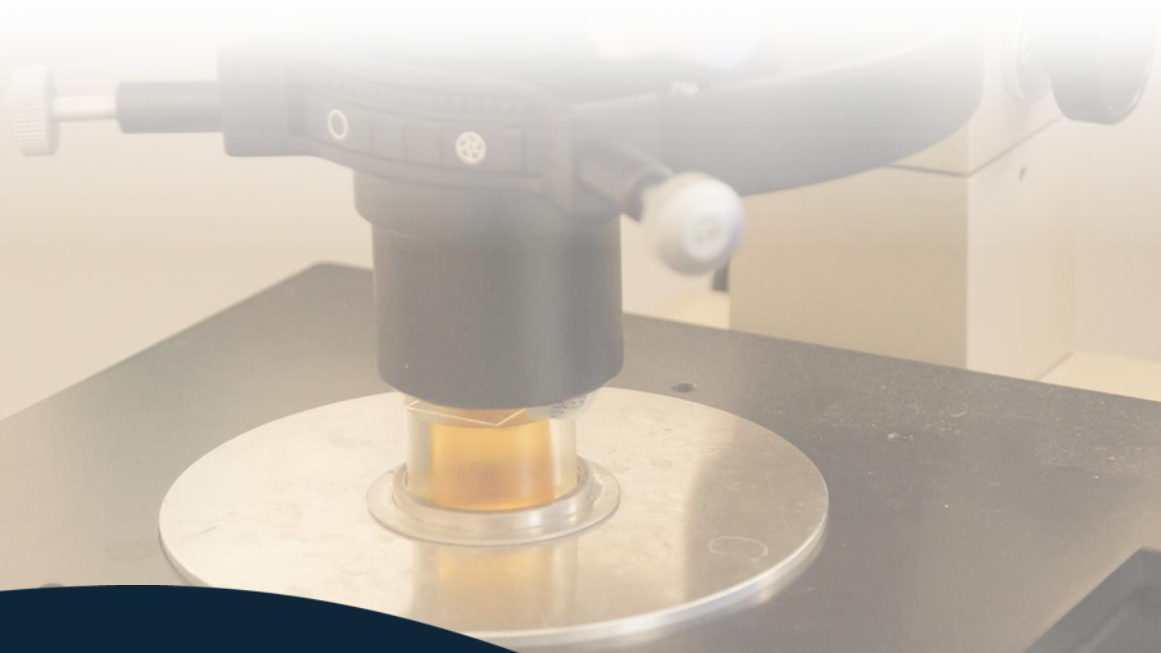
**WAARDEN
BURG**
Ecology

**we
consult
nature.**

Planktonontwikkeling De Kier

Effectrapportage 2018-2022

ing. G.L. Verweij, ing. C.A. Bultstra



Planktonontwikkeling De Kier

Effectrapportage 2018-2022

ing. G.L. Verweij, ing. C.A. Bultstra

Status uitgave: definitief

Rapportnummer: 23-291
Projectnummer: 22-0025
BM-nummer: BM 23.22
Datum uitgave: 27 september 2023
Projectleider: Ing. G.L. Verweij
Tweede lezer: BSc A. van den Oever
Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening
Postbus 17, 8200 AA Lelystad
Referentie opdrachtgever: RWS 31174871
Akkoord voor uitgave: ir. G.H. Bonhof
Foto omslag: *Petronis humerosa*; B. Sanjabi / Waardenburg Ecology
Datum akkoord: 27 september 2023

Graag citeren als: Verweij, G.L., C.A. Bultstra. 2023. Planktonontwikkeling De Kier. Effectrapportage 2018-2022. Rapport 23-0291. Waardenburg Ecology, Culemborg.

Trefwoorden: fytoplankton, zoöplankton, de Kier, Haringvliet, effectrapportage

Waardenburg Ecology is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Waardenburg Ecology. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Waardenburg Ecology voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Waardenburg Ecology / Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Waardenburg Ecology, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Waardenburg Ecology is een handelsnaam van Bureau Waardenburg BV. Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem is gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Waardenburg Ecology hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

Waardenburg Ecology Varkensmarkt 9, 4101 CK Culemborg, 0345 512710
info@waardenburg.eco, www.waardenburg.eco

Voorwoord

Op 16 januari 2019 stonden de Haringvlietsluizen voor het eerst op een kier. Met deze maatregel wordt het Kierbesluit uit het jaar 2000 uitgevoerd. De maatregel heeft als doel de vismigratie en het ecosysteem van het estuarium te verbeteren. Via de Kier stroomt zout water het Haringvliet binnen. Het veranderen van de zoet-zout gradiënten zal effect hebben op alle niveaus van het ecosysteem. Om deze effecten goed te volgen en hiervan te leren en zo nodig het beheerregime van de Haringvlietsluizen bij te stellen is het van belang een nulpunt te hebben waaraan de effecten gerelateerd kunnen worden. In de *“Nulrapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta ‘Lerend implementeren Kierbesluit’ 2009-2018”* (B. Reeze et al, 2020) is hier invulling aan gegeven.

In de bovengenoemde nulrapportage is het proces van veranderingen in voedselwebverband en in de ecologische samenhang beschreven. In de voorliggende rapportage wordt specifiek ingegaan op de fytoplanktongemeenschap in de periode 2018-2022 op vijf hiervoor geselecteerde monsterlocaties, vier in het Haringvliet en een in de Voordelta. Daarnaast wordt op twee van de vier locaties in het Haringvliet ook gekeken naar de zoöplanktongemeenschap. Er wordt een vergelijking gemaakt tussen de verschillende meetjaren (2018-2022) voor wat betreft de planktongemeenschap in relatie tot de verzilting van het Haringvliet.

De voor deze effectrapportage gebruikte analysegegevens zijn dit jaar en in de voorgaande jaren aan RWS-CIV opgeleverd (Bultstra & Sanjabi 2021; 2022 en 2023, van den Oever et al, 2019; 2020; 2021, 2022 en 2023). Voor de ontwikkeling van het zoöplankton is gebruik gemaakt van de door RWS aangeleverde gegevens (Soesbergen en Jonker 2023).

De data-analyse en rapportage is uitgevoerd door Ing. C.A. Bultstra en Ing. G.L.Verweij. Ing. R. M. van Wezel en M. Soesbergen (Rijkswaterstaat CIV) leverde commentaar op eerdere versies van deze rapportage.

De inhoudelijke begeleiding vanuit Rijkswaterstaat berustte bij R.M. van Wezel. Binnen Bureau Waardenburg was ing. A. van den Oever verantwoordelijk voor de projectcoördinatie. De projectleiding was in handen van A. van den Oever.

Inhoud

Voorwoord	4
Samenvatting	6
1 Inleiding	8
1.1 Vraagstelling	8
1.2 Verwachte effecten Kierbesluit	8
2 Materiaal en Methode	11
2.1 Meetlocaties	11
2.2 Monstername	12
2.3 Soortgroepen en milieuvoorkeur	13
3 Resultaten	14
3.1 Saliniteit	14
3.2 Soortensamenstelling en abundantie fytoplankton	15
3.3 Zoöplankton	16
4 Effectanalyse	19
4.1 Saliniteit	19
4.2 Fytoplankton	20
4.2.1 Potentieel toxische soorten	22
4.2.2 Phaeocystis	23
4.3 Zoöplankton	24
5 Discussie	25
6 Conclusie en Aanbevelingen	27
Literatuur	29
Bijlage I Maandgemiddelde dichtheden	30
Bijlage II Zomergemiddelden fytoplankton HARVSS en GOERE2	32



Samenvatting

Op 16 januari 2019 stonden de Haringvlietsluizen voor het eerst op een kier. Met deze maatregel wordt het Kierbesluit uit het jaar 2000 uitgevoerd. De maatregel heeft als doel de vismigratie en het ecosysteem van het estuarium te verbeteren. Het veranderen van de zoet-zout gradiënten zal effect hebben op alle niveaus van het ecosysteem waaronder de ontwikkeling van de fyto- en zoöplanktonsamenstelling. In deze rapportage wordt ingegaan op de veranderingen in de planktonsamenstelling in relatie tot de saliniteit.

Sinds 2018 wordt op vijf locaties de fytoplanktongemeenschap bemonsterd. De monsters worden genomen op één locatie in de Voordelta (KIER 1) en vier in het Haringvliet (KIER 2 t/m 5). Dit zijn nieuwe, aanvullende meetpunten naast de gebruikelijke meetpunten in het Haringvliet (HARVSS) en de Voordelta (GOERE2) die bemonsterd worden in het kader van de MWTL-monitoring. De meerjaren gegevens van HARVSS en GOERE2 worden ter vergelijking meegenomen in de discussie en conclusie.

De effecten van een verandering in saliniteit op de soortsamenstelling van het plankton is getoetst door naast de verandering in saliniteit, ook de verandering van verschillende parameters te toetsen. Er is gekeken naar veranderingen in de Chlorofyl-a waarden, de dichtheden fytoplankton in cellen/liter, het aantal aangetroffen taxa en de Shannon diversiteitsindex. Voor het zoöplankton is met name gekeken naar de veranderingen in soortsamenstelling uitgedrukt in dichtheden en biovolumes waarbij de soorten zijn onderverdeeld in vijf taxonomische hoofdgroepen te weten Cladocera, Rotifera, Ciliata, Copepoda en Mollusca.

Op alle vijf locaties lijkt de saliniteit niet te zijn veranderd. In de oppervlaktelaag is ten opzichte van 2018 een afname te zien van het chlorofyl-a, en de dichtheid aan fytoplankton in 2019, 2020 en 2021. Het aantal aangetroffen taxa is in de verschillende meetjaren min of meer gelijk. De zomergemiddelde dichtheden van potentieel toxische dinoflagellaten in 2022 zijn over het algemeen hoger dan in voorgaande jaren.

De zomergemiddelde dichtheden en biovolumes van het zoöplankton verschillen van jaar tot jaar. In 2022 lagen de waarden hoger dan de voorgaande drie meetjaren (2019-2021). De onderzoeksperiode is nog te kort om een trend in ontwikkeling te kunnen aantonen.

Op basis van de huidige saliniteitsgegevens kan een verzilting van het Haringvliet niet worden aangetoond. De veranderingen in de planktonsamenstelling kunnen daarmee niet direct worden gerelateerd aan een verandering van de saliniteit. Als de fytoplanktongegevens van de Kier-locaties worden vergeleken met de langjarige fytoplanktonreeks van Haringvlietsluis kan worden gesteld dat geconstateerde veranderingen in dichtheden van het fytoplankton de jaarlijkse fluctuaties volgen. De lichte



toename van fytoplankton-taxa van brakke milieus in 2020 en 2021 lijkt te stagneren. Voor het zoöplankton zijn geen gegevens van andere locaties in het Haringvliet beschikbaar.

1 Inleiding

Achtergrond

Het Haringvliet is van oorsprong een natuurlijke zeearm. Door de afsluiting van het Haringvliet in 1970 verdwenen het zoute water, de natuurlijke getijdenstromingen en werd de getijslag gereduceerd. Hiermee verdwenen ook de bijbehorende natuurwaarden uit het gebied. Om de oorspronkelijke natuurwaarden terug te brengen zijn in de afgelopen decennia veel onderzoeken uitgevoerd. Uiteindelijk is er voor gekozen de sluisen in beperkte mate open te stellen. Dit is vastgelegd in het Besluit Beheer Haringvlietsluizen (RWS, 2000) in de volksmond 'Kierbesluit'. Door openstelling van de sluisen stroomt er zeewater in het Haringvliet. Om dit mogelijk te maken, zijn compenserende maatregelen genomen om de zoetwatervoorziening voor de omliggende functies (drinkwater, landbouw) te borgen.

1.1 Vraagstelling

Op 16 januari 2019 stonden de Haringvlietsluizen voor het eerst op een kier. Via de kier komt zout water in het Haringvliet. Het veranderen van de zoet-zout gradiënten zal effect hebben op alle niveaus van het ecosysteem waaronder de ontwikkeling van de fyto- en zoöplanktensamenstelling. In deze rapportage wordt ingegaan op de veranderingen in de planktensamenstelling in relatie tot de saliniteit in de jaren 2018 tot en met 2022.

1.2 Verwachte effecten Kierbesluit

De effecten van het openen van de Haringvlietsluizen zullen naar verwachting geen tot nauwelijks effect hebben op de situatie in de Voordelta. De effecten zullen vooral zichtbaar zijn in het Haringvliet. De mogelijke biotische en abiotische effecten zijn uitgebreid beschreven in de Nul rapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren Kierbesluit' (B. Reeze *et al.* 2020). In de voorliggende rapportage wordt alleen ingegaan op de effecten met betrekking tot de saliniteit en de planktengemeenschap.

Beknopt overzicht te verwachten effecten fyto- en zoöplankton

Er zal zout water worden ingelaten op de momenten dat dit zoute water te beheersen is, dat wil zeggen, bij hogere afvoeren van zoet water (zogenoemde Bovenrijnafvoer). Dit is met name het geval in de winterperiode: november-maart. De bovenste laag (tot 8 meter diepte) kan dan bij elke getijdenbeweging worden verversd met rivierwater. In de diepere delen (>8 meter) nabij de Haringvlietdam blijft brak tot zout water langdurig aanwezig. Hoe ver oostelijk het brak-zoutwater in de diepere delen beheerst achter kan blijven is nog onbekend. Er ontstaat geen ondiepe brakwaterzone in het Haringvliet, deze is wel aanwezig in de Voordelta.



Bij lagere afvoeren (Bovenrijnafvoer $<1.100 \text{ m}^3/\text{s}$) wordt er niet gespuid en is de Kier gesloten. Voorafgaand aan het sluiten van de sluizen bij zowel eb als vloed moeten ook de diepere putten zoet gespoeld worden. Dit spoelen gaat tot een diepte tot 8 meter goed, in de diepere delen is zoetspoelen lastiger en zal het langer duren om het zoute/brakke water weg te krijgen. Hoe lang de diepere delen moeten worden gespoeld wordt nog onderzocht. Het zoetspoelen is nodig om te voorkomen dat de bovenlaag (0-5 meter) zout wordt (Chloridegehalte $>150 \text{ mg/l}$). Vanuit de diepe putten diffundeert het zout vrij langzaam naar boven (orde van grootte: weken). Eenmaal in de bovenlaag verspreidt het zout zich veel sneller, afhankelijk van de omstandigheden; met name de windkracht en -richting zijn hierin bepalend (orde van grootte: dagen).

Als gevolg van het inlaten van zout water en het zoetspoelen zal sprake zijn van sterke wisselingen in het zoutgehalte (saliniteit), een toename van de turbiditeit (als gevolg van de veranderende stromingspatronen, o.a. dichtheid gedreven circulatie) en een afname van het doorzicht, met name in een beperkte zone direct ten oosten van de Haringvlietdam. Ook in de diepe putten nabij de Haringvlietdam zal sprake zijn van schommelingen in het zoutgehalte. Deze schommelingen zullen kleiner zijn op grotere diepte. Nabij de bodem blijft waarschijnlijk altijd een dunne laag brak tot zout water aanwezig.

Naar verwachting zal het fytoplankton in de ondiepe (oever)zones van het Haringvliet (0-3 meter diepte, m.u.v. de zone direct ten oosten van de Haringvlietdam) onveranderd blijven. De voornaamste effecten van het kierbeheer worden verwacht in het Haringvliet. Zo kunnen diverse (zoutwater)fyto- en zoöplankton-soorten met de vloedstroom (passief) het Haringvliet bereiken.

De toekomstige ontwikkeling van het fytoplankton is afhankelijk van de frequentie, de duur en het jaargetijde waarin de sluizen geopend zijn. Bij een hoge frequentie en duur van de openstelling zal het aandeel taxa van brakke en marien-brakke taxa toenemen. In delen waar zout en brak water langdurig aanwezig zijn kan zich mogelijk een stabiele brakke levensgemeenschap vestigen. Dit geldt met name voor de diepere delen (putten > 8 meter). Het milieu zal waarschijnlijk niet zo zout worden dat het geschikt wordt voor mariene taxa.

De periode in het jaar waarin de sluizen worden geopend, heeft invloed op het voorkomen van potentieel toxische taxa van het fytoplankton. De toxische taxa van mariene milieus bloeien voornamelijk in mei en kunnen bij het openen van de sluizen in het voorjaar het Haringvliet instromen.

In de tweede helft van het jaar treden over het algemeen geen bloeien van toxische taxa in het mariene milieu op, maar worden wel bloeien van blauwalgen in het Haringvliet waargenomen. Omdat deze blauwalgen slecht tegen zout water kunnen, is het waarschijnlijk dat met een toenemende saliniteit de bloei van deze soorten zal afnemen.

Zoöplankton speelt als schakel tussen de planktonalgen en vis een belangrijke rol in de voedselketen. Veranderingen in de dichtheid van het fytoplankton en de samenstelling van het fytoplankton kunnen invloed hebben op het voorkomen van zoöplankton. Ook



veranderingen in de saliniteit kan invloed hebben op de soortsamstelling van de zoöplanktongemeenschap. Zo kunnen er in de zone van zout naar zoet zich mogelijk eenoogkreeftjes vestigen waaronder specifiek soorten uit het *Eurytemora affinis*-complex en Synchaeta soorten. Deze soortgroepen weten zich goed staande te houden in uiteenlopende waarden van saliniteit en turbiditeit.

Leeswijzer

In de inleiding wordt de onderzoeksvraag en de verwachte effecten van het Kierbesluit uiteen gezet. Vervolgens komen in hoofdstuk twee de gebruikte methoden aan bod waarbij naast de meetlocaties ook de soortgroepen en milieuvorkeur worden besproken. Hoofdstuk drie geeft een beschrijving van de resultaten van de analyses waarna in hoofdstuk vier de effectanalyse wordt behandeld. Tenslotte volgen respectievelijk de hoofdstukken discussie en conclusie en aanbevelingen.

2 Materiaal en Methode

2.1 Meetlocaties

Sinds 2018 wordt zowel de fytoplankton- als de zoöplanktongemeenschap bemonsterd in het gebied nabij de Haringvlietdam. De monsters worden genomen op één locatie in de Voordelta (KIER 1; alleen fytoplankton) en vier in het Haringvliet (KIER 2 t/m 5; allen fytoplankton, KIER 2 en KIER 3 tevens zoöplankton). Dit zijn nieuwe, aanvullende meetpunten naast de gebruikelijke meetpunten in het Haringvliet (HARVSS) en de Voordelta (GOERE2) die bemonsterd worden in het kader van de MWTL-monitoring voor fytoplankton. De locaties zijn aangegeven op figuur 2.1. In deze rapportage worden alleen de analyseresultaten van de fytoplanktonmonsters van de locaties KIER 1 tot en met KIER 5 in beschouwing genomen. De meerjaren gegevens van HARVSS en GOERE2 worden ter vergelijking meegenomen in de discussie en conclusie.



Figuur 2.1 *Monsterlocaties in de Haringvliet-west. In deze rapportage worden de resultaten van de fytoplankton- en zoöplanktonanalyses van de locaties KIER 1 tot en met KIER 5 in beschouwing genomen.*



Tabel 2.1 Water- en monsterdiepte (in cm beneden wateroppervlakte) op basis van saliniteitsmetingen periode 2018-2022

Locatie	Milieu	Max diepte (cm)	OW	BOD
KIER 1	Marien	- 986	- 100	- 800
KIER 2	Zoet	- 891	- 100	- 800
KIER 3	Zoet	- 880	- 100	- 800
KIER 4	Zoet	- 881	- 100	- 800
KIER 5	Zoet	- 1502	- 100	- 800

2.2 Monstername

Saliniteit

De gegevens van de saliniteit zijn door RWS aangeleverd. De saliniteit is op dezelfde dagen als de fytoplanktonbemonstering bepaald. De bemonstering voor de saliniteit is op meerdere diepten in de waterkolom uitgevoerd (zie tabel 2.2);

- Wateroppervlakte (OW; ± 100 cm beneden wateroppervlak)
- Bodem (BOD; ± 100 cm boven bodem; effectief ± 800 cm beneden wateroppervlak)

In de meetjaren 2018 – 2020 en 2022 werd ook de gehele waterkolom bemonsterd. (\pm elke 100 cm vanaf wateroppervlak een monster). In 2021 werd de saliniteit alleen bepaald in het wateroppervlakte en de bodem.

Tabel 2.2 Monsterlocaties, periode en bemonsteringsdiepte .

Locatie	Milieu	OW (cm – opp)	BOD (cm – opp)	Jaren	Maanden
KIER 1	Marien	± 100	± 800	2018-2022	mrt – aug/sep
KIER 2	Zoet	± 100	± 800	2018-2022	mrt – aug/sep
KIER 3	Zoet	± 100	± 800	2018-2022	mrt – aug/sep
KIER 4	Zoet	± 100	± 800	2018-2022	mrt – aug/sep
KIER 5	Zoet	± 100	± 800	2018-2022	mrt – aug/sep

Fytoplankton

Het fytoplankton is standaard op twee diepten bemonsterd, in de oppervlaktelaag (OW; ± 100 cm beneden wateroppervlak) en in de bodemlaag (BOD; ± 100 cm boven bodem; effectief ± 800 cm beneden wateroppervlak). De bemonstering heeft van 8 maart 2022 tot en met 25 augustus 2022 plaatsgevonden.



Zoöplankton

Het zoöplankton is standaard over de gehele waterkolom bemonsterd. De bemonstering heeft van 9 maart 2022 tot en met 28 augustus 2022 plaatsgevonden. In de rapportage van RWS (Soesbergen en Jonker 2023) is in verband met de vergelijkbaarheid van voorgaande jaren gekozen om de analysegegevens van 29 juni 2022 te presenteren als dichtheden van juli 2022, de analysegegevens van 27 juli 2022 te presenteren als dichtheden in augustus 2022 en de resultaten van 28 augustus 2022 te presenteren als dichtheden in september 2022. Om reden van vergelijkbaarheid met de rapportage van Rijkswaterstaat is deze indeling overgenomen.

2.3 Soortgroepen en milieuvorkeur

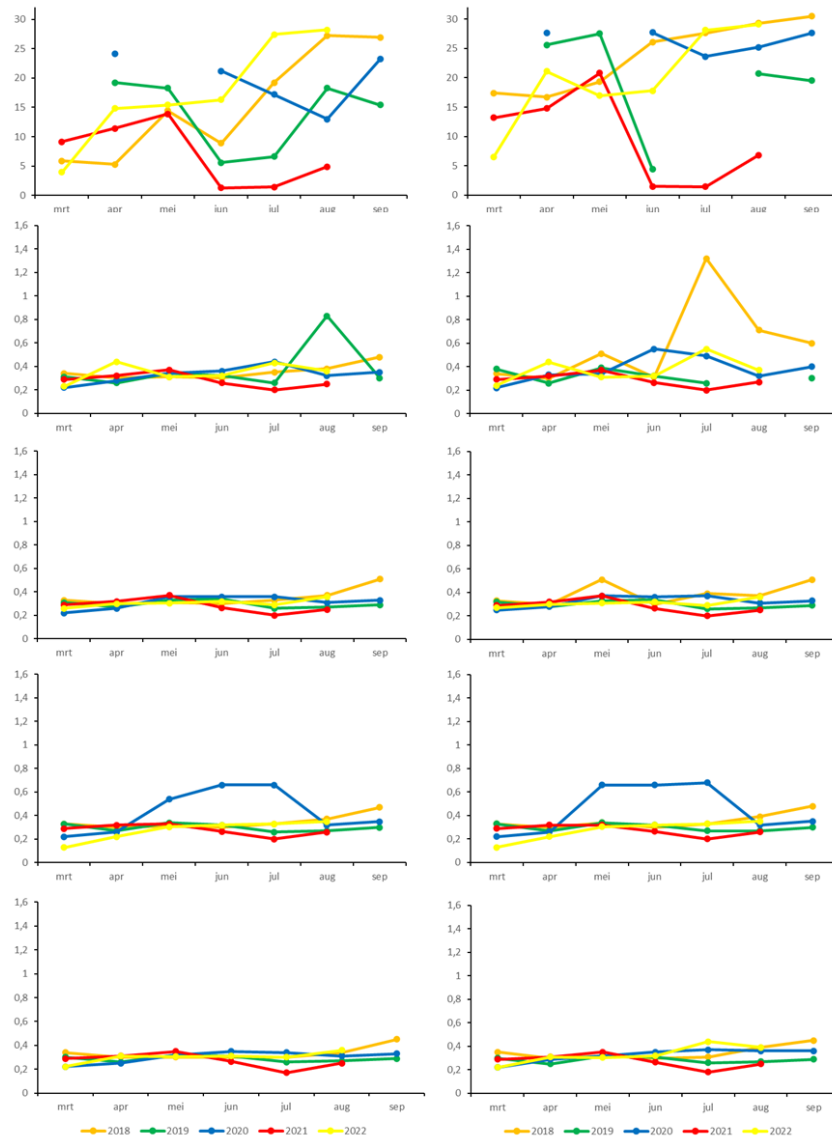
Om veranderingen in de fytoplanktongemeenschap te kunnen duiden zijn de taxa ingedeeld in een aantal groepen. Er is onderscheid gemaakt tussen taxonomische hoofdgroepen (Blauwalgen; Cryptophyceae; Diatomeeën; Dinoflagellaten; Groenalgen en Overig) en milieuvorkeur (Marien; Marien-Brak; Brak; Brak-Zoet; Zoet; Indifferent). Ook is gekeken of de gevonden taxa gecategoriseerd konden worden als Plaagalg, Potentieel toxische alg en/of Exoot.

Om veranderingen in de zoöplanktongemeenschap te kunnen duiden zijn de taxa ingedeeld in een aantal groepen. Er is onderscheid gemaakt tussen de taxonomische hoofdgroepen Cladocera, Rotifera, Ciliata, Copepoda en Mollusca.

3 Resultaten

3.1 Saliniteit

De saliniteit fluctueert gedurende het jaar (figuur 3.1). De gemeten waarden hangen samen met het openingsregime van de Haringvlietsluizen.



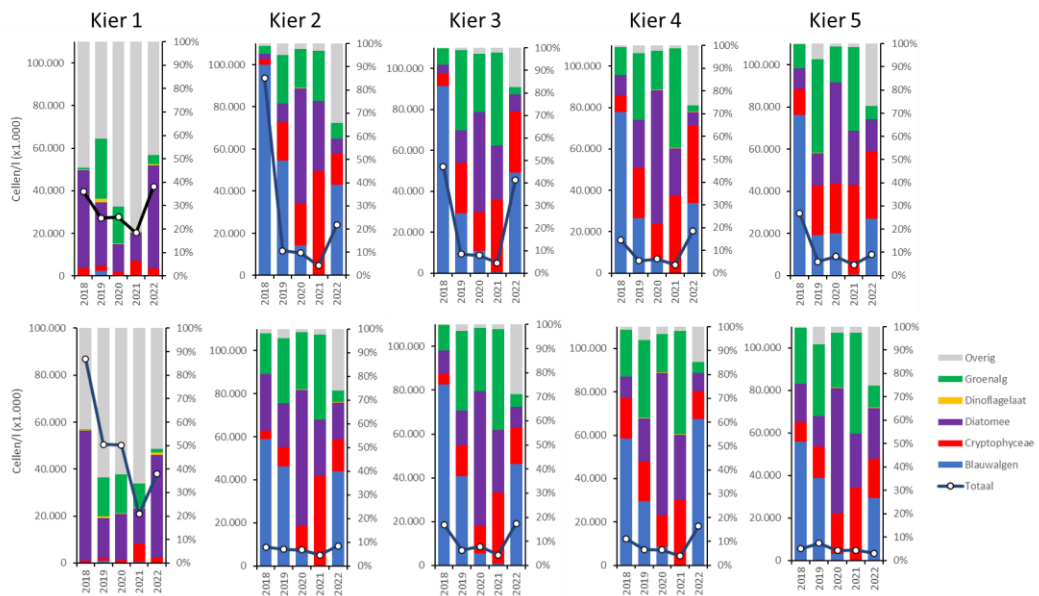
Figuur 3.1 Saliniteitswaarden (in m‰) van de locaties KIER 1 (boven) tot en met KIER 5 (onder) per maand in de oppervlaktelaag (links), de bodemlaag (rechts).



Op locatie KIER 1 kan de waterkwaliteit worden getypeerd als marien-brak (18-30 m‰). Over het algemeen zijn de saliniteitswaarden aan het eind van de zomerperiode het hoogst. Op de locaties KIER 2 – KIER 5 liggen de saliniteitswaarden over het algemeen tussen de 0,2 m‰ en de 0,6 m‰. Dit kan worden gekwalificeerd als zoet-brak water.

3.2 Soortensamenstelling en abundantie fytoplankton

De soortensamenstelling van de vijf Kier-locaties laat een jaarlijkse fluctuatie (Figuur 3.2 en Bijlage 1) zien, zowel in dichtheden in cellen per liter als in soortensamenstelling uitgedrukt in percentages van een zestal soortgroepen.

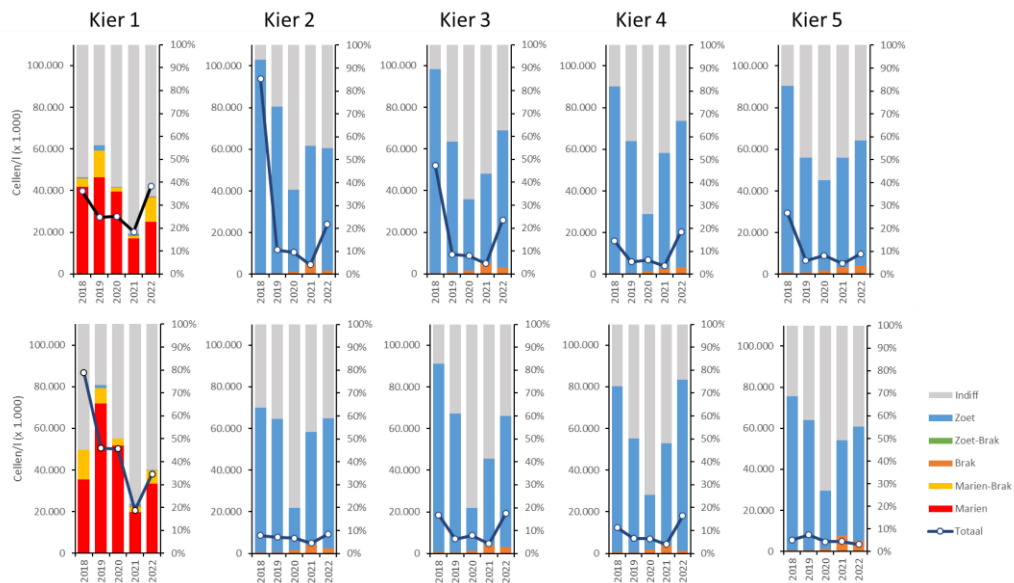


Figuur 3.2 Zomergemiddelde dichtheden fytoplankton (cirkel) in de **oppervlaktelaag** (boven) en **bodemlaag** (beneden) onderverdeeld in taxonomische hoofdgroepen (gekleurde balken, procentueel). Van links naar rechts de locaties KIER 1 tot en met KIER 5.

De zomergemiddelde dichtheden fytoplankton waren in 2022 hoger dan de voorgaande drie jaar, maar bereikten niet de dichtheden die in 2018 werden gemeten (Figuur 3.2). Net als in 2018 werden de hoge dichtheden op de locaties KIER 2 tot en met KIER 5 met name veroorzaakt door de bloei van blauwalgen. De hogere dichtheid aan cellen uit de groep Overig heeft te maken met een verschil in interpretatie van kleine fototrofe organismen (<3µm). Hierop wordt in de discussie nader ingegaan.

Als de milieuvoorkeur van de aangetroffen taxa in ogenschouw wordt genomen zien we de gestage toename in het aandeel van taxa uit brakke milieus (Figuur 3.3) stagneren. De zelfde ontwikkeling is zichtbaar op locatie HARVSS (Bijlage II; Figuur II.1).

Elk jaar worden op locatie KIER 1 taxa van zoete milieus aangetroffen. Dit lijkt samen te hangen met de relatief hoge afvoer van zoet water tijdens het spuien. Andersom worden nauwelijks mariene taxa aangetroffen op de locaties KIER 2 tot en met KIER 5.



Figuur 3.3 Zomergemiddelde dichtheden fytoplankton (cirkel) in de **oppervlaktelaag** (boven) en **bodemlaag** (beneden) onderverdeeld in milieuvoorkeur (gekleurde balken, procentueel). Van links naar rechts de locaties KIER1 tot en met KIER5.

3.3 Zoöplankton

Vanaf 2018 wordt op de locaties KIER 2 en KIER 3 zoöplankton bemonsterd. Omdat in 2018 op een andere wijze is bemonsterd dan in de overige jaren worden voor het zoöplankton de veranderingen in de periode 2019-2022 besproken.

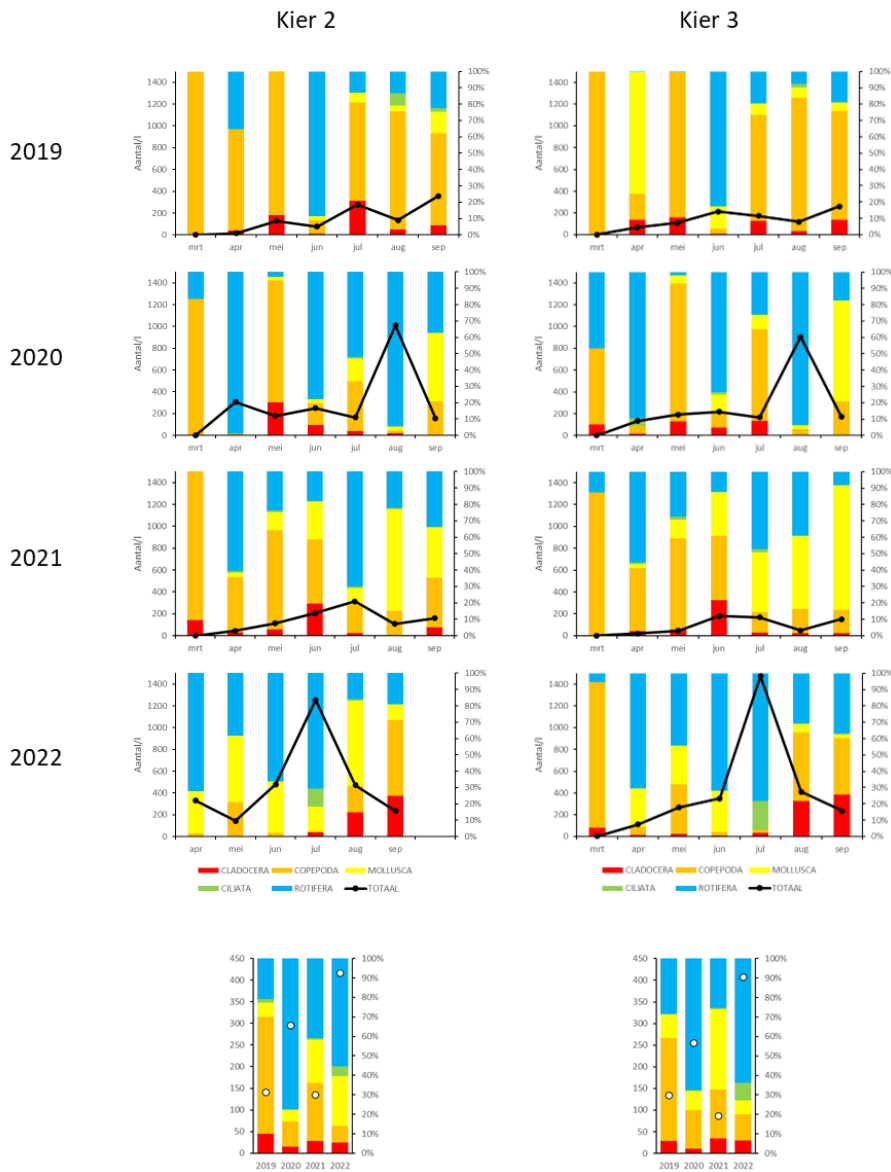
Dichtheden en soortsamenstelling

De zomergemiddelde dichtheden zoöplankton vertonen jaarlijkse fluctuaties. Over het algemeen zijn de dichtheden in de nazomer (juli-augustus) het hoogst (figuur 3.4). Zowel de dichtheid als de soortsamenstelling van het zoöplankton zijn op locaties KIER 2 en KIER 3 zeer vergelijkbaar.

Op basis van de dichtheden zijn de Rotifera en Copepoda de dominante soortgroepen. In 2022 zijn relatief veel individuen uit de soortgroep Ciliaten aangetroffen.



Dichtheden



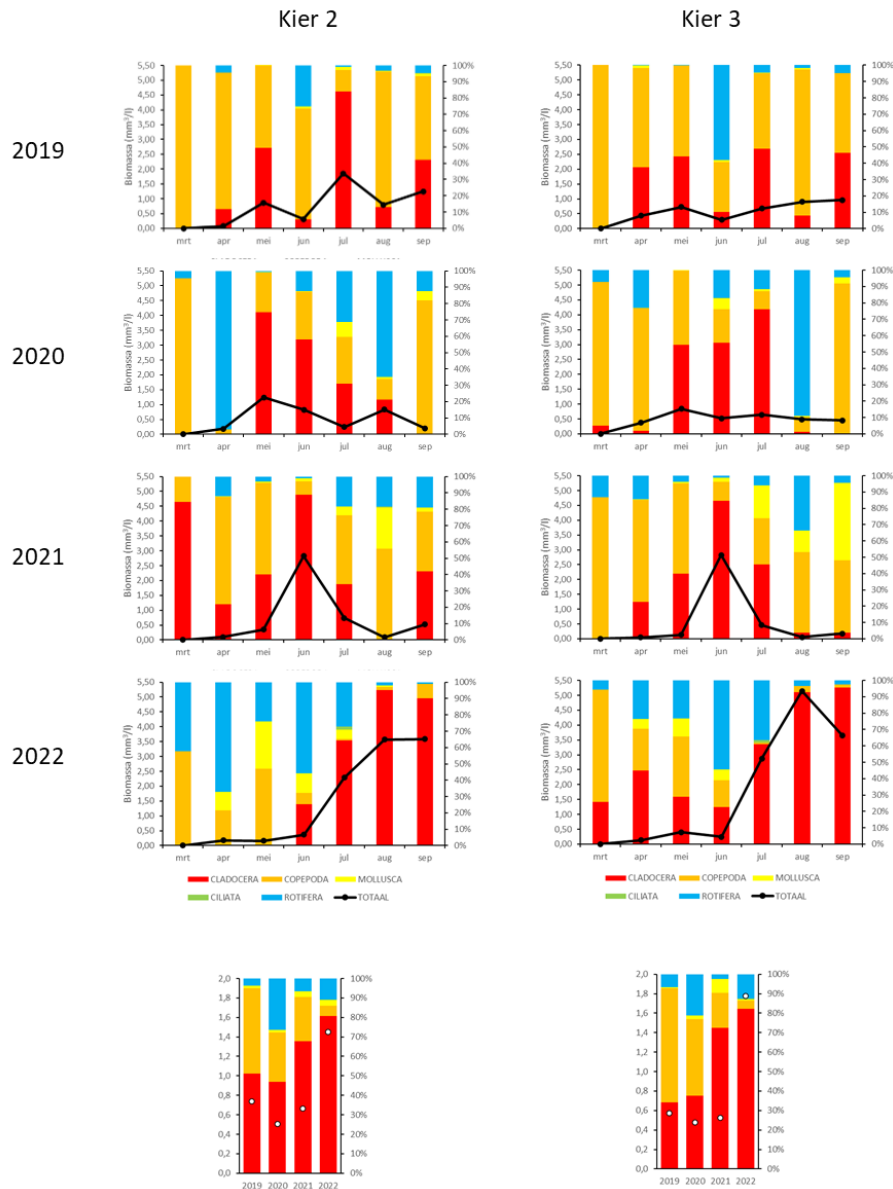
Figuur 3.4 De maandgemiddelde dichtheden zoöplankton (cirkel) op de locaties KIER2 (links) en KIER3 (rechts) onderverdeeld in taxonomische hoofdgroepen (gekleurde balken, procentueel). Van boven naar beneden de meetjaren 2019-2022. De onderste grafieken geven de zomergemiddelde dichtheden per jaar weer.

Biovolume en soortsaamenstelling

Ook de zomergemiddelde biovolumes van zoöplankton vertonen jaarlijkse fluctuaties. Over het algemeen zijn de biovolumes in de nazomer (juli-augustus) het hoogst (figuur 3.5). In 2022 werden de hoogste biovolumes in augustus en september gemeten. Zowel de dichtheid als de soortsaamenstelling van het zoöplankton zijn op locaties KIER 2 en KIER 3 zeer vergelijkbaar. Op basis van de zomergemiddelde biovolume is Cladocera de dominante soortgroep. In 2022 zijn relatief veel individuen uit de soortgroep Ciliaten



aangetroffen. Deze soortgroep bestond voornamelijk uit *Epistylis rotans* en *Epicarchesium pectinatum*.



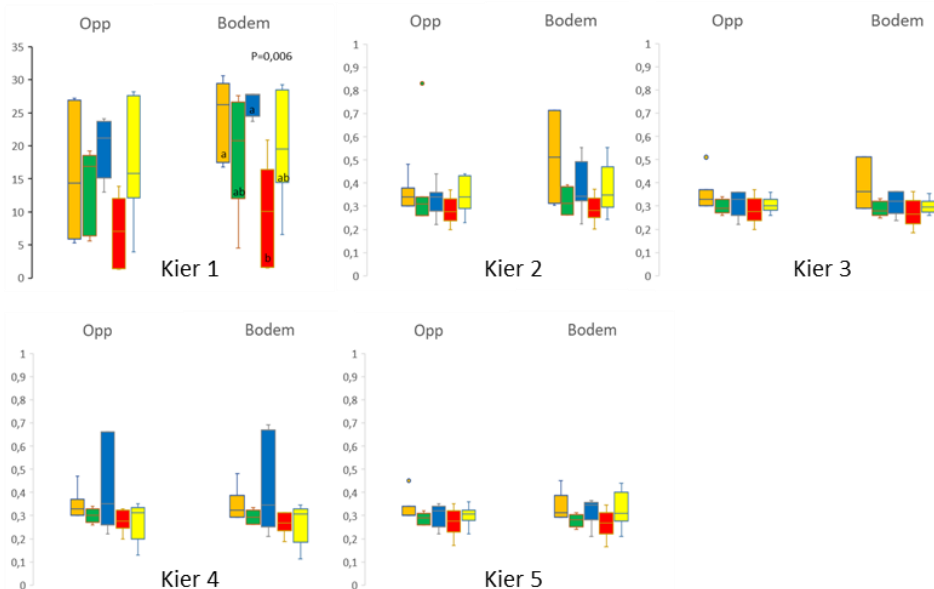
Figuur 3.5 De maandgemiddelde biovolume zoöplankton (cirke) op de locaties KIER2 (links) en KIER3 (rechts) onderverdeeld in taxonomische hoofdgroepen (gekleurde balken, procentueel). Van boven naar beneden de meetjaren 2019-2022. De onderste grafieken geven de zomergemiddelde biovolume per jaar weer.

4 Effectanalyse

De effecten van een verandering in saliniteit op de soortsamenstelling van het fytoplankton is getoetst door naast de verandering in saliniteit, ook de verandering van verschillende parameters te toetsen. Er is gekeken naar veranderingen in de Chlorofyl-a waarden, de dichtheden fytoplankton in cellen/liter, het aantal aangetroffen taxa en de Shannon diversiteitsindex.

4.1 Saliniteit

De zomergemiddelde saliniteit jaarlijks fluctueert op alle locaties. De verschillen tussen de zomergemiddelde saliniteit is getoetst met een One-way ANOVA. De zomergemiddelde saliniteit is in de periode 2018 - 2022 min of meer gelijk (Figuur 4.1), met uitzondering van de bodemlaag van locatie KIER 1. De saliniteit was in 2021 significant lager dan in 2018 en 2020. De saliniteit was ook lager dan in de zomers van 2019 en 2022, maar deze verschillen waren niet significant.

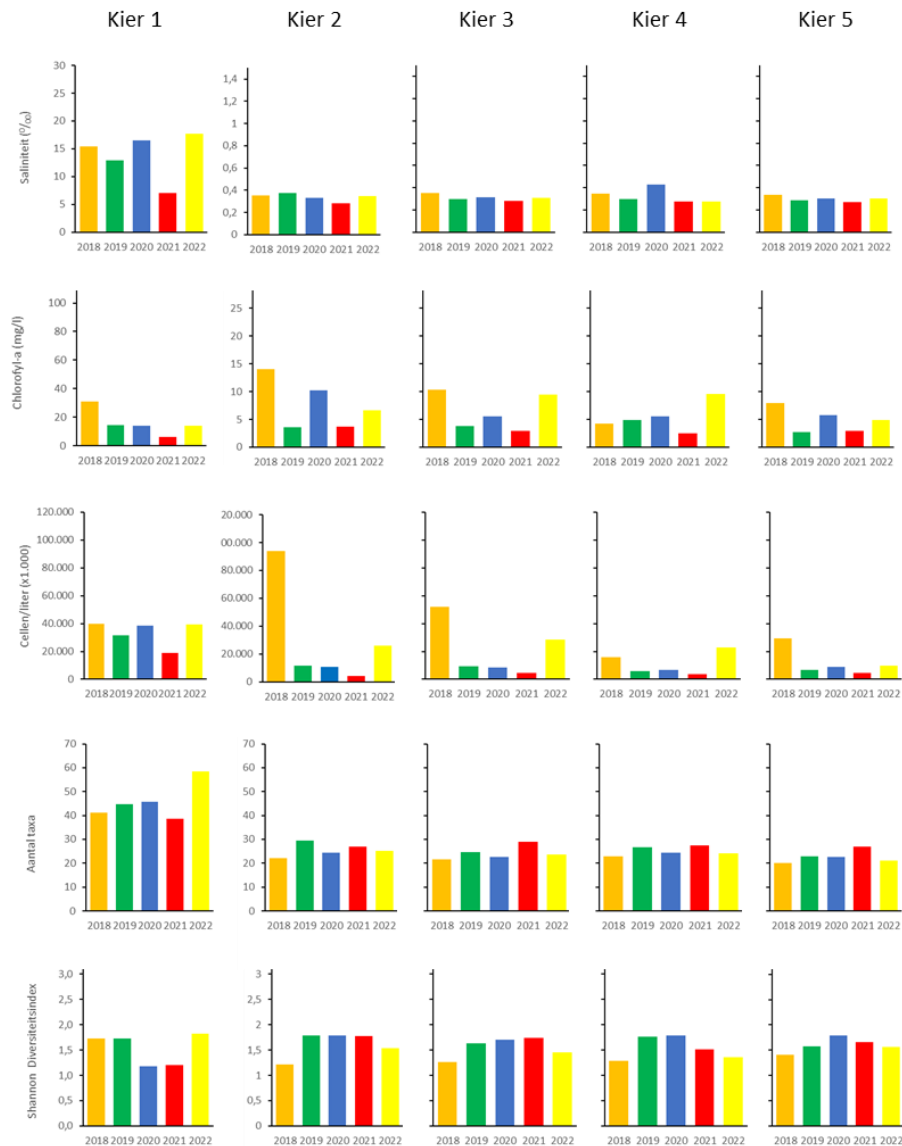


Figuur 4.1 Saliniteit van de verschillende Kier-locaties in respectievelijk de oppervlaktelaag en de bodemlaag in de meetjaren 2018 - 2022. Merk de verschillende maatverdeling op bij locatie KIER 1.



4.2 Fytoplankton

De veranderingen in de fytoplanktongemeenschap zijn getoetst aan de hand van de zomergemiddelde dichtheden. Hierbij is in de eerste plaats gekeken naar de parameters Chlorofyl-a (mg/l); dichtheid (cellen/l); aantal taxa en de Shannon index voor soortdiversiteit. De verschillen tussen de zomergemiddelden zijn getoetst met een One-way ANOVA.



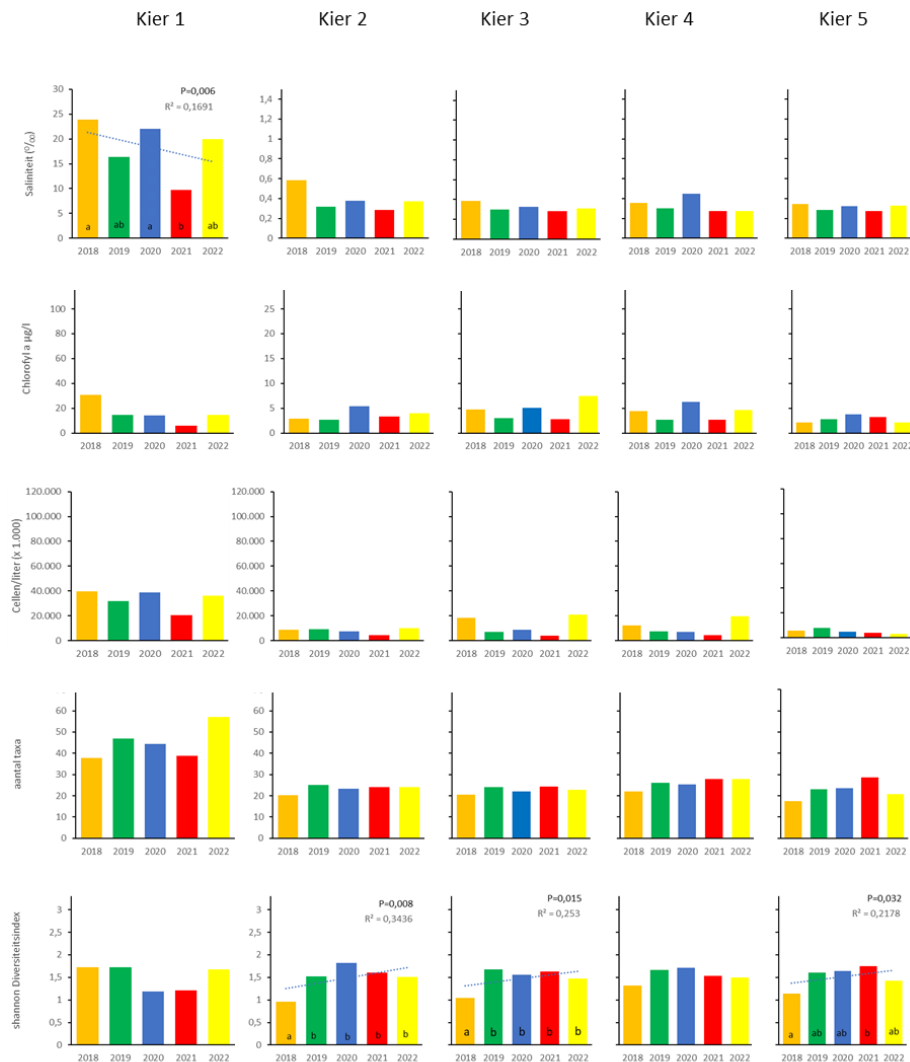
Figuur 4.2 Zomergemiddelden van verschillende parameters in de **oppervlaktelaag** in de periode 2018-2022. Van links naar rechts de locaties KIER 1 tot en met KIER 5. Van boven naar beneden achtereenvolgend Saliniteit (ter vergelijking); Chlorofyl-a; cellen/liter; aantal taxa en Shannon diversiteitsindex.



De zomergemiddelden chlorofyl a concentratie en de zomergemiddelde dichtheid aan algen in de oppervlaktelaag (Figuur 4.2) is in 2018 hoger dan in de jaren 2019 -2022, met uitzondering van locaties KIER 3 en KIER 4 voor het chlorofyl. De verschillen zijn echter niet significant. Het aantal aangetroffen taxa en de biodiversiteit zijn in de verschillende meetjaren min of meer gelijk.

In de bodemlaag is voor een aantal parameters min of meer eenzelfde beeld zichtbaar (Figuur 4.3). Er lijkt een dalende trend in saliniteit in de bodemlaag van KIER 1 zichtbaar maar het verband is zwak ($R^2= 0.169$). Ook lijkt er ten opzichte van 2018 een afname te zien van de dichtheid aan cellen in de jaren 2019 tot 2021. In 2022 liggen de celdichtheden echter weer op het niveau van 2018. De parameters saliniteit, chlorofyl-a en aantal soorten laten een zelfde beeld zien.

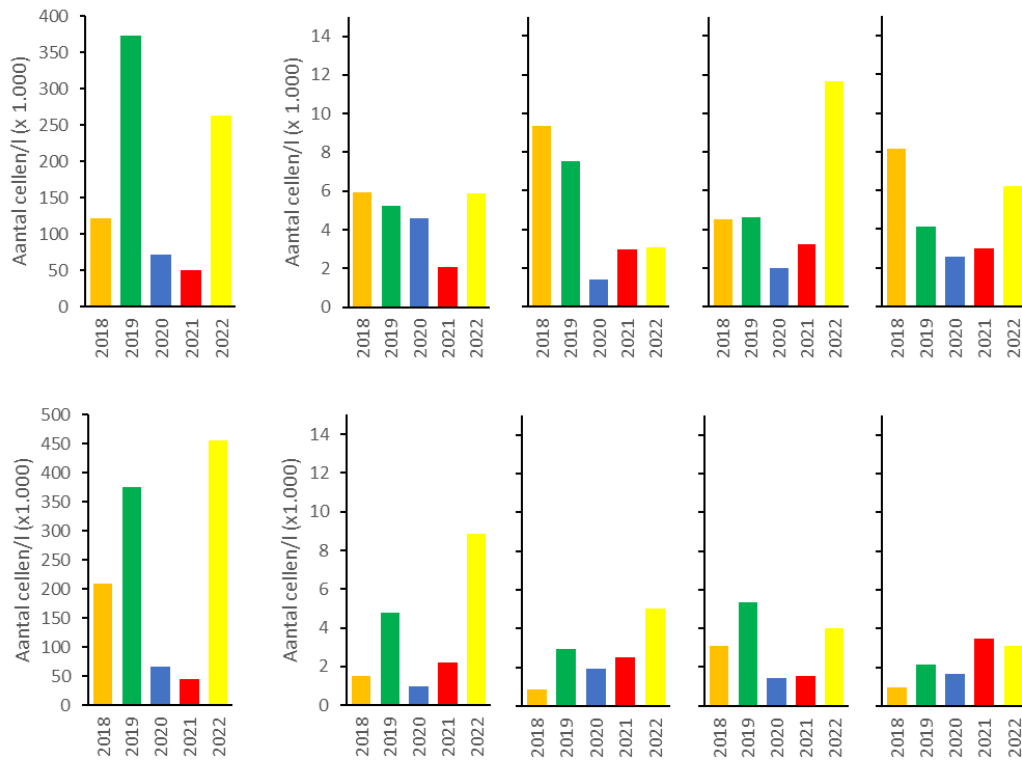
De Shannon diversiteitsindex is een maat om de diversiteit aan soorten weer te geven. Bij deze index wordt zowel het aantal soorten als de verdeling van de soorten meegerekend. De soortdiversiteit wordt onder meer beïnvloed door heterogeniteit van de milieuomstandigheden. Overgangswateren met zoet-zout overgangen worden vaak gekenmerkt door een hoge soortdiversiteit. Er zijn op de locaties KIER 2, KIER 3 en KIER 5 significante verschillen te zien in de diversiteit. De diversiteit is in het algemeen het laagste in 2018. De trendlijnen vertonen echter geen sterk verband en van een significante toename is geen sprake.



Figuur 4.3 Zomergemiddelden van verschillende parameters in de bodemlaag in de periode 2018-2022. Van links naar rechts de locaties KIER 1 tot en met KIER 5. Van boven naar beneden achtereenvolgend Saliniteit; Chlorofyl-a; Cellen/liter; aantal taxa en Shannon diversiteitsindex.

4.2.1 Potentieel toxische soorten

Naast de aanwezigheid van potentieel toxische blauwalgen is er ook een kans op toename van potentieel toxische dinoflagellaten. De zomergemiddelde dichtheden dinoflagellaten laten op de locaties KIER 1 en KIER 2 in de periode 2019-2021 een afname zien (figuur 4.4). In 2022 zijn de zomergemiddelde dichtheden in de meeste gevallen hoger dan de voorgaande drie meetjaren. De verschillen zijn niet significant.

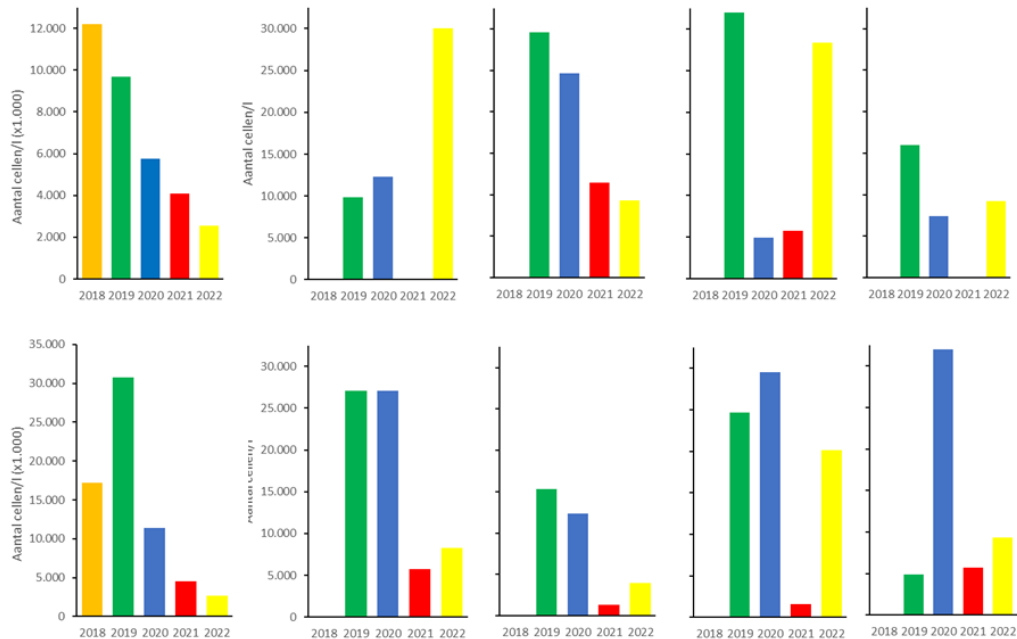


Figuur 4.4 Zomergemiddelde dichtheden Dinoflagellaten in de periode 2018-2022. Van links naar rechts de locaties KIER 1 tot en met KIER 5. Van boven naar beneden de oppervlaktelaag en de bodemlaag. **Let op:** de schaal van de y-as verschilt op KIER 1 van de overige locaties

4.2.2 Phaeocystis

Er is alleen *Phaeocystis* waargenomen op locatie KIER 1. In tegenstelling tot de overige locaties van de Kier waar basische Lugol als fixatief wordt gebruikt, worden de monsters van KIER 1 met zure Lugol gefixeerd. In basische Lugol verliezen de *Phaeocystis*-flagelaten hun flagellen en kunnen dan minder goed herkenbaar zijn. Bij twijfel worden dergelijke cellen geteld als *Chromista* [1].

Bij de analyse van de planktondata viel op dat er in 2019 en 2020 een duidelijke toename van *Chromista* [1] op de locaties KIER 2 – KIER 5 optrad. Op de genoemde locaties werden in 2018 geen *Phaeocystis*, en/of *Chromista* aangetroffen. Omdat de kans bestaat dat *Chromista* en *Phaeocystis* verward kunnen worden is er voor gekozen om bij de data-analyse de dichtheden van *Phaeocystis* en *Chromista* samen te beschouwen (Verweij & Bultstra 2021, 2022).



Figuur 4.5 Zomergemiddelde dichtheden *Phaeocystis/Chromista* in de periode 2018-2022. Van links naar rechts de locaties KIER 1 tot en met KIER 5. Van boven naar beneden de oppervlaktelaag en de bodemlaag. **Let op:** de schaal van de y-as verschilt op KIER 1 van de overige locaties.

De ontwikkeling van de dichtheden *Phaeocystis/Chromista* laat op KIER 1 een daling zien. Op de locaties KIER 2 – KIER 5 zijn de dichtheden over het algemeen hoger dan in 2021.

4.3 Zoöplankton

Net als met het fytoplankton zijn de veranderingen in de zoöplanktongemeenschap niet toe te schrijven aan veranderingen in de saliniteit, maar gaat het om jaarlijkse fluctuaties.

5 Discussie

Voor dit onderzoek is de vraag om een vergelijking tussen de verschillende meetjaren (2018-2022) te geven voor wat betreft de samenstelling van het fyto- en zoöplankton in relatie tot de verzilting van het Haringvliet. Veranderingen in de planktongemeenschap worden door verschillende factoren gestuurd. Naast saliniteit kan hierbij worden gedacht aan factoren als organische belasting, nutriëntenbeschikbaarheid, pH, licht, stratificatie en menging van waterlagen en watertypen. Het ligt niet in de verwachting dat deze factoren worden beïnvloed door het kieren, maar ze moeten wel worden meegewogen in de analyse waarom er bepaalde veranderingen optreden.

Niet alleen is er een wisselwerking tussen de bovengenoemde factoren, de factoren fluctueren gedurende het seizoen en tussen de jaren. Hierdoor kunnen gedurende de seizoenen en tussen de onderlinge jaren verschillen in dichtheden en soortensamenstelling van het plankton optreden.

In mariene milieus worden kleine fototrofe algen met een diameter $<3\mu\text{m}$ gedetermineerd als Eukaryoten $<3\mu\text{m}$. In zoetwatermilieus worden deze algen in het algemeen benoemd als groenalg $<3\mu\text{m}$. Om een vergelijking tussen de mariene locatie (KIER 1) en de overige locaties (KIER 2 tot en met KIER 5) te verbeteren, is er vanaf 2022 voor gekozen de benaming van deze algen gelijk te trekken en ze ook op de zoete locaties de KIER 2 tot en met de KIER 5 als Eukaryoten $<3\mu\text{m}$ te benoemen. De Eukaryoten worden echter geïnclassificeerd als de groep Overig omdat daar ook niet-groenalgen onder vallen. De relatief hoge dichtheid aan organismen uit de groep overige (figuur 3.2) in 2022 is vermoedelijk te wijten aan deze verandering van interpretatie. De dichtheid aan groenalgen is sterk gedaald ten opzichte van de voorgaande jaren terwijl de ontwikkeling van de dichtheden van de andere soortgroepen vergelijkbaar is aan de voorgaande jaren.

Er waren alleen saliniteitsgegevens bekend van de monsterlocaties en -data van het fytoplankton. Hoewel er geen hogere saliniteitswaarden werden gemeten (Figuren 4.1, 4.2 en 4.3) leek er zich in de periode 2019-2021 een lichte (maar niet significante) toename af te tekenen in het aandeel van fytoplanktontaxa van brakke milieus. Deze toename is in 2022 gestagneerd. De gevonden dichtheden passen nog altijd binnen de 'normale' jaarlijkse fluctuaties.

Net als bij het fytoplankton kent de ontwikkeling van het zoöplankton een seizoen dynamiek waarbij vaak een duidelijke voorjaars- en najaarsbloei optreedt. De bloeien zijn temperatuur gestuurd en door stijging van de gemiddelde watertemperatuur is het denkbaar dat de bloeiperiodes veranderen. In 2022 heeft de laatste bemonstering op 28 augustus plaatsgevonden. Zoals gesteld in paragraaf 2.2 zijn de gegevens gepresenteerd als maandgegevens waarbij de gegevens van 28 augustus 2022 worden beschouwd als



de gegevens van september. Door de 'vroeg' laatste bemonstering is het zeer denkbaar dat in de maanden september en oktober nog bloeien zijn opgetreden, maar dat die in dit geval gemist zijn.

6 Conclusie en Aanbevelingen

Fytoplankton in relatie tot saliniteit

Op basis van de huidige saliniteitsgegevens kan een verzilting van het Haringvliet niet worden aangetoond. De veranderingen in de fytoplanktonsamenvestelling kunnen daarmee niet direct worden gerelateerd aan een verandering van de saliniteit.

Als de fytoplanktongegevens van de Kier-locaties worden vergeleken met de langjarige fytoplanktonreeks van Haringvlietsluis (HARVSS; Bijlage II) zijn de overeenkomsten opvallend. De geconstateerde veranderingen in dichtheden van het fytoplankton volgen de jaarlijkse fluctuaties. Het zelfde geldt voor de samenstelling van het fytoplankton. De veel lagere dichtheden blauwalgen in de periode 2019 - 2021 ten opzichte van 2018 en de hogere waarden in 2022 lijken te passen binnen de trend in andere delen van Nederland. De afname van de blauwalgen en de verandering in fytoplanktonsamenvestelling lijkt daarmee niet het gevolg van het kieren te zijn.

De toename van brakke taxa in de periode 2019 - 2021 lijkt te stagneren waarbij de gevonden waarden binnen de natuurlijke fluctuaties liggen. In 2008 werden op HARVSS ook relatief hoge dichtheden marien-brakke taxa aangetroffen. En in juli 2018, vóór de opening van de sluisen, werd op de locaties KIER 3, KIER 4 en KIER 5 al de brakwaterindicator *Pyramimonas* aangetroffen.

Zoöplankton in relatie tot saliniteit

Ook voor het zoöplankton geldt dat de veranderingen in de planktonsamenvestelling niet direct kunnen worden gerelateerd aan een verandering van de saliniteit. De aangetroffen taxa hebben overwegend een voorkeur voor een zoet tot zoetbrak milieu.

Aanbevelingen

In 2021 en 2022 zijn geen bemonsteringen in de maand september uitgevoerd. De periode maart – september wordt algemeen beschouwd als het 'groeiseizoen' van het fytoplankton. Met name de bloei van blauwalgen lijkt zich vooral in de nazomer af te spelen (zie Figuur I.1). Het niet uitvoeren van bemonsteringen in september kan tot gevolg hebben dat deze nazomer-bloeien worden gemist. Op basis van langjarige gemiddelden lijkt er onder invloed van klimaatopwarming een verlenging van het groeiseizoen op te treden. Het 'missen' van de fytoplanktongegevens in september (en wellicht oktober) kan invloed hebben op de hoogte van de zomergemiddelde dichtheden van het fytoplankton. Ook omdat het Kieren met name in de wintermaanden plaatsvindt is het aan te raden de bemonsteringsperiode te verlengen om een beter inzicht in de planktonontwikkeling te krijgen.



Evenals in de vorige effectrapportage bevelen wij dan ook nu weer aan om fytoplanktonmetingen bij voorkeur jaarrond, maar minimaal maandelijks in de periode maart-september (oktober) uit te voeren. Dit zelfde geldt voor de bemonstering van het zoöplankton.



Literatuur

- Bultstra CA & B Sanjabi (2022) Fytoplanktononderzoek Project de Kier, meetjaar 2021. BM 22.07, Bureau Waardenburg rapportnr. 22-091b. Bureau Waardenburg bv, Haren.
- Bultstra, CA, B Sanjabi (2023) Fytoplanktononderzoek Project de Kier, meetjaar 2022. Rapport 23-069b. Waardenburg Ecology, Culemborg
- Reeze, B, de la Haye MAA, Arts F, Boudewijn TJ, van der Jagt HA, Van Kessel N, Verweij GL & Wegman C (2020) Nulrapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren Kierbesluit'. Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-340. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Reeze, B., M. de la Haye, H. van der Jagt, G.L. Verweij & N. Van Kessel (2021) Vervolgrapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren kierbesluit' 2019. Rapport 21-248. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Rijkswaterstaat (2000). Besluit beheer Haringvlietsluizen. Nota nr. HK/AW 2000/8178.
- Soesbergen M, Jonker D (2023). Mesozoöplankton in het Haringvliet 2022. Monitoring van De Kier. Rijkswaterstaat CIV Hydrobiologisch Laboratorium. BM 23.01
- van den Oever A, Sanjabi B, Bultstra CA, Brochard CJE & Verweij, GL (2019) Fytoplanktonanalyses in de zoute Rijkswateren, MWTL 2018. BM19.14, Bureau Waardenburg rapportnr. 19-0120. Bureau Waardenburg bv, Haren.
- van den Oever A, Sanjabi B, Bultstra CA, Verweij GL (2020) Fytoplanktononderzoek in de zoute Rijkswateren MWTL 2019. BM 20.14, Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-0102. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- van den Oever, A., Sanjabi B, Bultstra CA, Verweij GL (2021) Fytoplanktononderzoek in de zoute Rijkswateren MWTL 2020. BM 21.12, Bureau Waardenburg Rapportnr. 21-148a. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- van den Oever, A., Sanjabi B, Bultstra CA, Verweij GL (2022) Fytoplanktononderzoek in de zoute Rijkswateren MWTL 2021. BM 22.16, Bureau Waardenburg Rapportnr. 22-091a. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- van den Oever, A, B Sanjabi (2023) Fytoplanktononderzoek in de zoute Rijkswateren, MWTL 2022. Rapport 23-069a. Waardenburg Ecology, Culemborg.
- Verweij, GL, CA Bultstra. (2021) Fytoplanktonontwikkeling De Kier. Effectrapportage 2018-2020. BM 21.14, Bureau Waardenburg, Rapport 21-121. Bureau Waardenburg Culemborg.
- Verweij, G.L., C.A. Bultstra (2022) Fytoplanktonontwikkeling De Kier. Effectrapportage 2018-2021. Rapport 22-122. Bureau Waardenburg, Culemborg.

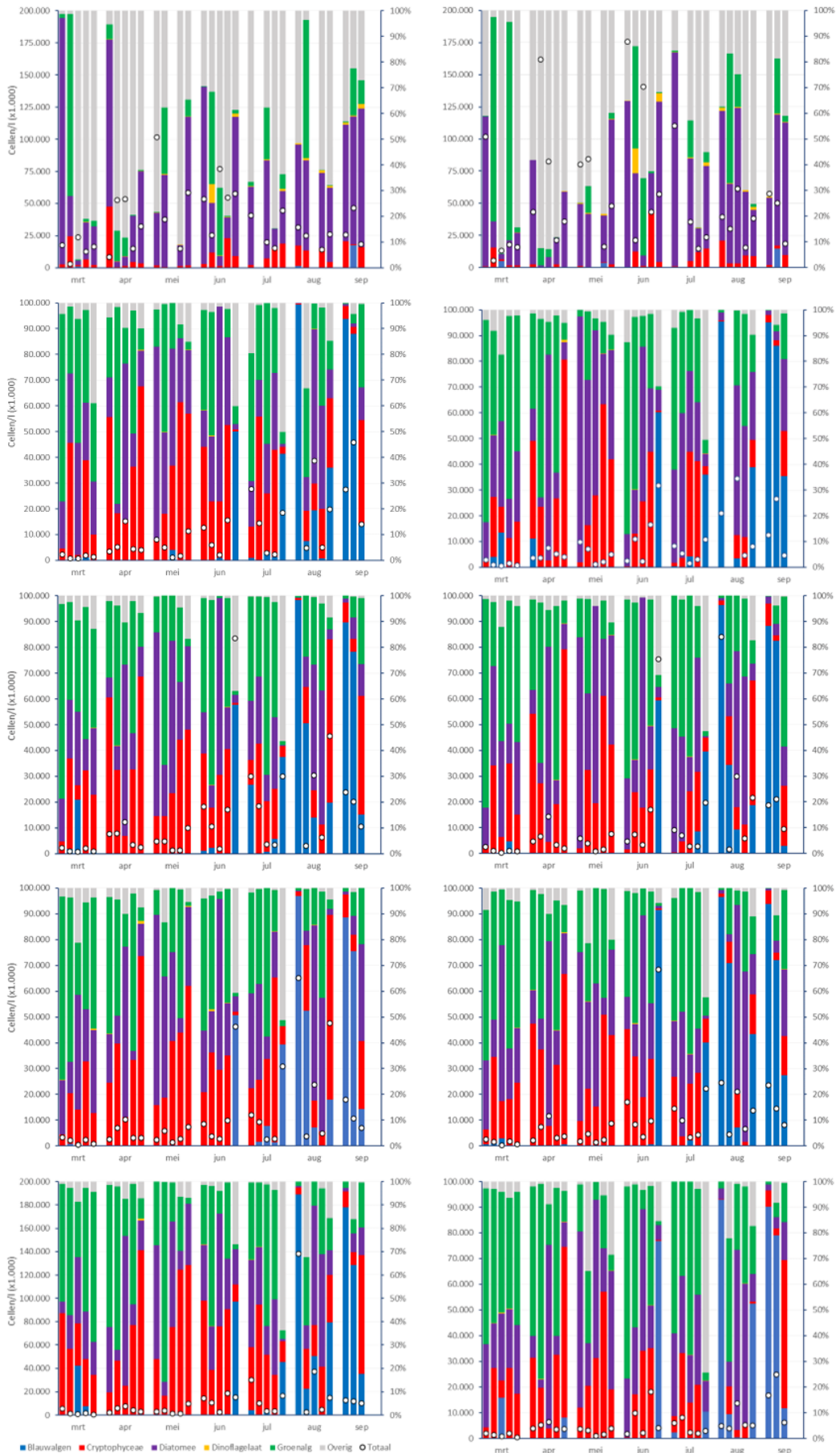


Bijlage I Maandgemiddelde dichtheden

Toelichting figuren

Figuur I.1 Dichtheden fytoplankton (cirkel) in de oppervlaktelaag (linker grafieken) en bodemlaag (rechter grafieken) onderverdeeld in taxonomische hoofdgroepen (procentuele bijdrage; gekleurde balken). Van boven naar beneden achtereenvolgend de locaties KIER 1 tot en met KIER 5. Per maand worden van links naar rechts de meetjaren 2018, 2019, 2020, 2021 en 2022 weergegeven. Merk op dat:

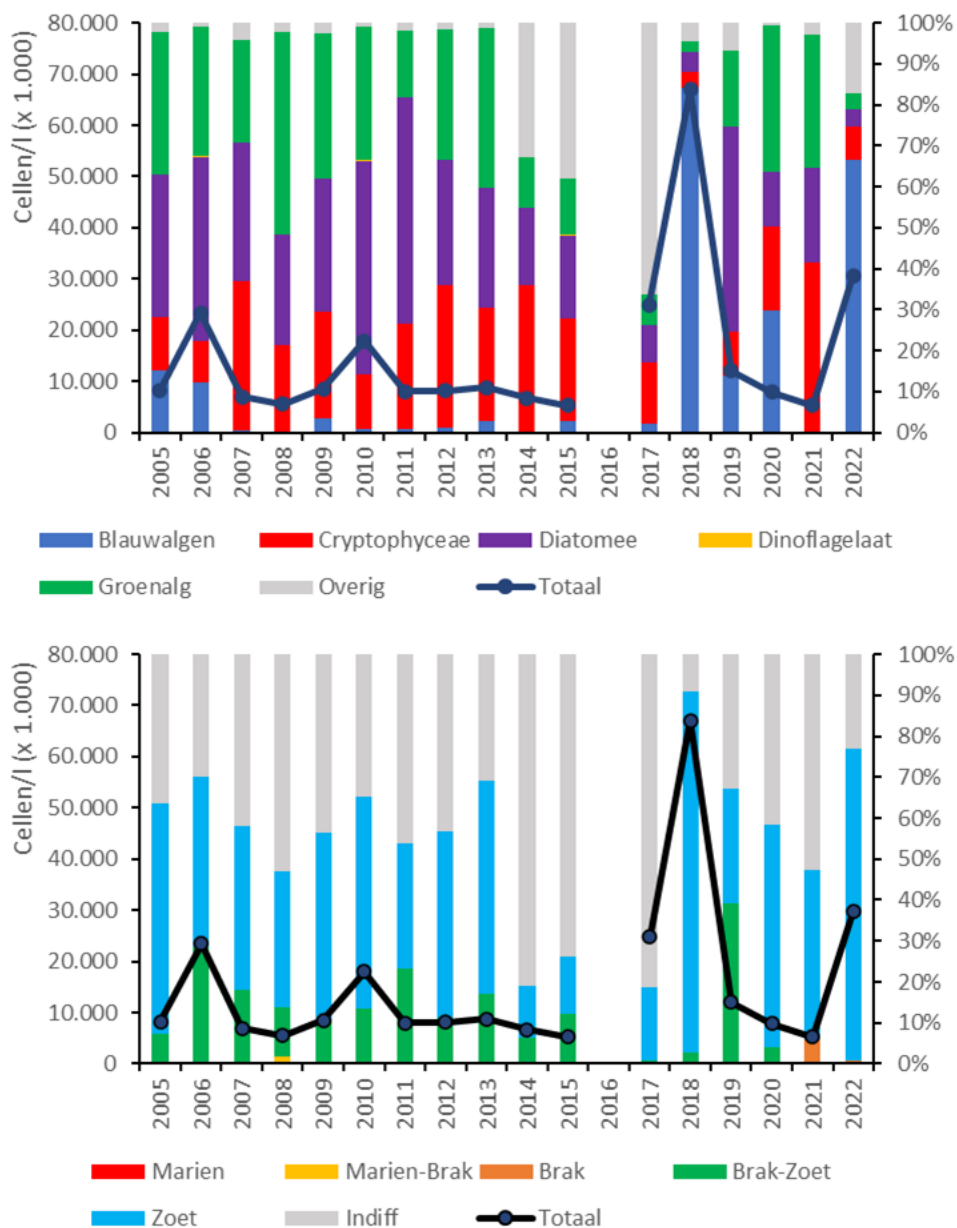
- 1) de maatverdeling y-as locatie KIER 1 afwijkt van overige locaties;
- 2) Enkele punten buiten de grafiek vallen, te weten: KIER 2 oppervlakte augustus 2018 ($574,6 \times 10^6$ cellen/l); KIER 2 oppervlakte juni 2022 ($101,5 \times 10^6$ cellen/l); KIER 3 oppervlakte augustus 2019 ($278,2 \times 10^6$ cellen/l) en KIER 5 oppervlakte augustus 2018 ($138,1 \times 10^6$ cellen/l).





Bijlage II Zomergemiddelden fytoplankton HARVSS en GOERE2

Figuur II.1 De zomergemiddelde dichtheden fytoplankton (lijn) in de oppervlaktelaag van HARVSS, onderverdeeld in taxonomische hoofdgroepen (bovenste grafiek) en milieuvoorkeur (onderste grafiek). De gekleurde balken geven de procentuele abundantie van de betreffende groep weer. **Opmerking:** Het zomergemiddelde is berekend uit de waarden van maart – september. Voor 2021 zijn alleen fytoplanktongegevens uit de maanden mei tot en met augustus beschikbaar.





Figuur II.2 De zomergemiddelde dichtheden fytoplankton (lijn) in de oppervlaktelaag van GOERE2, onderverdeeld in taxonomische hoofdgroepen (bovenste grafiek) en milieuvoorkeur (onderste grafiek). De gekleurde balken geven de procentuele abundantie van de betreffende groep weer.

