

Blauwalgen in inlaatwater

Effecten van waterinlaat vanuit Rijkswateren in
achterliggende wateren



drs. J.L. Spier & dr. M. Dorenbosch



**WAARDEN
BURG**
Ecology

**we
consult
nature.**

Blauwalgen in inlaatwater

Effecten van waterinlaat vanuit Rijkswateren in
achterliggende wateren

drs. J.L. Spier & dr. M. Dorenbosch



WAARDEN
BURG
Ecology

Blauwalgen in inlaatwater

Effecten van waterinlaat vanuit Rijkswateren in achterliggende wateren

drs. J.L. Spier & dr. M. Dorenbosch

Status uitgave: Eindrapport

Rapportnummer:	24-378
Projectnummer:	24-0074
Datum uitgave:	27 november 2024
Foto omslag:	Foto Waterschap Aa en Maas
Projectleider:	drs. Jos Spier
Tweede lezer:	drs. W.M. Liefveld
Opdrachtgever:	Waterschap Aa en Maas Postbus 5049 5201 GA Den Bosch Nederland
Referentie opdrachtgever:	Aa en Maas bon EX008006 Limburg 2024-Z2754 / Opdrachtnummer 2024-05653
Akkoord voor uitgave:	drs. W.M. Liefveld
Datum akkoord:	27 november 2024

Graag citeren als: Spier, J.L. & M. Dorenbosch (2024). Blauwalgen in inlaatwater. Effecten van waterinlaat vanuit Rijkswateren in achterliggende wateren. Rapport 24-378. Waardenburg Ecology, Culemborg.

Trefwoorden: Blauwalg, waterinlaat, Maas, Microcystine

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 / Waterschap Aa en Maas

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaelvoudigd 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

Mede als gevolg van stijgende zomertemperaturen en verminderde zomerafvoer van de Maas, moeten waterschappen steeds vaker algenrijk oppervlaktewater inlaten in hun beheergebied. Hoge blauwalgenconcentraties zijn een potentieel risico voor de ecologie en kunnen een extra bedreiging vormen voor het bereiken van de KRW-doelen. De waterschappen hebben dit water echter nodig om het waterpeil op orde te houden en kunnen niet altijd wachten met inlaten. Een viertal waterschappen langs de Maas heeft Waardenburg Ecology gevraagd een studie te doen naar de ecologische effecten van blauwalg op het binnenwater. Deze studie is uitgevoerd door de volgende personen:

Jos Spier:	Projectleider
Martijn Dorenbosch:	Specialist Aquatische ecologie
Ronald Bijkerk:	Fytoplanktonspecialist
Franciska Sprong:	Literatuurstudie
Maarten Japink:	Data-analist, KRW-beoordeling

Dit project werd begeleid door de volgende personen: Bart Brugmans en Hanneke van Zuilichem (Waterschap Aa en Maas), Ronald Gylstra en Hilde ketelaar (Waterschap Rivierenland), Freek Althuisen (Waterschap Limburg), Dennis Dekker (Waterschap Brabantse Delta) en Els Faassen (WUR). Wij danken deze personen voor de fijne samenwerking.



Inhoud

	Voorwoord	4
1	Inleiding	6
2	Fasering onderzoek	7
	2.1 Plan van aanpak	7
	2.2 Literatuurstudie	7
	2.3 Effecten op de ecologie in de praktijk	7
3	Literatuuronderzoek	8
	3.1 Samenvatting	8
	3.2 Ecologische effecten	8
	3.3 Drempelwaardes	9
4	Ecologische effecten	10
	4.1 Hoge concentraties microcystine in de praktijk	10
	4.2 Tijdsduur van microcystine pieken in de praktijk	12
	4.3 Toepassing van chlorofyl concentraties als voorspeller microcystine	14
	4.4 Potentieel effect op KRW-scores	17
5	Conclusie en aanbevelingen	18
	5.1 Conclusies	18
	5.2 Aanbevelingen	20
	Literatuur	23
	Bijlage I Lijst gevoelige soorten vis	24
	Bijlage II Lijst gevoelige soorten waterplanten	25



1 Inleiding

In de zomers van 2018, 2019, 2020 en 2022 hebben zich bloeien van blauwalgen voorgedaan in de Maas en rijkskanalen. Deze blauwalgen hopen zich op voor verschillende innamepunten van de waterschappen langs deze rivier. Als er vervolgens water wordt ingelaten komen blauwalgen in de achterliggende sloten, beken en weteringen terecht. Deze ingelaten blauwalgen vormen mogelijk een probleem voor de ecologische waterkwaliteit, bijvoorbeeld door afgifte van toxische stoffen of door overmatige consumptie van zuurstof ('s nachts). Daarnaast kunnen deze blauwalgen zich verder ontwikkelen in stilstaande stuwpanden en daar ook een probleem vormen. De waterschappen hebben inlaatwater echter nodig om het waterpeil in de watergangen op orde te houden en kunnen niet altijd wachten met inlaten.

Door STOWA is in het verleden een beslisschema gemaakt voor het inlaten van water met blauwalgen (STOWA 2020). Grenswaarden zijn vooralsnog echter gekozen op basis van zwemwaterrichtlijnen en niet op basis van de mogelijke effecten op ecologie. Deze verfijning is echter wel gewenst om tot een betere besluitvorming te komen met het oog op nastreven waterkwaliteitsdoelen zoals verplichtingen die gelden vanuit de Kaderrichtlijn Water.

Deze studie is gestart om de ecologische effecten en de politieke effecten op de KRW-scores in kaart te brengen bij het inlaten van water met blauwalgen. Daarnaast is invulling gegeven aan de wens om specifiekere drempelwaarden voor verschillende soortgroepen te geven voor het hierboven genoemde beslisschema.

Doel van deze studie is antwoord geven op de vragen:

- Wat is het effect van overmatige blauwalgengroei op de aquatische ecologie?
- Wat is het potentiële effect op de KRW-scores van de verschillende kwaliteitselementen?
- Wat zijn mogelijk drempelwaarden (bv. concentraties cyano-chlorofyl, microcystine of aantal cellen per volume) voor ecologische kwaliteit, die gebruikt kunnen worden als beslistool om inlaten van extern water met blauwalgen tijdens droogte al dan niet uit te voeren?



2 Fasering onderzoek

2.1 Plan van aanpak

Deze studie bestaat uit de volgende drie onderdelen:

- Literatuuronderzoek
- Inschatten effecten op ecologie in de praktijk
- Potentieel effect KRW-scores

2.2 Literatuurstudie

De eerste stap in deze studie is een literatuurstudie om te achterhalen wat op dit moment bekend is over drempelwaarden van blauwalgen(toxines) voor verschillende aquatische soorten/soortgroepen. Geraadpleegde bronnen zijn: Nederlandse bronnen (onderzoeksrapporten, toegepaste onderzoeken) en wetenschappelijke literatuur (m.b.v. de zoekmachines van Google Scholar en Web of Science). Gezocht is naar bronnen die betrekking hebben op de gematigde klimaatzone (Nederland, West-Europa, Noord-Amerika). Deze zijn aangevuld met bronnen uit andere delen van de wereld als er weinig bronnen beschikbaar bleken. Aanvullende expertise en oudere bronnen zijn verkregen via Ronald Bijkerk (fytoplanktonspecialist van Waardenburg Ecology en tevens Nederlandse autoriteit op dit onderzoeksgebied). Bij de literatuurstudie lag de focus op de vraag: wat is het effect van overmatige blauwalgengroei op de aquatische ecologie?

Van deze literatuurstudie is een apart rapport beschikbaar (Sprong 2024). Een samenvatting van de resultaten is opgenomen in hoofdstuk 3.

2.3 Effecten op de ecologie in de praktijk

De uitkomsten van de literatuurstudie zijn geverifieerd met bestaande data uit het beheergebied van Aa en Maas, Brabantse Delta, Limburg en Rivierenland. Doel was om drempelwaarden uit de literatuur te toetsen aan de huidige praktijksituatie. Met andere woorden: zijn op dit moment ecologische effecten te verwachten als gevolg van regelmatige overschrijding van deze drempelwaarden in de praktijk? Vormen blauwalgen een mogelijk risico's voor het behalen van de KRW-doelen?

Potentieel effect op KRW-scores

Om een klein beetje gevoel te krijgen voor potentiële effecten op de KRW-scores (orde grootte) is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de huidige maatlatten. Dit is voor de kwaliteitselementen vissen, macrofauna en waterplanten.

De effecten op de ecologie en het potentieel effect op de KRW-scores zijn uitgewerkt in hoofdstuk 4.



3 Literatuuronderzoek

De literatuurstudie is uitgevoerd door Franciska Sprong, student van de Wageningen Universiteit. Hier is een apart afstudeerrapport van beschikbaar (Sprong, 2024). Hieronder zijn de belangrijkste punten samengevat.

3.1 Samenvatting

Blauwalgenbloei is een bekend probleem in diverse Nederlandse oppervlaktewateren in de zomerperiode. Voor recreatiewateren geeft de zwemwaterrichtlijn grenswaarden voor blauwalgenconcentraties. In recente zomers -die steeds warmer worden onder invloed van klimaatverandering (zoals de extreem warme zomer van 2018 en 2022) - heeft ook in grotere gestuwde delen van de Maas blauwalgenbloei plaatsgevonden. De waterkwaliteit van de Maas is belangrijk. Niet alleen voor de Maas zelf, maar ook omdat water uit de Maas (met name in droge periodes) wordt ingelaten in aanliggende polderwateren. Voor de ecologische waterkwaliteit ontstaan mogelijk effecten van blauwalgen of cyanotoxines bij andere drempelwaarden (hoger of lager) dan bij de nu gebruikte zwemwaterrichtlijn. Het doel van deze literatuurstudie is om ecologische effecten te identificeren en hiermee drempelwaarden van blauwalgen(toxines) voor verschillende aquatische soorten/soortgroepen te bepalen.

Het gaat hierbij om de invloed van pelagische blauwalgen (plankton) op andere aquatische onderdelen van het voedselweb zoals macrofauna en vissen. In overleg met de opdrachtgever is ervoor gekozen om bentische blauwalgen en drijfslagen buiten beschouwing te laten. Naast onderzoek naar de effecten van cyanotoxines op diverse aquatische soortgroepen, zijn ook andere mogelijke effecten van overmatige blauwalgenbloei bekeken, zoals het optreden van zuurstof deficiëntie.

3.2 Ecologische effecten

Uit de literatuurstudie blijkt dat bij blauwalgenbloei meerdere aspecten een rol spelen met effect op de ecologische waterkwaliteit. De meest bekende is het effect van blauwalgen die toxines kunnen aanmaken. Daarnaast kan een overmaat aan blauwalg de zuurstofvoorziening in het water sterk negatief beïnvloeden en kan zuurstofloosheid ontstaan. Zuurstofloosheid kan eveneens ontstaan als er massale sterfte optreedt van blauwalg waarbij een overmaat aan zuurstof wordt geconsumeerd. Overige ecologische effecten naast de toxines en zuurstofloosheid zijn:

- Blauwalgen hebben een lagere voedingswaarde en slechtere eetbaarheid. Zoöplankton begraast fytoplankton en heeft daarbij een voorkeur voor diatomeeën en groenalgen, die rijker zijn aan voedingswaarden dan blauwalgen.



- Blauwalgen beïnvloeden het doorzicht. Overmatige blauwalgenbloei in het water leidt tot een hogere dichtheid aan deeltjes in het water. Het resultaat is dat er minder licht overblijft voor andere aanwezige aquatische organismen. Met name waterplanten die op de bodem van een waterlichaam staan zullen hiervan hinder ondervinden.

3.3 Drempelwaarden

In de literatuurbronnen zijn waarden gevonden voor diverse soortgroepen die kunnen worden gehanteerd in een beslisschema. Het gebruik van zuurstofconcentraties en microcystine-concentraties lijkt voorsnag de beste insteek hiervoor. Voor vissen lijkt het erop dat de waarde uit het Landelijke Blauwalgprotocol van maximaal 20 µg/l microcystine volstaat. Ook voor macrofauna (met daarbij een focus op aquatische insecten) kan de zwemwaterrichtlijn van 20 µg/l microcystine gehanteerd worden. Voor gevoelige macrofauna uit de EPT-genera (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* en *Trichoptera* respectievelijk, haften, steenvliegen en kokerjuffers) is de drempel veel lager: 0,5 µg/l.

In gevallen waarin het relevant is om ook zoöplankton (als belangrijke basis binnen het voedselweb) in overweging te nemen voor de drempelwaarden van cyanotoxines, dan bevelen wij aan om voor zoöplankton een maximale concentratie microcystine van 0,02 µg/l gedurende maximaal 48 uur aan te houden.

Om schadelijke effecten bij waterplanten te voorkomen, geldt de aanbeveling om te zorgen dat de concentratie microcystine in het water onder de 1 µg/l blijft. Mocht de situatie erom vragen, dan is een tijdelijke verhoging tot maximaal 3 µg/l voor de duur van een week mogelijk.

Voor zuurstof zijn (drempel)waarden gevonden voor macrofauna en vissen. Dit betreffen ranges die variëren van gemiddeld 3 tot 6 mg/l en voor macrofauna gemiddeld 2 tot 7 mg/l voor vissen.

Tabel 3.1: Overzichtstabel drempelwaarden microcystine µg/l en zuurstof (mg/l) per ecologische groep.

	Waterplanten	Macrofauna		Vissen	Zoöplankton
		EPT-soorten	m.n. insecten		
Microcystine (ug/l)	1-3	0,5	20	20	0,02
Zuurstof (mg/l)		3-6	3-6	2-7	



4 Ecologische effecten

4.1 Hoge concentraties microcystine in de praktijk

Voor het door blauwalgen geproduceerde toxine microcystine zijn op basis van de literatuurstudie (hoofdstuk 3) drempelwaarden opgesteld waarboven ecologische groepen (waterplanten, macrofauna en vissen) geschaad worden door de inwerking van de toxine. Voor vissen en robuuste macrofauna (zoals generalisten die ook bij matige waterkwaliteit voorkomen) is deze drempelwaarde 20 µg/l. Voor gevoelige macrofauna uit de EPT-genera (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, respectievelijk haften, steenvliegen en kokerjuffers) is de drempelwaarde 0,5 µg/l en voor (ondergedoken) waterplanten 1 µg/l. Een relevante vraag is in hoeverre hoge concentraties microcystine nu daadwerkelijk in Nederlandse KRW-wateren voorkomen. Hoewel in Nederland op grote schaal (blauw)algenmetingen worden uitgevoerd (totaal- en cyanochlorofyl concentratiemetingen, cel- en biovolume-tellingen), zijn er slechts op zeer beperkte schaal (recente) concentratiemetingen van microcystine uit oppervlaktewater beschikbaar. De meeste van deze metingen worden hierbij uitgevoerd in het kader van drinkwater inname. Dit zijn veelal andere wateren dan de KRW-wateren met een ecologiedoel die in het dit onderzoek centraal staan.

Het is daarmee lastig om in te schatten óf en hoe vaak hoge microcystine concentraties nu aan de orde zijn waar ecologische groepen aan worden blootgesteld. Hieronder worden enkele databronnen besproken die een eerste inzicht kunnen geven in het voorkomen van hoge microcystine concentraties in Nederlandse oppervlaktewateren in de praktijk.

Microcystine metingen in België (2019)

Een studie uit de zomer van 2019 naar microcystine concentraties in 79 oppervlaktewateren in Vlaanderen, Brussel en Wallonië in België, toonde een brede range aan microcystine gehalten die uiteenliep van 0,1 t/m 2790,0 µg/l (Van Hassel *et al.*, 2022). In totaal werden in 18 (23%) van de 79 wateren microcystine concentraties waargenomen > 24 µg/l. Deze studie omvatte weliswaar vooral stilstaande plassen en kanalen, dus veelal andere watertypen dan de KRW-wateren besproken in deze studie, maar geeft aan dat microcystine concentraties in de huidige warme zomers in oppervlaktewateren in onze klimaatzone zeer hoog kunnen oplopen. Drie van de onderzochte wateren betroffen daarbij kanalen nabij Brussel, vergelijkbaar met KRW watertype M3 waarbij concentraties microcystine werden gemeten tot 1831,0 µg/l. De Belgische studie geeft daarmee in ieder geval aan dat in stilstaande kanalen microcystine concentraties kunnen oplopen tot > 1000 µg/l, ver boven de drempels waarbij ecologische groepen benadeeld worden.

Microcystine metingen in het Geyster-Biesbos spaarbekken

Uit bemonsteringen van het Geyster spaarbekken in de Biesbosch varieert de microcystine concentratie in zomers in de periode 2004 t/m 2008 doorgaans tussen 0,72 en 3,7 µg/l met



uitschieters naar 21,7 µg/l (Wagenvoort, 2010). Hoewel de meetreeks al ouder is, wordt het Geyster spaarbekken gevuld met Maaswater. Het beheer van het spaarbekken is erop gericht om algenbloei zoveel mogelijk te voorkomen. De metingen geven aan dat ondanks het beheer, algenbloei hier regelmatig resulteert in microcystine gehalten $> 1 \mu\text{g/l}$.

Microcystine metingen van Waterschappen Aa & Maas en Rivierenland

Op basis van monitoringsonderzoeken tijdens blauwalgenbloei in de zomer van 2018 en 2022 van Waterschap Aa & Maas en Rivierenland, kunnen we inzichtelijk maken tot hoe hoog microcystine concentraties kunnen oplopen in watergangen die meer relevant zijn voor KRW watertypes. In figuur 4.1 zijn alle beschikbare meetwaarden van microcystine in oppervlaktewateren van beide waterschappen weergegeven in relatie tot ecologische drempelwaarden (vis, macrofauna en waterplanten).

Het aantal beschikbare metingen van Waterschap Aa & Maas is relatief beperkt, de meetrange is daarmee waarschijnlijk een onderschatting van wat er werkelijk gebeurt. Er zijn aanzienlijk meer metingen van Waterschap Rivierenland beschikbaar die een betrouwbaarder beeld van de range van microcystine pieken binnen een blauwalgenbloei weergeven.

Uit de metingen blijkt dat de concentratie microcystine plaatselijk hoog kan oplopen, tot soms boven de 100 µg/l. Het komt echter relatief weinig voor dat de drempelwaarde van 20 µg/l voor vissen en robuuste macrofauna wordt overschreden. Op basis van de frequentie van gemeten piekconcentraties microcystine $> 20 \mu\text{g/l}$ in de zomers van 2018 en 2022, lijken vissen en robuuste macrofauna relatief weinig beïnvloed te worden door de meest voorkomende concentraties microcystine. Bovendien zijn vissen en sommige macrofauna mobiel: ze kunnen wegzwemmen en zo lokale piekconcentraties microcystine ontwijken.

De drempelwaarden van ondergedoken waterplanten en met name van EPT-macrofauna worden echter veel frequenter overschreden in de zomer van 2018 en 2022. Een negatieve impact van microcystine geproduceerd door blauwalgen op deze soortgroepen tijdens een bloeiperiode is daarmee veel waarschijnlijker. Waterplanten en EPT-macrofauna is ook gebonden aan een groeiplaats of zijn weinig mobiel, de soorten kunnen microcystine-pieken dus niet ontwijken.

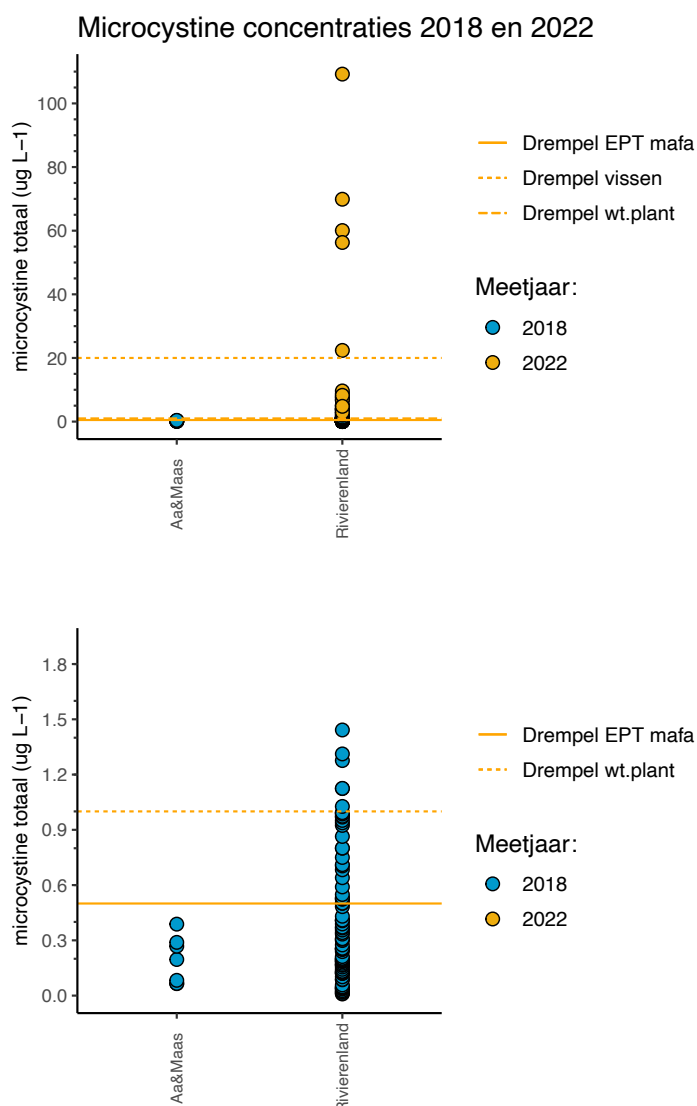
Beperkingen beschikbare metingen

Bij het interpreteren van de veldmetingen uit 2018 en 2022 van beide waterschappen moet meteen gerealiseerd worden dat er geen sprake is van een systematische, frequent herhaalde monitoring. Het is complex en duur om microcystine vaak te meten, het aantal metingen is daarom beperkt. De reeks geeft weliswaar een indicatie tot hoe hoog concentraties kunnen oplopen, het kan echter ook zijn dat concentraties vaker (kortdurend) en/of hoger kunnen oplopen dan de metingen nu weergeven.

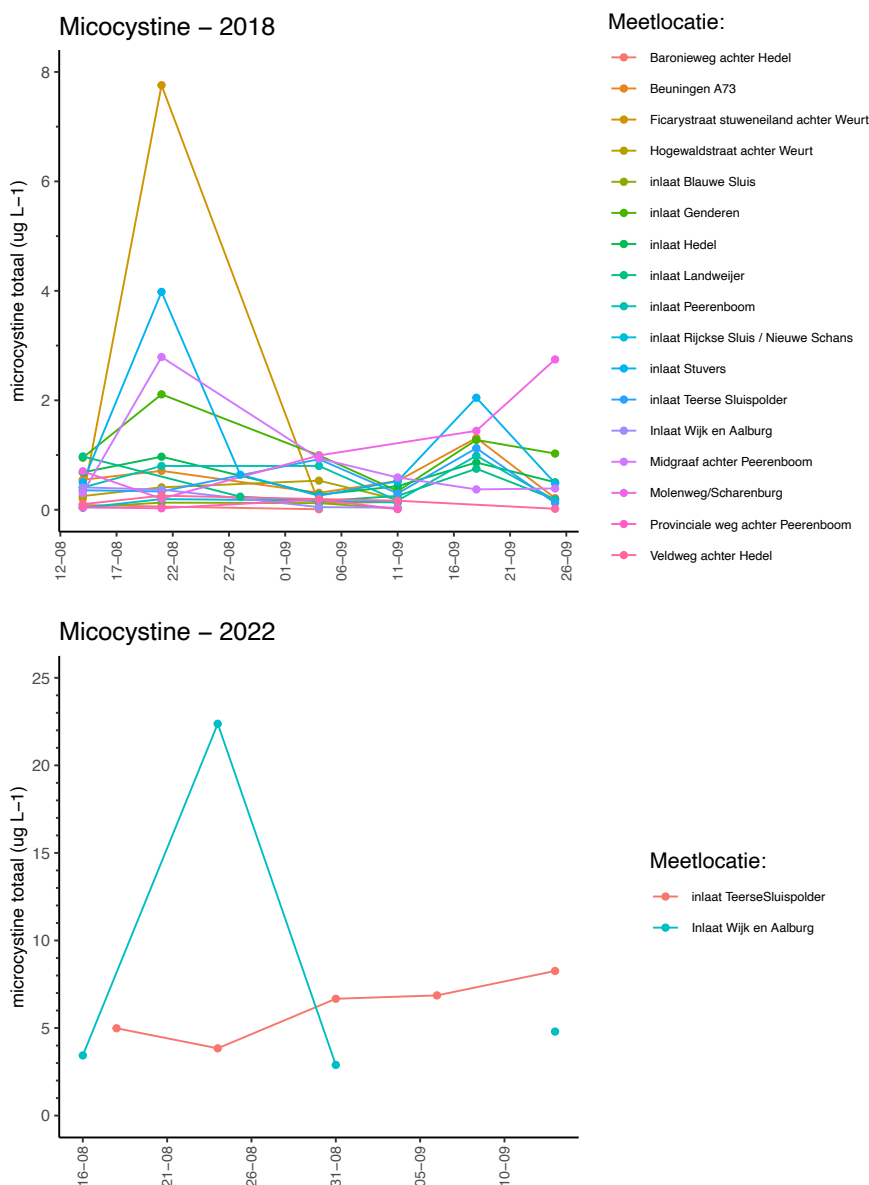


4.2 Tijdsduur van microcystine pieken in de praktijk

Behalve de piekwaarde van microcystine, is ook de tijdsduur van de piek van belang. Als er sprake is van langdurig hoge concentraties microcystine, is het aannemelijk dat schadelijke effecten op ecologische waterkwaliteit heviger zijn in het geval van korte piekperiodes. In figuur 4.2 is het verloop van de concentratie microcystine gedurende enkele weken in de zomer uitgezet voor meetpunten van Waterschap Rivierenland waarvoor meerdere microcystine metingen uit de zomers van 2018 en 2022 van beschikbaar zijn.



Figuur 4.1. Metingen van microcystine in oppervlaktewateren tijdens de warme zomers van 2018 en 2022 van waterschap Aa & Maas en Rivierenland. De meetwaarden zijn uitgezet ten opzichte van de drempelwaarden voor EPT-macrofauna (haften, steenvliegen en kokerjuffers), vissen en waterplanten. De bovenste figuur omvat alle meetwaarden, de onderste figuur is een uitvergroting van microcystine concentraties tussen 0 en 1,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ om de overschrijding van de drempelwaarden voor EPT-macrofauna en waterplanten beter zichtbaar te maken.



Figuur 4.2. Verloop van de concentratie microcystine gedurende langere tijdperiode voor meetpunten van Waterschap Rivierenland waar microcystine langere tijd gemonitord is in 2018 en 2022.

Uit de beschikbare meetreeksen blijkt dat extreme concentraties microcystine ($> 5 \mu\text{g/l}$) in 2018 en 2022 alleen incidenteel optreden en niet lang aanhouden. Lagere concentraties microcystine ($0,5 - 5 \mu\text{g/l}$) kunnen echter wel meerdere weken achter elkaar aanhouden. Binnen deze range liggen ook de drempelwaarden voor ondergedoken waterplanten en gevoelige EPT-soorten. Het langdurig aanhouden van deze hogere concentraties microcystine in de zomers van 2018 en 2022 heeft naar verwachting een negatief effect op soorten uit deze groepen.



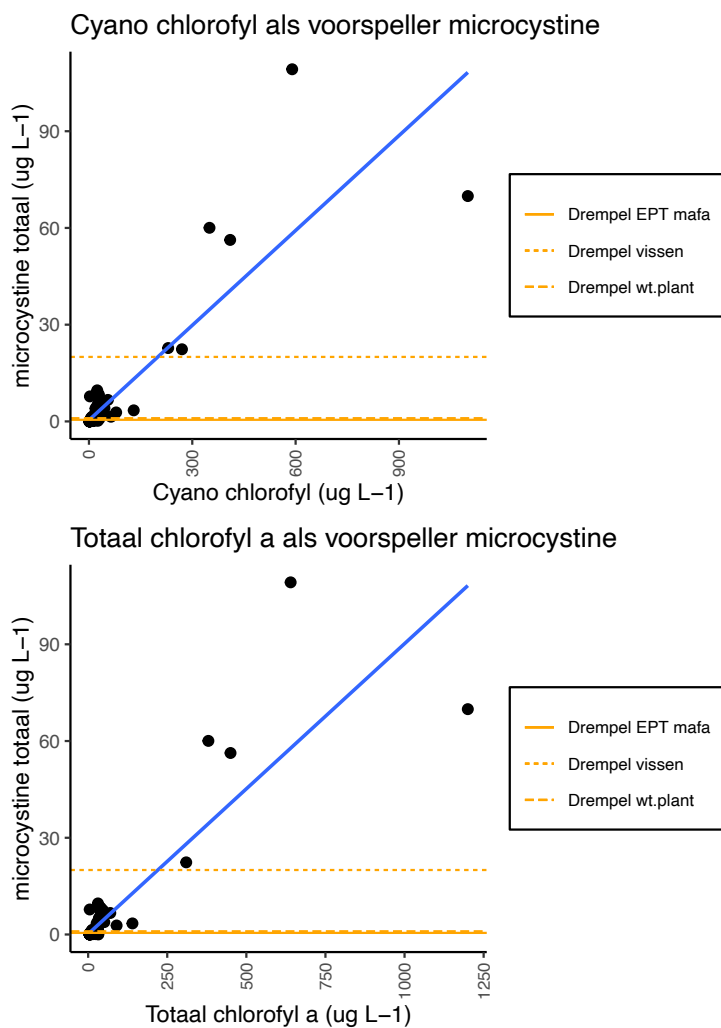
Beperkingen beschikbare metingen

Zoals in §4.1 al is benoemd, zijn er maar een paar meetpunten beschikbaar waar microcystine vaker achter elkaar is gemeten. De meetreeksen geven daarmee maar beperkt aan hoe lang hoge concentraties microcystine aanhouden. Het is bijv. niet duidelijk hoe lang de éénmalige puntmetingen microcystine $> 25 \mu\text{g/l}$ (zoals weergegeven in figuur 4.2) aanhouden. De beschikbare metingen geven echter wel aan dat hoge concentraties microcystine gedurende meerdere weken in eenzelfde watergang kunnen voorkomen. Ook de Belgische studie (Van Hassel *et al.*, 2022) meet langdurig (3 – 6 weken) hoge concentraties microcystine in enkele wateren.

4.3 Toepassing van chlorofyl concentraties als voorspeller microcystine

Het meten van microcystine om schade op de ecologische waterkwaliteit in te kunnen schatten is een relatief complexe en dure meetmethode. Het is veel eenvoudiger om veldconcentraties (cyano)chlorofyl te meten, bijv. met draagbare extinctiemeters. In figuur 4.3 is weergegeven in hoeverre het optreden van hoge concentraties (cyano)chlorofyl gepaard gaan met het optreden van hoge concentraties microcystine voor meetpunten van Waterschap Rivierenland en Aa & Maas voor de zomers van 2018 en 2022.

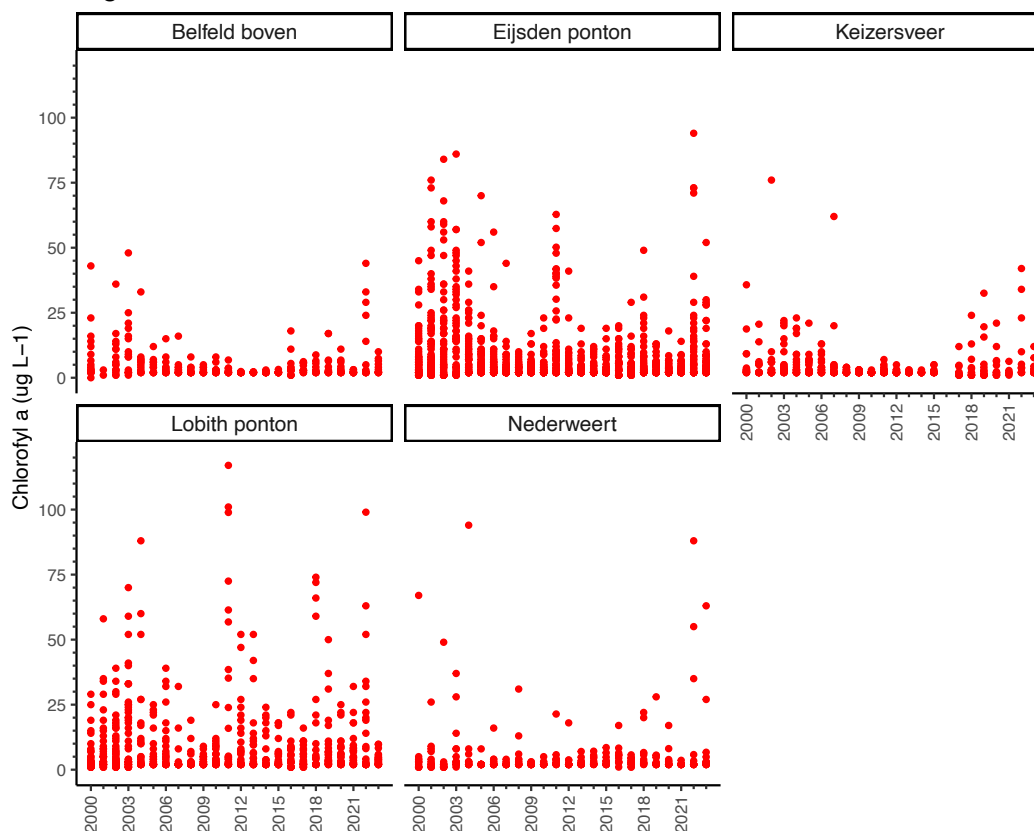
Omdat microcystine-producerende blauwalgen ook (cyano)chlorofyl hebben, is er een relatie tussen de concentratie totaal- en cyanochlorofyl en de concentratie microcystine. Hoge concentraties microcystine worden waargenomen bij hogere concentraties totaalchlorofyl (vanaf ca. $50 \mu\text{g/l}$) en cyanochlorofyl (vanaf ca. $25 \mu\text{g/l}$). Mogelijk kan ook totaalchlorofyl uit het RWS-meetnet in Rijn Maas gebruikt worden als voorspellende indicator voor het optreden van (blauw)algenbloei en microcystine-producerende algen in inlaatwater uit de rivier (figuur 4.4).



Figuur 4.3. Relatie tussen totaal- (onder) en cyanochlorofyl en microcystine in meetpunten van de Waterschappen Rivierenland en Aa & Maas voor de zomers van 2018 en 2022.



Algen 2000 – 2023 – RWS wateren Zuidoost Nederland



Figuur 4.4. Totaalchlorofyl concentraties uit het RWS-meetnet in Maas (meerdere locaties) en Rijn (Lobith) uit de periode 2000 – 2023.

Beperkingen voorspellende waarden van (cyano)chlorofyl voor toxines

Er zijn echter ook beperkingen voor het gebruiken van (cyano)chlorofyl als voorspeller voor toxine pieken in watergangen. Uit een studie van STOWA uit 2020 is een vergelijking gemaakt tussen verschillende analysetechnieken voor het meten van blauwalgen: Microscopie (AQUON), fluorescentie (AQUON), LC-MS/MS (RIKILT), ELISA (RIKILT) en qPCR (Deltaris). De bevindingen van dit project zijn beschreven in het rapport STOWA2020-09 (Sollié & Kardinaal 2020).

Een van de conclusies van deze studie was dat een fluoroprobe de pigmenten van alle blauwalgen meet. Aangezien niet alle blauwalgen toxisch zijn, is de risico-inschatting op basis van cyanochlorofyl een overschatting van de werkelijkheid. In dit project was de correlatie tussen cyanochlorofyl en toxines (microcystine) een van de laagste correlaties. Het bepalen van biovolume van de potentieel toxische blauwalgen geeft vaak ook een overschatting van de daadwerkelijke risico's. (STOWA, 2020 & Schürmann *et al.*, 2024). Wel is duidelijk dat hoge concentraties microcystine gepaard gaan met hoge concentraties cyanochlorofyl (zoals ook weergegeven in figuur 4.3). Aangezien toxine metingen in het veld gecompliceerd en relatief duur zijn, is cyanochlorofyl tot op heden de meest praktische en betaalbare methode om iets te kunnen zeggen over het opbouwen van een blauwalgenpiek in de tijd waarbij hoge cyanochlorofyl concentraties suggereren dat er een (grotere) kans bestaat op toxineproductie. Op basis van de STOWA studie blijkt echter ook



dat werkelijke toxinemetingen in het veld tijdens een blauwalgenbloei nodig zijn om (hoge concentraties) toxines aan te tonen of uit te sluiten. Dit blijft voorlopig dus een belangrijke meting om bijv. het inlaten van rivierwater als anti-droogte maatregel gefundeerd te kunnen onderbouwen of juist te stoppen.

4.4 Potentieel effect op KRW-scores

Voor de gevoeligheidsanalyse is gekozen voor een beperkt aantal meetpunten bij inlaatpunten binnen het beheergebied van Aa en Maas en op locaties waar in het verleden blauwalgenbloei is geconstateerd. Om deze analyse te kunnen doen is op basis van de literatuurstudie, de WEW-lijst en expert-judgement ingeschat welke soorten naar verwachting effect gaan ondervinden van blauwalgen (of beter gezegd microcystine).

Er zijn uiteindelijk drie lijsten opgesteld van soorten die gevoelig zijn voor blauwalgen: voor vissen, macrofauna en vegetatie. Deze lijsten zijn opgenomen in de bijlagen I en II. Voor de lange lijst voor macrofauna (niet weergegeven in een bijlage) komt dit neer op de zogenaamde EPT soorten (haften, steenvliegen, kokerjuffers) aangevuld met de (zoetwater)mosselen die als voedselstrategie filterfeeders zijn. Bij de gevoeligheidsanalyse van de KRW- maatlatten zijn deze soorten weggestreept uit meetdata, waarna een nieuwe, fictieve, beoordeling is gedaan om het potentiële (worst-case) effect op de KRW-scores te beoordelen.

De meetdata van de geselecteerde meetpunten is twee keer beoordeeld, één keer regulier en één keer zonder voor blauwalg gevoelige soorten.

Deze analyse is verder niet weergegeven in deze rapportage omdat er haken en ogen aanzitten. Het gaat hier slechts om een vingeroefening om een indruk van orde grootte te krijgen.

Op basis van deze analyse blijkt wel dat blauwalgen een lagere KRW-score kunnen bewerkstelligen en zij vormen daarmee een risico voor het behalen van de KRW-doelen. Geadviseerd wordt om deze analyse met een uitgebreidere landelijke dataset uit te voeren om meer gefundeerde uitspraken te kunnen doen over KRW-doelbereik.



5 Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In deze studie stond de vraag centraal: wat is het effect van overmatige blauwalgengroei op de ecologische waterkwaliteit? Deze vraag is beantwoord aan de hand van de volgende deelvragen:

- Wat is het effect van overmatige blauwalgengroei op de aquatische ecologie?
- Wat is het potentiële effect op de KRW-doelen?
- Wat zijn mogelijk drempelwaardes (bv. concentraties cyano-chlorofyl, microcystine of aantal cellen per volume) voor ecologie die gebruikt kunnen worden als beslistool om inlaten van extern water met algen tijdens droogte al dan niet uit te voeren?

Ecologische effecten van blauwalgen

Uit de literatuurstudie komt naar voren dat blauwalgen brede negatieve effecten kunnen hebben op de waterkwaliteit en verschillende soortgroepen en zelfs doorwerken binnen levensgemeenschappen.

Deze effecten spelen op verschillende vlakken. Blauwalgen kunnen toxines produceren die een negatief remmend effect hebben op de groei van ondergedoken waterplanten en een negatief effect hebben op de ontwikkeling van zoöplankton (en daarmee ook effecten hebben op hogere trofische niveaus). Mogelijk zijn deze toxines ook schadelijk voor de macrofauna en vissen, maar hierover is weinig literatuur beschikbaar. Op basis van de wel beschikbare literatuur lijken sommige waterplanten en macrofauna (in ieder geval meer kritische groepen zoals haften, kokerjuffers en steenvliegen) gevoelig voor relatief lage concentraties van het toxine microcystine. In tegenstelling tot de meeste vissoorten zijn waterplanten en macrofauna sterker gebonden aan de groei- of vindplaats. Toxische effecten kunnen daarmee een grotere impact op deze twee groepen hebben, zeker als de toxine pieken langer aanhouden (bijv. tijdens een warme zomerperiode die meerdere weken aanhoudt).

Daarnaast kunnen blauwalgen een negatief effect hebben op de zuurstofhuishouding binnen een watergang. Hoge concentraties (blauw)algen zorgen voor lage zuurstofconcentraties 's nachts en bij het massaal afsterven van blauwalgen kan tijdelijke zuurstofloosheid ontstaan met negatieve effecten op de aanwezige aquatische flora en fauna.

Uit de data-analyse blijkt dat dit soort situaties zich nu al (beperkt) voor doen binnen de onderzochte beheergebieden (van Waterschap Aa en Maas en Waterschap Rivierenland). Uit de beschikbare meetreeksen blijkt dat extreme concentraties microcystine ($> 5 \mu\text{g/l}$) in



2018 en 2022 alleen incidenteel optreden en niet lang aanhouden. Lagere concentraties microcystine (0,5 – 5 µg/l), met potentieel negatieve effecten op ondergedoken waterplanten en gevoelige macrofauna soorten, kunnen echter wel meerdere weken achter elkaar aanhouden. Het langdurig aanhouden van deze hogere concentraties microcystine in de zomers van 2018 en 2022 heeft waarschijnlijk een negatief effect (gehad) op soorten uit deze groepen. Bij het interpreteren van de beschikbare microcystine metingen blijkt echter wel dat de meetreeksen beperkt zijn. Omdat de meetfrequentie beperkt is, kan daarmee mogelijk ook een onderschatting van de maximale microcystine concentraties en/of tijdsduur spelen. Duidelijk is in ieder geval dat hoge microcystine pieken in de huidige praktijk al in KRW-wateren voorkomen en tot enkele weken kunnen aanhouden.

Concluderend kan gesteld worden dat overmatig blauwalgenbloei effect heeft op de ecologische waterkwaliteit. Met name zoöplankton en sommige macrofaunasoorten hebben te leiden van toxines die worden geproduceerd door blauwalgen. Ook sommige waterplanten kunnen worden geremd in hun groei. Daarnaast hebben blauwalgen een negatief effect op de zuurstofhuishouding. Het inlaten van water met blauwalgen kan een lagere KRW-score bewerkstelligen en vormt daarmee een potentieel risico voor het behalen van de KRW-doelen. Hierbij is wel uitgegaan van een worst-case-scenario, waarbij alle gevoelige soorten daadwerkelijk verdwijnen als gevolg van de concentraties blauwalgen.

Of het inlaten van water met blauwalg een verbetering van de KRW-score in de weg staat is onduidelijk. Gezien de in de literatuur gevonden drempelwaardes voor zuurstof en microcystine, vergeleken met daadwerkelijke waardes in het beheergebied, is het zeker niet ondenkbaar dat blauwalgen een knelpunt vormen voor het behalen van de KRW-doelen. Daarbij spelen er binnen de waterlichamen echter ook andere knelpunten die een verbetering van de ecologie in de weg staan. Hoe groot het aspect blauwalg hierin weegt is onbekend.

Drempelwaarden

Uit de literatuurstudie is naar voren gekomen dat het lastig is om de risico's van blauwalg in te schatten op basis van metingen chlorofyl-a, cyanochlorofyl, blauwalgconcentraties en microcystine. Het blijft nog steeds moeilijk te voorspellen wanneer blauwalgen toxines produceren en hoeveel. Dit lijkt los te staan van de concentratie blauwalgen en hangt af van het soort blauwalg en de levensfase. Ook is bekend dat vlak na sterfte de toxines uit de cellen vrij kunnen komen. Die toxines breken dan wel vrij snel af.

Het meest bruikbare voor het beslisschema op dit moment lijkt toch steeds de concentratie microcystine. Vanuit de literatuur zijn enkele waarden gevonden voor verschillende soortgroepen die als drempelwaarden binnen een beslistool dienst kunnen doen. Ook voor zuurstof zijn waarden gevonden. Deze zijn weergegeven in tabel 5.1.



Tabel 5.1: drempelwaardes microcystine en zuurstof voor verschillende soortgroepen

	Waterplanten	Macrofauna		Vissen	Zoöplankton
		EPT-soorten	m.n. insecten		
Microcystine (ug/l)	1-3	0,5	20	20	0,02
Zuurstof (mg/l)		3-6	3-6	2-7	

Voor vissen lijkt het erop dat de grenswaarde uit de zwemwaterrichtlijn van maximaal 20 µg/l microcystine voldoet. Ook voor macrofauna (met daarbij een focus op aquatische insecten) kan de grenswaarde uit de zwemwaterrichtlijn van 20 µg/l microcystine gehanteerd worden. Voor gevoelige macrofauna uit de EPT-genera is de drempel 0,5 µg/l. Om schadelijke effecten bij waterplanten te voorkomen, geldt de aanbeveling om te zorgen dat de concentratie microcystine in het water onder de 1-3 µg/l blijft. Voor het aspect natuur in het beslisschema van STOWA (STOWA 2020) wordt geadviseerd om de (laagste) drempelwaarde te hanteren van 0,5 µg/l.

Tabel 5.2: Waarnemingsniveaus afhankelijk van de functie van het water, naar Stowa 2020, aangevuld met gegevens uit deze studie.

	Zwemwater	Recreatiewater	Stadswater	Irrigatiewater	Veedrenking	Biologie				Transport	Drinkwaterproductie	Proceswater	Zwemwater	Recreatiewater	Stadswater	Irrigatiewater	Veedrenking	Biologie			
						Waterplanten	Macrofauna	Vissen	Zoöplankton									Waterplanten	Macrofauna	Vissen	Zoöplankton
Chl-a (ug/l)	10-50	10-50	10-50										>50	>50	>50						
Cyano chl (ug/l)	12,5-75	12,5-75	12,5-75										>75	>75	>75						
Cyanotoxines (ug/l)																					
microcystine	10-20	10-20	10-20			1-3	0,5-20	>20					>20	>20	>20	>1	>40	>3	>20	>20	>0,05
anatoxine													>30	>30	>30	>1	>40				
cylindrospermopsine																					
Blauwalg (biovol mm3/l)	2,5-15	2,5-15	2,5-15										>15	>15	>15						
Microcystis																					
Anabena																					
Cylindrospermopsis																					
Dolichospermum																					
DNA-analyse																					
Drijfslag	Cat 2	Cat 2	Cat 2										Cat 3	Cat 3	Cat 3						

5.2 Aanbevelingen

Uitbreiden dataset

Aanbevolen wordt om de gevoeligheidsanalyse zoals omschreven in §4.4 uit te voeren met een uitgebreidere landelijke KRW-dataset om meer gefundeerde uitspraken te kunnen doen over KRW-doelbereik in relatie tot blauwalgenbloei en toxinepieken. Mogelijk zijn er ook meer bestaande (cyano)chlorofyl- en/of toxine meetreeksen beschikbaar die in combinatie met ecologische KRW-data onze grip op de schaal van het probleem kunnen vergroten.



Inzetten op goede en efficiënte monitoring

Er is momenteel één veldkitje voorhanden om snel in het veld microcystine te bepalen, BlueGreenTest van Salofa Oy. De aantoonbaarheid van microcystine met deze veldkit is goed in zoet en zout water en de test heeft een korte doorlooptijd (Faassen *et al* 2022).

Voor andere toxines is men vooralsnog afhankelijk van laboratorium-analyses om concentraties te bepalen. Optie kan zijn om totaalchlorofyl uit het RWS-meetnet in Rijn & Maas te gebruiken als voorspellende indicator voor het optreden van (blauw)algenbloei en microcystine-producerende algen in inlaatwater uit de rivier. De STOWA - TKI studie laat echter ook zien dat naast (cyano)chlorofylmetingen toxine metingen in het veld noodzakelijk blijven op een toxinepiek aan te tonen of uit te sluiten.

Totaalchlorofyl wordt in ieder geval gemonitord op de grens waar de Rijn (Lobith) en Maas (Eijsden) Nederland binnen komen. Real-time ontsluiten van deze chlorofyldata (bijv. via het waterportaal van RWS) kan tijdig inzicht bieden over het opbouwen van algenpieken in de rivier.

Uit de data-analyse (figuur 4.3) komt naar voren dat er een relatie bestaat tussen hoge concentraties microcystine en hogere concentraties totaal- (vanaf ca. 50 µg/l) en cyanochlorofyl (vanaf ca. 25 µg/l). Ervan uitgaande dat hoge concentraties (cyano)chlorofyl een voorspellende waarde vormen voor toxines, is het ook raadzaam om in een warme zomer continu chlorofyl (in combinatie met zuurstof en temperatuur) te meten nabij inlaatpunten. Er zijn draagbare, kleine meetsystemen voorhanden die tijdelijk in een watergang geplaatst kunnen worden waarbij chlorofyl, zuurstof en temperatuur data regelmatig (zelfs op afstand) uitgelezen kan worden. Hiermee wordt duidelijk óf en wanneer een (blauw)algenpiek zich opbouwt waarbij besloten kan worden om bijv. toxine metingen uit gaan voeren of inlaat van water tijdelijk te staken.

Om beter grip te krijgen op deze blauwalgproblematiek is dus een ander type monitoring nodig. De huidige monitoring sluit niet goed aan op deze vraag. De periode van monitoring en frequentie dient te worden afgestemd op de blauwalgontwikkeling in de Maas. De aanbeveling is om (in warme zomers) frequent voor het inlaatpunt te monitoren. Er vindt na het inlaten weliswaar verdunning plaats, maar in overleg met de waterschappen is besloten dat het in de praktijk onwerkbaar is om voor ieder inlaatpunt de verdunningen erachter door te rekenen. Idealiter wordt dus voorkomen dat er water met te hoge concentraties blauwalgen en toxines of te lage concentraties zuurstof wordt ingelaten. Om dit te bewerkstelligen, is het advies om vóór het inlaatpunt structureel te monitoren hoe de concentraties toxines, blauwalgen en zuurstof zich ontwikkelen in de tijd. Voor (cyano)chlorofyl, zuurstof en watertemperatuur kunnen bovengenoemde continu-meetsystemen gebruikt worden.

Toxine-metingen

Het strekt hierbij ook tot de aanbeveling om in een warme zomer waarbij zich blauwalgenbloeien voordoen, meer metingen van toxines te verzamelen (in ieder geval microcystine). Het aantal beschikbare toxinemetingen is nu beperkt, overschrijdingen van drempelwaarden lijken aannemelijk. De huidige data is echter beperkt om uitspraken te doen in hoeverre toxine concentraties kunnen oplopen en hoe lang toxinepieken aanhouden. Frequent meten van toxines tijdens bloeiperiodes van blauwalgen kan ons begrip op de schaal van het probleem in ieder geval sterk verbeteren.



NB Als hoge waarden in de Maas aanleiding geven tot ongewenst effecten op levensgemeenschap in achterliggende wateren, dan zal dat effect ook in de Maas zelf spelen. Het blauwalgenprobleem dient integraal te worden aangepakt en een goede afstemming met Rijkswaterstaat is dan noodzakelijk.



Literatuur

- Faassen, E., N. Dam, I.L. van der Graaf, T. Bovee, A. Gerssen, 2022. Evaluatie van sneltesten, voor het meten van blauwalgtoxines in oppervlaktewater. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2022.011.
- Quirijn J.F. Schürmann, Petra M. Visser, Susan Sollie, Edwin A. Kardinaal, Elisabeth J. Faassen, Ridouan Lokmani, Ron van der Oost, Dedmer B. Van de Waal, 2024. Risk assessment of toxic cyanobacterial blooms in recreational waters: A comparative study of monitoring methods. *Harmful Algae* 138 (2024) 102683. By Elsevier B.V.
- Sollie, S. en E. Kardinaal, 2020. Risicobeoordeling blauwalgen in zwemwater - Nieuwe technieken voor de bepaling van de aanwezigheid van blauwalgtoxines. STOWA rapport 2020-09
- Sprong, F. J., 2024. De invloed van blauwalgenbloei op aquatische organismen. Een literatuurstudie naar het effect van blauwalgen in inlaatwater vanuit de Maas op het behalen van KRW-doelen. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- STOWA, 2020. Beslisschema voor het inlaten van water met blauwalg. Rapport 2020-35. Amersfoort, STOWA.
- Van Hassel, W.H.R.; Andjelkovic, M.; Durieu, B.; Marroquin, V.A.; Masquelier, J.; Huybrechts, B.; Wilmotte, A., 2022. A Summer of Cyanobacterial Blooms in Belgian Waterbodies: Microcystin Quantification and Molecular Characterizations. *Toxins* 2022, 14, 61. <https://doi.org/10.3390/toxins14010061>
- Wagenvoort, A., 2010. Cyanobacteriën in Biesboschspaarbekken De Gijster. Een actueel overzicht van de problemen en risico's. AQWA – Evides T&B 2009R33



Bijlage I Lijst gevoelige soorten vis

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Alburnoides bipunctatus	Alburnoides bipunctatus
Alburnus alburnus	Alburnus alburnus
Barbatula barbatula	Barbatula barbatula
Barbus barbus	Barbus barbus
Chondrostoma nasus	Chondrostoma nasus
Cobitis taenia	Cobitis taenia
Cottus perifretum	Cottus perifretum
Cottus rhenanus	Cottus rhenanus
Esox lucius	Esox lucius
Gasterosteus aculeatus	Gasterosteus aculeatus
Gobio gobio	Gobio gobio
Gymnocephalus cernua	Gymnocephalus cernua
Lampetra fluviatilis	Lampetra fluviatilis
Lampetra planeri	Lampetra planeri
Leucaspis delineatus	Leucaspis delineatus
Leuciscus idus	Leuciscus idus
Leuciscus leuciscus	Leuciscus leuciscus
Lota lota	Lota lota
Osmerus eperlanus	Osmerus eperlanus
Petromyzon marinus	Petromyzon marinus
Phoxinus phoxinus	Phoxinus phoxinus
Platichthys flesus	Platichthys flesus
Pungitius pungitius	Pungitius pungitius
Rhodeus amarus	Rhodeus amarus
Rutilus rutilus	Rutilus rutilus
Salmo salar	Salmo salar
Salmo trutta	Salmo trutta
Sander lucioperca	Sander lucioperca
Scardinius erythrophthalmus	Scardinius erythrophthalmus
Silurus glanis	Silurus glanis
Squalius cephalus	Squalius cephalus
Thymallus thymallus	Thymallus thymallus



Bijlage II Lijst gevoelige soorten waterplanten

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
<i>Alisma gramineum</i>	<i>Alisma gramineum</i>
<i>Callitriche</i>	<i>Callitriche</i>
<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Ceratophyllum submersum</i>	<i>Ceratophyllum submersum</i>
<i>Chara</i>	<i>Chara</i>
<i>Elodea canadensis</i>	<i>Elodea canadensis</i>
<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i>
<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Fontinalis antipyretica</i>
<i>Groenlandia densa</i>	<i>Groenlandia densa</i>
<i>Hottonia palustris</i>	<i>Hottonia palustris</i>
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	<i>Myriophyllum verticillatum</i>
<i>Najas marina</i>	<i>Najas marina</i>
<i>Nitella</i>	<i>Nitella</i>
<i>Potamogeton acutifolius</i>	<i>Potamogeton acutifolius</i>
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	<i>Potamogeton berchtoldii</i>
<i>Potamogeton compressus</i>	<i>Potamogeton compressus</i>
<i>Potamogeton crispus</i>	<i>Potamogeton crispus</i>
<i>Potamogeton friesii</i>	<i>Potamogeton friesii</i>
<i>Potamogeton lucens</i>	<i>Potamogeton lucens</i>
<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i>
<i>Potamogeton nodosus</i>	<i>Potamogeton nodosus</i>
<i>Potamogeton obtusifolius</i>	<i>Potamogeton obtusifolius</i>
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	<i>Potamogeton polygonifolius</i>
<i>Potamogeton praelongus</i>	<i>Potamogeton praelongus</i>
<i>Potamogeton pusillus</i>	<i>Potamogeton pusillus</i>
<i>Potamogeton trichoides</i>	<i>Potamogeton trichoides</i>
<i>Ranunculus aquatilis</i>	<i>Ranunculus aquatilis</i>
<i>Ranunculus baudotii</i>	<i>Ranunculus baudotii</i>
<i>Ranunculus circinatus</i>	<i>Ranunculus circinatus</i>
<i>Ranunculus peltatus</i>	<i>Ranunculus peltatus</i>
<i>Ricciocarpos natans</i>	<i>Ricciocarpos natans</i>
<i>Stratiotes aloides</i>	<i>Stratiotes aloides</i>
<i>Stuckenia pectinata</i>	<i>Stuckenia pectinata</i>
<i>Tolypella</i>	<i>Tolypella</i>
<i>Utricularia vulgaris</i>	<i>Utricularia vulgaris</i>
<i>Zannichellia palustris</i>	<i>Zannichellia palustris</i>