

**Noord Atlantische Oceaan
winterindex: is er een relatie
met blauwalgen?**



**Noord Atlantische Oceaan
winterindex: is er een relatie met
blauwalgen?**

Miguel Dionisio Pires

1202264-009

Titel

Noord Atlantische Oceaan winterindex: is er een relatie met blauwalgen?

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
SO Eutrofiëring en Nutriënten	1202264-009	1202264-009-BGS-0002	9

Trefwoorden

Blauwalgen, Noord Atlantische Oceaan index, klimaatverandering, eutrofiëring, fosfaat

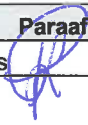


Samenvatting

In deze studie is gekeken of blauwalgconcentraties in de zomer in Friese meren gerelateerd konden worden aan de NAO winterindex. Een positieve index duidt op een zachte winter met relatief veel neerslag terwijl een negatieve index duidt op strenge winters met relatief weinig neerslag. De vraagstelling was: is er een relatie tussen de NAO winterindex en blauwalgconcentraties in meren in Friesland? De hypothese is dat een positieve NAO winterindex tot hogere blauwalgconcentraties leidt omdat P-belasting naar oppervlaktewateren dan hoger is. Doel van deze exercitie is kennisuitbreiding over een eventuele relatie tussen de NAO en blauwalgenoverlast zodat waterbeheerders in de winterperiode kunnen anticiperen of er dan in de zomer veel blauwalgen te verwachten zijn of niet. Voor beantwoording van deze vraag is gewerkt met data die door Wetterskip Fryslân beschikbaar zijn gesteld.

Wetterskip Fryslân heeft gegevens over chlorofyl en fysisch-chemische parameters beschikbaar gesteld. Van 14 locaties waren gegevens beschikbaar voor de periode 1984-2010. Deze gegevens zijn gebruikt om te kijken of er een verband was met de NAO winterindex (conform Hurrell (<http://climatedataguide.ucar.edu/guidance/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>)).

Er blijkt inderdaad een positieve correlatie te zijn tussen de NAO winterindex en blauwalgconcentraties in Friese meren. De spreiding in blauwalgconcentraties is echter ook groot en die variatie kan niet verklaard worden door de NAO winterindex. Er is ook gekeken naar de relatie tussen NAO winterindex en fosfaat (totaal en ortho-) omdat zachte winters (positieve NAO) zouden leiden tot meer P-belasting van oppervlaktewateren. Van een correlatie tussen NAO en fosfaat was echter geen sprake en waarschijnlijk komt dit doordat er in het verleden waterkwaliteitsmaatregelen hebben plaatsgevonden. Er kon ook geen relatie worden gelegd tussen totaal fosfaat en blauwalgchlorofylconcentraties. De hypothese van deze studie lijkt daarom verworpen te moeten worden.

Aanbevolen wordt om te kijken door welke blauwalgsoorten of -geslachten de chlorofylconcentraties veroorzaakt worden omdat de mate van invloed van de winter op blauwalgen soortspecifiek zou kunnen zijn. Ook verdient het aanbeveling om helder te krijgen wanneer in de tijd waterkwaliteitsverbeteringen (of andere ingrepen) hebben plaatsgevonden. Niet alleen kunnen eventuele breuken in trends verklaard worden maar ook zouden hierdoor data opgesplitst kunnen worden voor aparte analyses (bijvoorbeeld voor en na een ingreep). Ook dienen verschillen tussen watersystemen meegenomen te worden, zoals verblijftijden, niveau van eutrofiëring, bodemtype, interne eutrofiëring en andere chemische parameters zoals stikstof.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	juli 2012	Miguel Dionisio Pires		Valesca Harezlak		Hilde Passier	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Methodiek	2
3 Resultaten	3
4 Discussie	7
5 Conclusies en aanbevelingen	8
6 Referenties	9

1 Inleiding

Blauwalgen (cyanobacteriën) vormen elk jaar weer een probleem op veel zwemwaterlocaties in Nederland. Dit komt doordat ze in de zomer gaan bloeien en uiteindelijk zelfs drijfslagen kunnen vormen. Die drijfslagen kunnen toxines bevatten die een gevaar opleveren voor zwemmers en andere waterrecreanten (Dionisio Pires 2010).

Blauwalgen groeien vooral goed in eutrofe wateren tijdens hoge temperaturen (Paerl & Huisman 2009). Van de nutriënten die van belang zijn voor hun groei lijkt vooral fosfaat bepalend te zijn (Sarnelle et al. 2005).

Omdat blauwalgen het goed doen bij hoge temperaturen, lag het voor de hand om ook onderzoek te doen naar effecten van klimaatverandering op blauwalgenbloeien. Verschillende studies hebben inmiddels laten zien dat blauwalgen voordeel hebben bij toenemende temperaturen als gevolg van klimaatverandering (Jöhnk et al. 2008; Paerl & Huisman 2008).

Naast hoge temperaturen in de zomer speelt ook het type winter een rol in het succes van blauwalgenproliferatie. Reeders et al. (1998) toonden aan dat bij totaal fosfaat gehaltes van 0.05-0.20 mg/L het wel of niet domineren van de fytoplanktongemeenschap door blauwalgen afhankelijk was van de winter. Strenge winters leidden tot minder blauwalgen die in het navolgende voorjaar op konden komen en bloeien, terwijl onder zachte winters meer blauwalgcellen konden overleven en bloeien. Of er sprake was van minder blauwalgenoverlast in de zomer na een strenge winter hing verder af van de mate van instraling in het voorjaar. In ieder geval werd duidelijk dat zachte winters vaak tot blauwalgoverlast leiden.

Zachte winters gaan, naast relatief hoge temperaturen, gepaard met relatief veel neerslag. Meer neerslag leidt tot meer uitspoeling van nutriënten vanuit landbouw naar oppervlaktewater (Rip 2007). Of winters juist zacht of streng zijn wordt bepaald door het verschil in atmosferische druk tussen de Azoren en IJsland en wordt de Noord-Atlantische Oceaan index genoemd (NAO). Voor de biologie van het waterleven in Nederland is vooral de NAO winterindex van belang (Kosten 2011). Een positieve NAO index duidt op zachte winters (met veel neerslag) en een negatieve index op strenge winters met weinig neerslag.

In dit onderzoek is gekeken of blauwalgenconcentraties in de zomer gerelateerd konden worden aan de NAO winterindex. De achterliggende gedachte hierbij is dat zachte winters (positieve NAO) tot hogere blauwalgconcentraties leiden omdat, doordat er meer neerslag is, de P-belasting naar oppervlaktewateren dan hoger is (hypothese). Omgekeerd is de hypothese dat een negatieve NAO winterindex tot minder hoge blauwalgconcentraties leidt wegens minder uitspoeling van P naar oppervlaktewateren.

Bovenstaande hypothese is getest op een aantal Friese meren. De vraagstelling in dit onderzoek luidt: is er een relatie tussen de NAO winterindex en blauwalgconcentraties in meren in Friesland? Doel van deze exercitie is kennisuitbreiding over een eventuele relatie tussen de NAO en blauwalgenoverlast zodat waterbeheerders in de winterperiode kunnen anticiperen of er dan in de zomer veel blauwalgen te verwachten zijn of niet. Voor beantwoording van deze vraag is gewerkt met data die door Wetterskip Fryslân beschikbaar zijn gesteld.

2 Methodiek

Wetterskip Fryslân heeft de volgende data aangereikt:

1) Totaal chlorofyl en bijbehorende percentages blauwalgen voor 19 locaties van 1984 tot en met 2010. Van deze locaties zijn er in deze studie 14 geselecteerd voor verdere analyse omdat daar langere periodes voor beschikbaar waren (de periode 1984-2010 is namelijk niet consistent voor elke locatie gemeten). In tabel 2.1 zijn de namen weergegeven van de locaties die voor de analyses gebruikt zijn.

Tabel 2.1 *Namen van de locaties in Friesland die voor de analyses gebruikt zijn.*

Groote Wielen, restaurant	Sneekermeer, midden
Bergumermeer, midden	Fluessen, midden
De Leijen, midden	Heegermeer, midden
Zandmeer (Oude Veenen), midden	Koeverdor, midden
Pikmeer, midden	Langweerderwielen, midden
Wijde Ee, midden	Slotermeer, midden
Smalle Eesterzanding, midden	Grote Brekken, midden

2) Zomergemiddelden voor fysisch-chemische parameters van 1984-2010 voor dezelfde locaties als hierboven genoemd. Van de aangeleverde parameters zijn totaal-fosfaat en ortho-fosfaat geselecteerd voor verdere analyses vanwege de directe link met blauwalgenbloei en omdat in wetenschappelijke publicaties deze vaak gerelateerd worden aan de NAO (Rip 2007; Weyhenmeyer 2004).

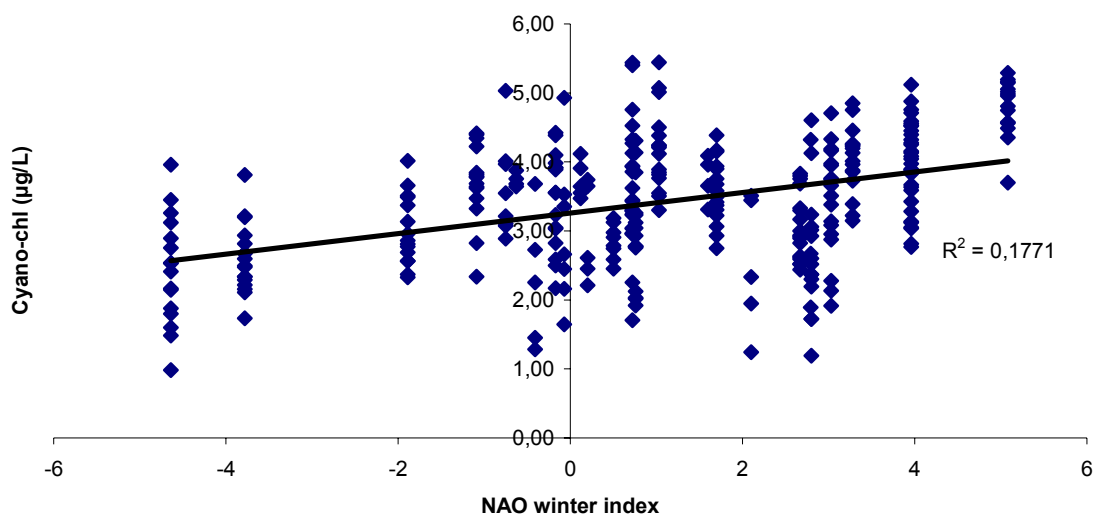
Daarnaast had het Wetterskip nog gegevens (percentages blauwalgen) aangereikt van andere plassen maar deze zijn in deze studie niet gebruikt.

De combinatie van totaal chlorofyl concentraties en percentage blauwalgen is gebruikt om chlorofylconcentraties voor blauwalgen uit te rekenen. Daarna is de gemiddelde blauwalgchlorofylconcentratie berekend voor de zomerperiode. Deze periode besloeg het tijdspad tussen 1 mei en 1 oktober. Er is voor deze lange periode gekozen, omdat het zomermaximum voor Chl-a (als gevolg van blauwalgen) steeds later plaatsvindt (Wanink et al. 2008). Omdat niet alle locaties even consistent gemeten zijn er verschillen in het aantal data per locatie per jaar die gebruikt zijn om zomergemiddelden te berekenen. Ook is het zo dat sommige locaties data bevatten voor elk jaar en anderen minder. Vanwege deze inconsistenties zijn er geen locatie-specifieke analyses uitgevoerd maar is er gekeken naar de relatie tussen NAO winterindex en blauwalgenbiomassa voor de 14 locaties bij elkaar. Uiteraard verschillen deze 14 locaties van elkaar in meerdere aspecten zoals bodemtype, verblijftijd van water, mate van eutrofiëring etc. Deze studie is echter te klein om ook die verschillen mee te nemen. Deze zullen in een vervolgstudie aandacht moeten krijgen.

In de analyses is getracht blauwalgbiomassa (chlorofyl als proxy) te relateren aan de NAO winterindex. Hetzelfde is gedaan voor totaal fosfaat en ortho-fosfaat. De jaarlijkse waarden NAO winterindex waarden van Hurrell (<http://climatedataguide.ucar.edu/guidance/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>) zijn genomen net zoals gedaan is in de studie van Netten et al. (2011).

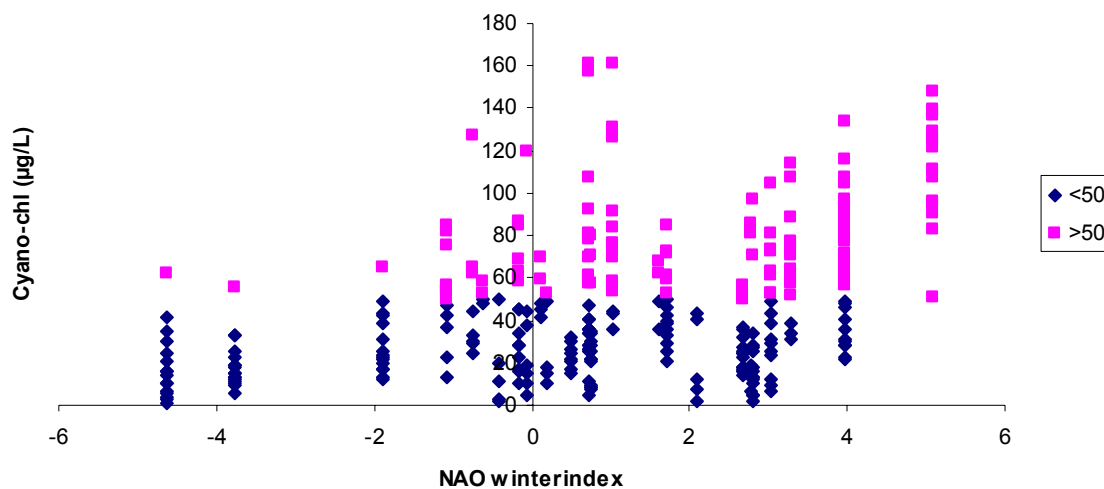
3 Resultaten

Data van blauwalg zomergemiddelden van 14 zwemlocaties in Friesland tonen een significante stijgende lijn met de NAO winterindex (Figuur 3.1, $F_{1,317}=67.9$, $P<0.05$, regressieanalyse). De verklarende variatie is echter laag ($R^2=0.1771$). Dit houdt in dat de NAO winterindex slechts 17.7% van de variatie in blauwalgconcentraties verklaard en dat ruim 80% van de variatie een andere oorzaak heeft. Een mogelijkheid is het feit dat er hier gekeken is naar chlorofylconcentraties en er geen onderscheid is gemaakt tussen de verschillende blauwalggeslachten.

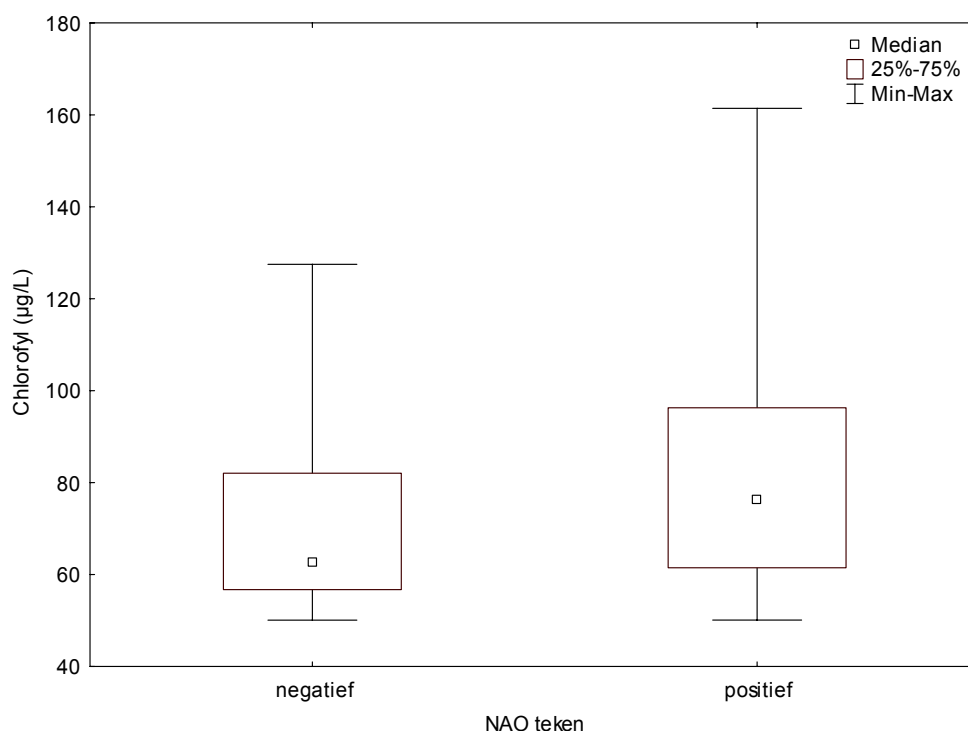


Figuur 3.1 NAO winterindex en zomergemiddelden blauwalgen (μg chlorofyl/L, derdemachtswortel getransformeerd) voor de periode 1984-2010 in 14 zwemwaterlocaties in Friesland.

Wanneer de data gesplitst worden in chlorofylwaarden boven en onder $50 \mu\text{g/L}$ (WHO norm voor onderscheid tussen gering en serieus gezondheidsrisico) dan valt op dat de meeste waarnemingen voor chlorofyl $> 50 \mu\text{g/L}$ bij positieve NAO waarden horen (Figuur 3.2). Dit valt ook af te lezen uit Figuur 3.3 en is statistisch significant ($U = 863.0$; $P<0.05$, Mann-Whitney U -test).

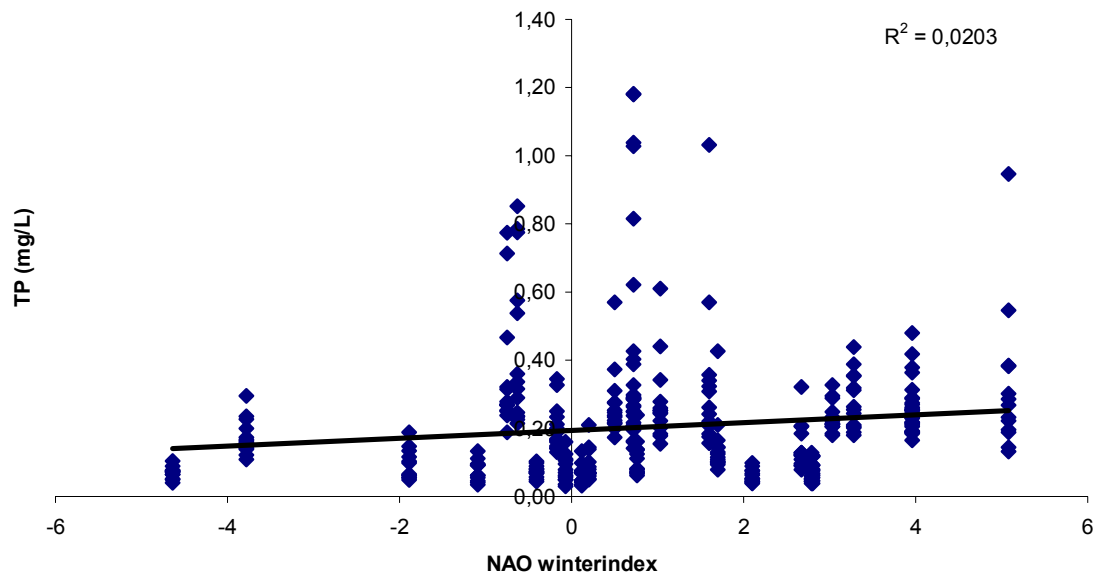


Figuur 3.2 NAO winterindex en zomergemiddelden blauwalgen (μg chlorofyl/L) voor de periode 1984-2010 in 14 zwemwaterlocaties in Friesland. De data zijn opgesplitst op basis van de risiconormen die het WHO (2003) hanteert (tot $50 \mu\text{g}$ chlorofyl/L matige kans op gezondheidsproblemen; boven $50 \mu\text{g}$ chlorofyl/L ernstige kans op gezondheidsproblemen).

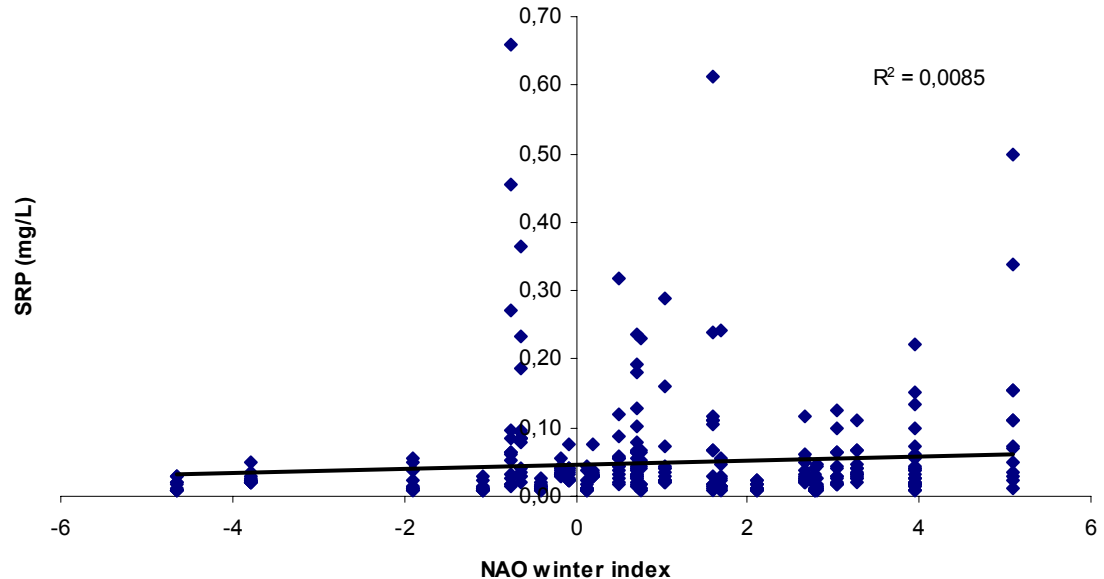


Figuur 3.3 Mediaan van de zomergemiddelden blauwalgen boven $50 \mu\text{g}$ chlorofyl/L tussen negatieve en positieve NAO waarden.

Tussen de NAO winterindex en totaal fosfaat kon geen verband worden afgeleid (Figuur 3.4). Dit geldt ook voor de relatie NAO winterindex en orthofosfaat (Figuur 3.5).

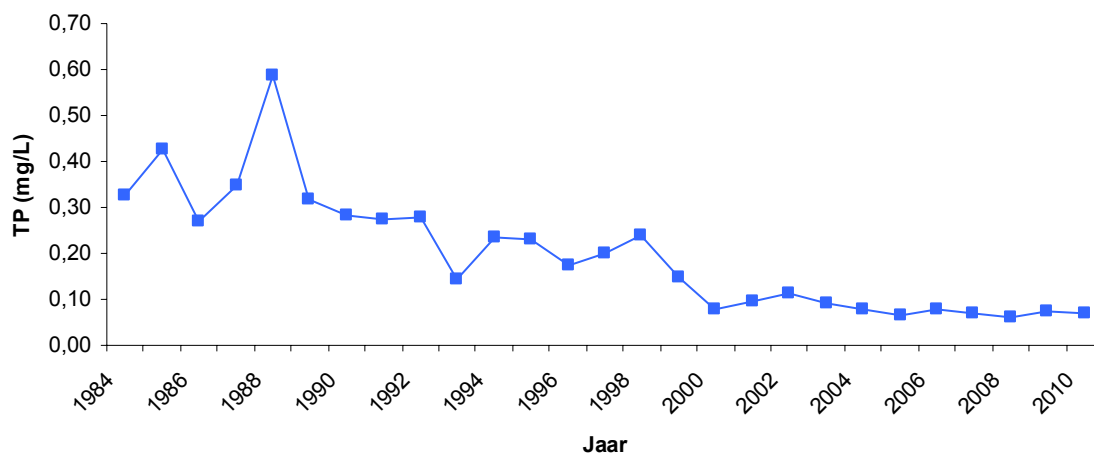


Figuur 3.4 Totaal fosfaat (TP, mg/L) uitgezet tegen de NAO winterindex. Dezelfde locaties en jaren als in Figuur 3.1 zijn meegenomen.



Figuur 3.5 Orthofosfaat (SRP (soluble reactive phosphorous), mg/L) uitgezet tegen de NAO winterindex. Dezelfde locaties en jaren als in Figuur 3.1 zijn meegenomen.

Een mogelijkheid voor het niet vinden van een verband tussen fosfaat en de NAO winterindex zou kunnen zijn dat er in de loop der tijd maatregelen hebben plaatsgevonden om de P-belasting naar oppervlaktewater te verminderen. In Figuur 3.6 is te zien dat totaal fosfaat tussen 1984 en 2010 is afgenomen wat zou kunnen komen door maatregelen om de P-belasting te reduceren (Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk B.V. 2007).



Figuur 3.6 Totaal fosfaat concentraties (zomergemiddelden) voor de periode 1984-2010 voor dezelfde locaties als in Figuur 3.1.

Tussen de hoeveelheid blauwalgchlorofyl en totaal fosfaat werd geen verband gevonden (data niet getoond).

4 Discussie

De vraagstelling in deze studie luidde: is er een relatie tussen de NAO winterindex en blauwalgconcentraties in meren in Friesland? Uit Figuur 3.1 blijkt dat die er is maar dat de NAO winterindex niet de variatie in blauwalgchlorofylconcentraties kan verklaren.

De meeste hoge blauwalg-chlorofylwaarden werden bij een positieve NAO waargenomen. Zoals eerder beschreven, komen zachte, natte winters overeen met een positieve NAO winterindex. Tijdens natte winters kunnen er meer nutriënten afspoelen richting meren en plassen waardoor er in het groeiseizoen meer voedingsstoffen aanwezig zijn (hypothese in deze studie). N en vooral P zijn belangrijke nutriënten voor blauwalgen. De verklarende variatie (R^2) was echter vrij laag (17.7%) wat erop duidt dat andere factoren ook bepalend zijn voor de concentraties blauwalgen. Mogelijk hebben er tussen 1984 en 2010 maatregelen plaatsgevonden om de waterkwaliteit te verbeteren. Dit kan een verband tussen NAO en blauwalgen moeilijk aantoonbaar maken. Ook kan de instraling in het voorjaar het effect van de strengheid van een winter teniet doen (Reeders et al. 1998) waardoor de relatie tussen NAO en blauwalgenbiomassa niet zichtbaar is.

Figuren 3.1-3.3 zijn gebaseerd op cyano-chlorofyl concentraties. Daaruit valt niet af te leiden om welke soorten blauwalgen het gaat. Veel meren en plassen in Friesland worden gedomineerd door blauwalgen van het geslacht *Planktothrix* (Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk B.V. 2007). Soorten uit dit geslacht voelen zich goed thuis in troebele, eutrofe wateren (Lurling & van Dam 2009). In diepere systemen echter, waar stratificatie van de waterkolom kan plaatsvinden, zal vaak de soort *Microcystis aeruginosa* voorkomen, die met behulp van gasblaasjes in het epilimnion kan blijven en niet naar diepere lagen zinkt. Het kan goed zijn dat een zachte winter (positieve NAO winterindex) anders van invloed is op de verschillende blauwalggeslachten (-soorten). Het zou daarom goed zijn om de resultaten van dit onderzoek verder te analyseren door, bij de chlorofylconcentraties, de identificatie van geslachten erbij te halen. Verder zouden de karakteristieken van de verschillende watersystemen meegenomen moeten worden in de analyses en ook gekeken kunnen worden naar niet enkel fosfaat maar ook naar stikstof.

Tussen de NAO winterindex en fosfaat (zowel totaal als ortho-) werd geen relatie gevonden. Mogelijk komt dit doordat er maatregelen zijn getroffen om de P-belasting naar oppervlaktewateren te verminderen. Dit idee wordt ondersteund door de trend in TP concentraties tussen 1984 en 2010 waarin een duidelijke afname te zien is (Figuur 3.6). Informatie over getroffen maatregelen zouden hierin meer duidelijkheid kunnen geven.

5 Conclusies en aanbevelingen

- Er is een positieve, maar beperkte correlatie tussen de NAO winterindex en blauwalgconcentraties geconstateerd. De variatie in blauwalgconcentraties kan echter niet goed door de NAO winterindex verklaard worden. Dit zou kunnen komen doordat er tussen 1984 en 2010 maatregelen hebben plaatsgevonden ter verbetering van de waterkwaliteit. Een andere mogelijkheid is het feit dat er geen onderscheid tussen de verschillende blauwalggeslachten is gemaakt.
- Tussen de NAO winterindex en fosfaat (zowel totaal als ortho-) is geen correlatie gevonden. Ook dit zou kunnen komen doordat er maatregelen hebben plaatsgevonden om de waterkwaliteit te verbeteren (bijvoorbeeld terugdringen P-belasting). De hypothese van deze studie (positieve NAO winterindex leidt tot hogere blauwalgconcentraties omdat P-belasting naar oppervlaktewateren dan hoger is) lijkt daarom verworpen te moeten worden.
- Aanbevolen wordt om te kijken door welke blauwalgsoorten of –geslachten, de chlorofylconcentraties worden veroorzaakt. Dit zou mogelijk de relatie tussen NAO winterindex en blauwalgbiomassa kunnen verbeteren (i.e. de variatie terugdringen).
- Het verdient aanbeveling om helder te krijgen wanneer in de tijd waterkwaliteitsverbeteringen (of andere ingrepen) hebben plaatsgevonden. Niet alleen kunnen eventuele breuken in trends verklaard worden maar ook zouden hierdoor data opgesplitst kunnen worden voor aparte analyses (bijvoorbeeld voor en na een ingreep).
- Ook moeten verschillen tussen watersystemen meegenomen worden zoals verblijftijden, niveau van eutrofiering, bodemtype, interne eutrofiëring en, behalve fosfaat, moet ook stikstof in analyses meegenomen worden.

6 Referenties

- Dionisio Pires, L.M. (2010) Gezondheidsrisico's van blauwalgen. Deltares-rapportnummer 1202723-000.
- Netten, J.J.C., J. van Zuidam, S. Kosten & E.T.H.M. Peeters (2011) Differential response to climatic variation of free-floating, and submerged macrophytes in ditches. *Freshwater Biology* 56: 1761-1768.
- Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk B.V. (2007) Trendanalyse hydrobiologische gegevens Friesland. In opdracht van: Wetterskip Fryslân. Grontmijrapport 210455. Koeman en Bijkerk rapport 2007-015 Adviseur Water en Natuur Rapport 605. Amsterdam/Haren/Amsterdam. X + 175pp.
- Jöhnk, K.D., J. Huisman, J. Sharples, B. Sommeijer, P.M. Visser & J.M. Stroom (2008) Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. *Global Change Biology* 14: 1-18.
- Kosten, S. (2011) Een frisse blik op warmer water. Stowa rapportnr 2011-20.
- Lurling, M. & H. van Dam (2009) Blauwalgen: giftig groen. Stowa rapportnr 2009-43.
- Paerl, H.W. & J. Huisman (2008) Blooms like it hot. *Science* 320: 57-58.
- Paerl, H.W. & J. Huisman (2009) Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports* 1: 27-37.
- Reeders, H.H., P.C.M. Boers, D.T. van der Molen & T.H. Helmerhorst (1998) Cyanobacterial dominance in the lakes Veluwemeer and Wolderwijd, The Netherlands. *Water, Science and Technology* 37: 85-92.
- Rip, W.J. (2007) Cyclic state shifts in a restored shallow lake. Proefschrift Wageningen Universiteit. ISBN 978-90-8504-706-3.
- Sarnelle, O., A.E. Wilson, S.K. Hamilton, L.B. Knoll & D.F. Raikow (2005) Complex interactions between the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, and the harmful phytoplankter, *Microcystis aeruginosa*. *Limnology and Oceanography* 50: 896-904.
- Wanink, J., H. van Dam, F. Grijpstra & T. Claassen (2008) Invloed van klimaatverandering op fytoplankton van de Friese meren. *H₂O* 23: 32-35.
- Weyhenmeyer, G.A. (2004) Synchrony in relationships between the North Atlantic Oscillation and water chemistry among Sweden's largest lakes. *Limnology and Oceanography* 49: 1191-1201.