



Datum
13 maart 2020

Reductie van een populatie rode Amerikaanse rivierkreeften in de Distelvinkplas van de Molenpolder; Deel 2: Korte termijn effecten 2018-2019 op waterkwaliteit en vegetatie

Gerard ter Heerdt
Winne Rip

De opdrachtgevers van dit project zijn:
Provincie Utrecht, waterschap Amstel, Gooi en Vecht en gemeente Amsterdam

De leden van de projectgroep zijn:

Ron Beenen (provincie Utrecht)
Rogier Kuil (provincie Utrecht)
Bert van Dijk (Staatsbosbeheer)
Hans Kampf (Vereniging Zon en Leven, afdeling Gravingen)
Jouke Kampen (ATKB)
Yannick Janssen (ATKB)
Fabrice Ottburg (Wageningen Universiteit)
Ivo Roessink (Wageningen Universiteit)
Andre Roeffen (particulier)
Gerard ter Heerdt (Waternet)
Winnie Rip (Waternet)

Inhoud

Inhoud	3
Samenvatting	5
1 1. Inleiding	7
2 Methode	9
2.1 Onderzoeksgebied	9
2.2 Fysisch-chemische parameters	9
2.3 Monsterlokaties voor fysisch-chemische analyses	10
2.4 Statistische analyse bronnen zwevend stof	11
2.5 Berekening potentieel lichtklimaat	11
2.6 Vegetatie	11
2.7 Statistische analyse	12
3 Resultaten	14
3.1 Chl-a	14
3.2 Zwevend stof	14
3.3 Humus extinctie bij 380 nm	15
3.4 Potentieel lichtklimaat	15
3.5 Opwerveling van bodemmateriaal door werkzaamheden	16
3.6 Fosfor	16
3.7 Invloed drinkwaterlekkage	18
3.8 Vegetatie	18
4 Conclusies en discussie	20
4.1 De fosforbelasting in de Molenpolder is niet te hoog	20
4.2 In de Distelvinkplas speelt vis geen rol	20
4.3 Biomanipulatie van kreeften leidt tot helder water met waterplanten	20
4.4 Biomanipulatie van de visstand is ook nodig	21
4.5 Herintroductie van flora en fauna zal waarschijnlijk noodzakelijk zijn	21
4.6 Hoe blijvend is het effect van biomanipulatie van kreeft en vis?	22
5 Referenties;	22

Samenvatting

De Molenpolder, onderdeel van Natura2000 gebied Oostelijke Vechtplassen, heeft in de periode 2010-2016 tijdelijk een te hoge externe fosfaatbelasting gehad door aanvoer van het kwelrijke wateroverschot van de Westbroekse Zodden. De fosfaatbelasting was echter te hoog om van de positieve effecten van de bufferende stoffen in het kwelwater te profiteren. Daardoor is het ecosysteem omgeslagen van een helder, plantenrijk aquatisch ecosysteem naar een troebel systeem waarin de ondergedoken watervegetatie volledig is verdwenen. Vanaf 2017 is deze externe fosfaatbelasting weer gereduceerd naar de belasting van voor 2010 door afkoppelen van het wateroverschot van Westbroekse zodden. De huidige externe fosfaatbelasting ligt tussen de bovenste en onderste kritische grens. Het aquatische ecosysteem is nog steeds te troebel en de submerse waterplanten ontbreken volledig. De hypothese is dat de grote dichtheid rode Amerikaanse rivierkreeften het herstel belemmert. Het reduceren ervan, biomanipulatie, zou het herstel van de aquatische biodiversiteit in gang kunnen zetten.

In dit onderzoek is in één van de plassen in de Molenpolder, de Distelvinkplas, de stand van de rode Amerikaanse rivierkreeften sterk gereduceerd. Daarbij werd gemonitord hoe de waterkwaliteit en de vegetatie zich ontwikkelden, in vergelijking met plassen binnen de Molenpolder waar de kreeften ongemoeid werden gelaten. De rapportage over dit onderzoek staat in twee deel rapporten. In deel 1: "Reductie van een populatie rode Amerikaanse rivierkreeften in de Distelvinkplas van de Molenpolder; deel 1 korte termijn effecten op de kreeftenpopulatie" (ATKB, 2020) staan de aanpak en resultaten van de kreeftenreductie zelf beschreven. Dit voorliggende rapport, deel 2, presenteert de korte termijn effecten van de reductie van de uitheemse rivierkreeften op de waterkwaliteit en ondergedoken watervegetatie in de Distelvinkplas in vergelijking tot referentiegebieden in de rest van de Molenpolder.

Het reduceren van de kreeftenstand en de visstand (er was heel weinig vis aanwezig) in de Distelvinkplas is gestart in april 2018 en heeft geleid tot vermindering van de hoeveelheid algen en vergroting van het doorzicht. Ook de fosforconcentratie nam af. Na een jaar, zomer 2019, kwam een pioniervegetatie met kranswieren op gang. In de referentiegebieden van de Molenpolder zijn deze effecten niet waargenomen. Dat ondersteunt de hypothese dat de rode Amerikaanse rivierkreeften het herstel belemmeren en dat het reduceren van deze rivierkreeften een effectieve herstelmaatregel kan zijn.

Buiten de Distelvinkplas speelt ook opwerveling van slib door brasem en blankvoorn een rol. Dat beperkt het lichtklimaat voor planten en vergroot de concentratie P-totaal. Voor herstel van de plassen in de Molenpolder zal daarom ook biomanipulatie van vis noodzakelijk zijn.

Na de vele jaren dat de plassen troebel en onbegroeid waren, zijn de soorten die er thuis horen, of hun diasporen, voor een groot deel schaars of zelfs afwezig. Beredeneerd wordt dat dit het herstel van de natuur in de plassen kan vertragen. Daardoor bestaat het risico dat het herstel niet blijvend is en kreeften, brasem en blankvoorn weer terugkeren.

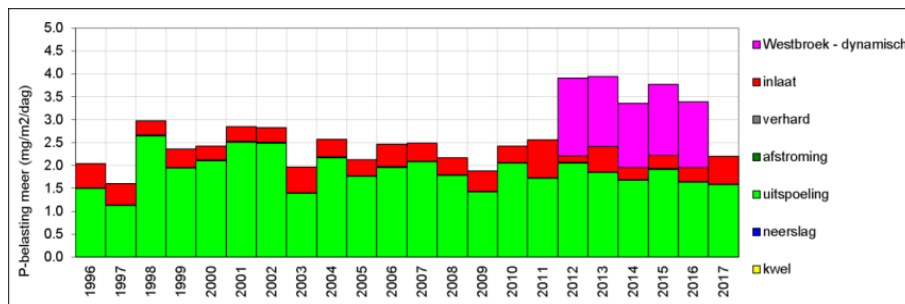
Voorgesteld wordt om een experiment met uit te voeren, waarin de submerse planten, macrofauna en vissoorten die in heldere laagveenplassen thuishoren worden teruggebracht. De kreeftenstand wordt daarbij laag gehouden, waarbij tevens wordt gewerkt aan het optimaliseren van de vangstmethodes. Als de natuurlijke soorten zich hebben gevestigd, zal blijken of de effecten van biomanipulatie van uitheemse rivierkreeften blijvend zijn.

1 1. Inleiding

De waterkwaliteit en ecologie is in de Molenpolder de afgelopen jaren sterk verslechterd (Van Dobben en anderen, 2017) van helder water met een goed ontwikkelde onderwatervegetatie en bijbehorend ecosysteem naar troebel water met geen onderwatervegetatie. Aangezien de Natura2000 en KRW waarden niet achteruit mogen gaan werken Provincie Utrecht en Waternet in dit project samen aan een oplossing voor deze problematiek in de Molenpolder.

Van Dobben en anderen (2017) melden ook een sterke achteruitgang van adulte libellen in combinatie met toename van de Amerikaanse rivierkreeft. Het doorzicht is sinds 2012 verslechterd. De onderwatervegetatie is sinds 2012 verslechterd en sinds 2016 is er op geen enkel KRW vegetatiemeetpunt onderwatervegetatie aangetroffen (KRW monitoring door Waterproef in opdracht van Waternet). De Bisel beoordelingen van macrofauna door een lokale afdeling van IVN zijn sterk achteruitgegaan (<http://www.slootdiertjes.nl/beoordeling/BISEL.html>). De visstand opnamen in de Molenpolder in de jaren 2006, 2012 en 2015 laten een verschuiving zien: afname van snoek, zeelt en ruisvoorn terwijl brasem en blankvoorn in kg en aantal/ha zijn toegenomen. In 2015 zijn alleen drie zeelten van 14 jaar en ouder gevonden, dus geen geschikt vegetatierijk habitat meer voor jonge zeelt. Deze veranderingen in visstand passen uitstekend in het beeld van verandering van helder water met goed ontwikkelde onderwatervegetatie naar troebel en vegetatie loos water. Met name de sterke toename van Brasem (4 kg/ha in 2006 naar 67 kg/ha in 2015) en Blankvoorn (37 kg/ha in 2006, 6 kg/ha in 2012 en 94 kg/ha in 2015) is verontrustend. Deze eurytope vissoorten stabiliseren de slechte toestand van het ecosysteem in Molenpolder. Parellel in de tijd zijn Amerikaanse rivierkreeften sterk in aantallen toegenomen. De toename van kreeften is niet vastgelegd met metingen maar dit is een indruk van diverse lokale personen. Er is geen causaal onderzoek gedaan tussen de toename van kreeften en de achteruitgang van het aquatische ecosysteem. Maar het is vrij zeker dat de Amerikaanse rivierkreeft ook een rol speelt in het in stand houden van de slechte toestand van het ecosysteem in Molenpolder. Het effect van kreeft en brasem etc. is moeilijk te onderscheiden met de huidige gegevens.

Met behulp van de ecologische sleutelfactor analyse is een gebiedsanalyse uitgevoerd (KRW factsheet; Droog en Cusell, 2018) waaruit blijkt dat de huidige P belasting lager ligt dan de hoogste kritische grens. In de jaren 2012 tot en met 2016 was de externe fosfaatbelasting hoger omdat het wateroverschot van Westbroekse zoden via Molenpolder werd afgevoerd (Figuur 1.1). De motivatie om het wateroverschot van de Westbroekse zoden via Molenpolder af te voeren was het bufferend vermogen van het water in de Molenpolder verhogen met kwelwater uit de Westbroekse zoden ten bate van de Natura2000 doelen. Het water van de Westbroekse zoden had echter een te hoog fosfaatgehalte om te profiteren van het bufferend vermogen van het kwelwater. Daarom is de afvoer van wateroverschot uit Westbroekse zoden via Molenpolder sinds voorjaar 2017 gestopt. Als de externe fosforbelasting van een plas te hoog is ten opzichte van de kritische grenzen, veroorzaakt dat 's zomers algenbloei en troebel water, met als gevolg het ontbreken van ondergedoken waterplanten. Als de fosforbelasting weer omlaag is gebracht dan zou een omslag naar helder water met waterplanten mogelijk zijn.



Figuur 1.1: De externe fosfaatbelasting (mg P/m²/dag) van de Molenpolder voor de periode 1996-2017.

Het uitblijven van herstel van een plas na reductie van de fosforbelasting is een bekend verschijnsel in West-Europese ondiepe plassen. Wanneer de actuele fosforbelasting tussen de kritische grenzen (Factsheet; Droog en Cusell, 2018) in ligt, zoals waarschijnlijk in de Molenpolder, dan is de verwachting dat de troebele situatie niet spontaan om zal slaan naar een heldere situatie (Jaarsma e.a., 2008). Vaak wordt de troebele situatie in stand gehouden door een grote dichtheid bodem woelende vissen als brasem en blankvoorn. Als deze grote dichtheid aan vis wordt teruggebracht tot proporties die passen bij een laag belaste situatie (biomanipulatie), slaat een plas vaak wel om naar een stabiele heldere situatie met waterplanten (Janse, 2015). Een te hoge dichtheid aan rode Amerikaanse rivierkreeften zou in theorie ook het herstel van de ecologische toestand in een plas kunnen belemmeren (Jong, e.a., 2019). Ondanks voldoende licht op de bodem verhinderen de kreeften mogelijk door hun graasgedrag de vestiging van submerse vegetatie (Jong e.a. 2019). Analoog aan biomanipulatie van de visstand, zou het reduceren van de dichtheid van de kreeften dan 's zomers tot herstel van helder water met waterplanten kunnen leiden. De verwachting is dat na het reduceren van de kreeftenpopulatie de primaire productie van planktonische algen verschuift naar fyto-benthos, draadalg en submerse waterplanten. Met het afnemen van de planktonische algen dalen de concentraties Chl-a en P-totaal. Het lichtklimaat verbetert. Uiteindelijk gaan ondergedoken waterplanten domineren. Daarmee is het herstel van de ecologische kwaliteit, voorlopig, in gang gezet.

Bovenstaande theorie is onderzocht in een n=1, "whole lake" experiment. In de Distelvinkplas (Molenpolder) is in 2018 en 2019 de populatie kreeften sterk teruggebracht (ATKB, 2020). De situatie in de Distelvinkplas wordt daarbij vergeleken met die in de omringende plassen in de Molenpolder. Als deze plassen inderdaad niet te hoog belast zijn met fosfor, dan zouden de concentraties Chl-a en P-totaal niet bijzonder (maar wel te) hoog moeten zijn. De plassen zijn P-gelimiteerd als de concentratie opgelost fosfaat (PO₄) lager is dan 0.02 mg/liter.

Na reductie van de kreeftenstand wordt verwacht dat in de Distelvinkplas de hoeveelheid algen, concentraties Chl-a en daarmee ook zwevend stof afnemen. Deze parameters bepalen, samen met de concentratie humuszuren, de hoeveelheid licht die in het water kan doordringen tot op de bodem; het potentiële lichtklimaat. Afname van de humuszuren door dit experiment wordt echter niet verwacht, omdat deze grotendeels afkomstig zullen zijn vanuit de percelen en afgevallen boombladeren. Het verminderen van de hoeveelheid algen zou ook de concentratie P-totaal moeten laten verminderen.

De concentratie zwevend stof (ZS) wordt niet alleen door de concentratie algen en hun afbraakproducten bepaald, maar ook door slib dat door wind, vis en

menselijk handelen wordt opgewerveld. Ook opgewerveld slib kan bijdragen aan de P-totaal concentratie in de plas.

In de periode mei, juni en juli 2019 is er door een lekkage 450 m³ drinkwater in de plas gestroomd. Dat is gering ten opzichte van de 2889 m³ neerslag die viel op de Distelvinkplas en de percelen die afwateren op de Distelvinkplas. De verwachting is dan ook dat de lekkage geen of slechts een gering effect op de uitkomsten van dit experiment heeft gehad. Metingen van de chlorideconcentratie moeten dit uitwijzen.

2 Methode

2.1 Onderzoeksgebied

Het onderzoek is uitgevoerd in de Molenpolder. De kreeftenreductie is uitgevoerd in de Distelvinkplas. Een uitgebreide beschrijving van de wijze van kreeften reductie staat in ATKB, 2020.

De Distelvinkplas ligt op het terrein van afdeling Gravingen van de Natuuristenvereniging Zon en Leven. Zon en Leven is een natuuristenvereniging en heeft verspreid over Nederland negen schitterende terreinen waar je kunt recreëren, kamperen, samen met anderen activiteiten ondernemen, of alleen zijn om te genieten van de natuur, rust en stilte. Gravingen is het grootste (13 ha) en het meest natuurlijke terrein met alle ruimte om over paden en vlonders (in totaal bijna 5 km) rond te wandelen. Er zijn kano's beschikbaar om de directe omgeving over het water te verkennen. Er is een sauna, een clubhuis en een drietal hutten om in te logeren, alsmede een klein kampeerterreintje. De verblijfsmogelijkheden zijn verder beperkt, het is meer geschikt voor dagrecreatie.

Gravingen ligt als natuurterrein in de Molenpolder bij Maarssen/Westbroek. De Molenpolder maakt deel uit van het Natura2000-gebied Oostelijke Vechtplassen. Het is een legakker-petgaten-gebied, ontstaan door vervening (turf) vanaf de 18e eeuw: een complex open water, verlandingsvegetaties, trilvenen, veenmosrietlanden, moerasbos als resultaat van de verlanding, en bloemrijke graslanden op de legakkers, waarop vroeger de turven lagen te drogen. Het natuurbeheer op het terrein van Gravingen is erop gericht de natuurwaarden, die bij dit ecosysteem behoren te optimaliseren om te voldoen aan de Europese natuurdoelen. Het natuurbeheer wordt helemaal in eigen beheer gedaan, op een kleinschalige en zo natuurvriendelijke wijze, rekening houdend met de behoeften van tal van soortengroepen.

De Amerikaanse rivierkreeft bleek een paar jaar geleden een zo grote invloed op de natuurwaarden te hebben dat de alarmbel is geluid, met als resultaat dat deze pilotstudie op Gravingen kon worden uitgevoerd. De vereniging is erg benieuwd hoe de resultaten van deze studie verder kunnen worden ontwikkeld tot beheersmaatregelen die weer zullen leiden tot het herstel van de water- en verlandingsecosystemen.

2.2 Fysisch-chemische parameters

Het onderzoek naar effecten als gevolg van reductie van de uitheemse rivierkreeften was gericht op de ontwikkelingen van de waterkwaliteit in het zomerhalfjaar. Fysisch-chemische parameters werden daarom van april t/m september in 2018 en 2019 maandelijks bemonsterd. De monsterring en laboratorium analyses vonden plaats door Stichting Waterproef uit Edam. Dit rapport presenteert de resultaten van de analyses in het oppervlaktewater aan opgelost fosfaat, Totaal Fosfor, doorzicht,

zwevend stof , chlorofyl-a en humusextinctie bij 380nm, Daarbij werden de standaard methodes voor bemonstering en analyse volgens NEN protocol uitgevoerd . Een globale beschrijving van de laboratorium analyse van deze parameters:

De bemonstering is uitgevoerd conform NEN 6600-2: Water –Monsterneming, deel 2: oppervlaktewater

Opgelost fosfaat en chloride zijn bepaald volgens NEN ISO 15923-1. De monsters worden in een cuvet gemengd met kleurreagens, en na een incubatietijd bij 37°C bij een specifieke golflengte fotometrisch bepaald.

Totaal fosfaat is bepaald met een destructie volgens NEN 6645 en vervolgens is de totaal fosfor bepaald volgens NEN-EN-ISO 15681-2. Een ongefilterd oppervlaktewater monster wordt met een mengsel van geconcentreerd zwavelzuur en kaliumsulfaat bij 390°C gedurende 1 uur gedestruueerd. Molybdaat vormt in zuur milieu met fosfaationen door reductie met ascorbinezuur bij een temperatuur van 37 - 40°C in aanwezigheid van antimoon een blauw gekleurde verbinding. De extinctie wordt gemeten bij een golflengte van 880 nm en is een maat voor de aanwezige hoeveelheid totaal fosfor.

Zwevend stof is bepaald conform NEN-EN 872. De hoeveelheid onopgeloste bestanddelen wordt door filtreren, drogen bij 105 °C en wegen bepaald..

Chlorofyl is volgens NEN6520+C1_2011 bepaald. Het oppervlaktewater monster wordt gefilterd over een glasvezelfilter Whatman GF6. Vervolgens wordt het pigment chlorofyl met ethanol uit de algen geëxtraheerd. Spectrofotometrisch wordt het pigment chlorofyl gemeten. .

Humusextinctie bij 380 nm. Dit is een spectrofotometrische bepaling van de kleurintensiteit van het analysemonster. De analysemonsters worden tijdens monsternamen direct gefiltreerd over een 0,45 µm filter. En op het laboratorium wordt de licht doorval in een cuvet gemeten met een spectrofotometer bij golflengte 380 nm.

2.3 Monsterlokaties voor fysisch-chemische analyses

In de Distelvinkplas ligt één monsterpunt (PMW077). In 2018 was er één referentie elders in de Molenpolder (PMW024). In 2019 kwam er een tweede, dichterbij gelegen, referentiepunt bij (PMW067). Figuur 2.1 toont de ligging van de monsterpunten voor fysisch-chemische bemonstering in de Molenpolder.



Figuur 2.1 Ligging van monsterpunten voor fysisch-chemische meetpunten in de Distelvinkplas (PMW077) en buiten de Distelvinkplas in de Molenpolder (PMW024 en PMW067)

2.4 Statistische analyse bronnen zwevend stof

Een lineaire regressieanalyse van de correlatie tussen chlorofyl-a (Chl-a) en zwevend stof (ZS) kan enig inzicht in de verhouding tussen de bijdrage van algen en opwerveling aan de concentratie zwevend stof bieden. Als Chl-a nul is, dan is de concentratie algen-gerelateerd zwevend stof (ZS_{alg}) ook nul. De concentratie algen-gerelateerd zwevend stof is dan te bepalen met de richtingscoëfficiënt x [Chl-a]. De concentratie opgewerveld zwevend stof (ZS_{opw}) is dan $ZS - ZS_{alg}$. Het snijpunt met de Y-as is dan de gemiddelde hoeveelheid opgewerveld zwevend stof.

2.5 Berekening potentieel lichtklimaat

De Distelvinkplas en een deel van de andere plassen in de Molenpolder waren te ondiep om de effecten op het lichtklimaat door middel van doorzicht met een Secchi-schijf in situ te meten. Grote delen van het jaar was er in de Distelvinkplas doorzicht tot op de bodem. Het is belangrijk om de variatie in het lichtklimaat te weten daarom is het potentiële lichtklimaat berekend. Op basis van de concentraties Chl-a, zwevend stof en de extinctie bij 380 nm (als maat voor de humuszuren), is het bijbehorende doorzicht berekend. Dit wordt het potentiële doorzicht genoemd. Voor deze berekeningen is het model "UITZICHT" gebruikt (zie: <http://www.onderwaterlicht.nl/nl/uitzicht.html>). Het lichtklimaat is op orde voor ontwikkeling van vegetatie als de verhouding doorzicht/waterdiepte groter is dan 0.60. De gemiddelde diepte van de Distelvinkplas is 0.755 m en dat van de andere plassen in de Molenpolder 1.015 m.

2.6 Vegetatie

Figuur 2.2 toont de ligging van de tien locaties die in juli 2018 en in juli 2019 door Waterproef in de Molenpolder buiten de Distelvinkplas vanuit een boot zijn bemonsterd. Figuur 2.3 (bovenste figuur) toont de ligging van de zes locaties die in de Distelvinkplas vanaf de kant in juni en augustus 2018 bemonsterd. De codes van deze vegetatie monster locaties zijn: PMW528, PMW529, PMW530, PMW531,

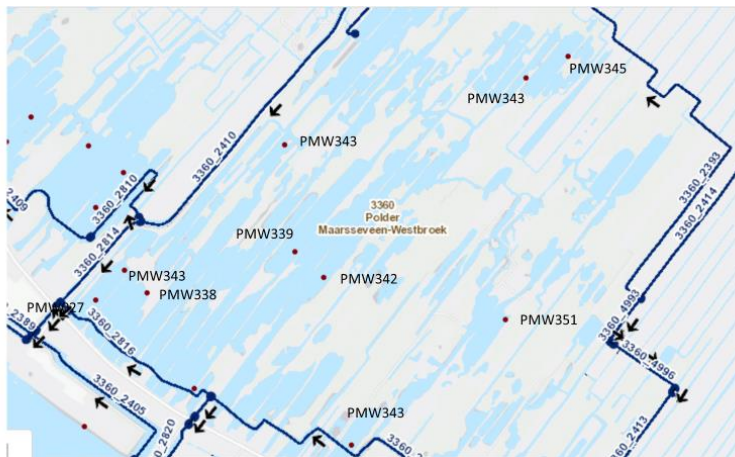
PMW532, PMW533, PMW533. Deze bemonstering dekte bijna volledig het oppervlak van de gehele plas. In juli 2019 zijn in de Distelvinkplas deze zes zelfde locaties als in 2018 vanaf de kant bemonsterd, bij twee hiervan (PMW528 en PMW533) is ook vanuit een boot bemonsterd.

In juli 2019 is door ATKB op 145 locaties de vegetatie in de Molenpolder buiten de Distelvinkplas bemonsterd omdat we de ontwikkeling van de submerse vegetatie buiten de Distelvinkplas goed in beeld wilden brengen (zie figuur 2.2 onderste figuur voor ligging van deze 145 locaties).

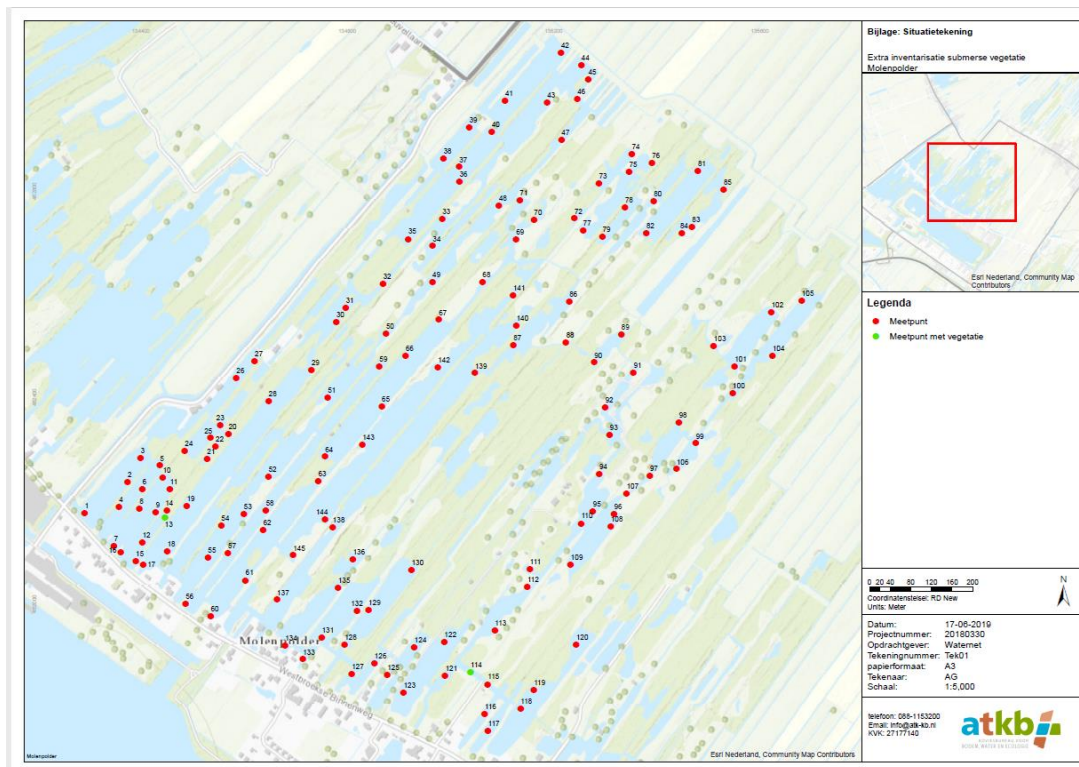
De macrofyten inventarisaties zijn uitgevoerd volgens het protocol “Bemonstering van macrofyten in meren en plassen in het Waternetgebied”. Dit protocol is te uitgebreid om op te nemen in dit rapport. Men kan dit opvragen bij Waternet. Dit is een eigen methode speciaal samen met Waternet ontwikkeld en is grotendeels gebaseerd op hoofdstuk 11 van het Handboek Hydrobiologie (R. Bijkerk (red.) 2014).

2.7 Statistische analyse

Van een aantal parameters is het verloop in de tijd geanalyseerd door R^2 te berekenen. Er is een multiple regressie uitgevoerd met algen en zwevend slib als onafhankelijk variabele, en P totaal als afhankelijke variabele.



Figuur 2.2 De tien locaties die in juli 2018 en in juli 2019 door Waterproef in de Molenpolder buiten de Distelvinkplas vanuit een boot zijn bemonsterd.



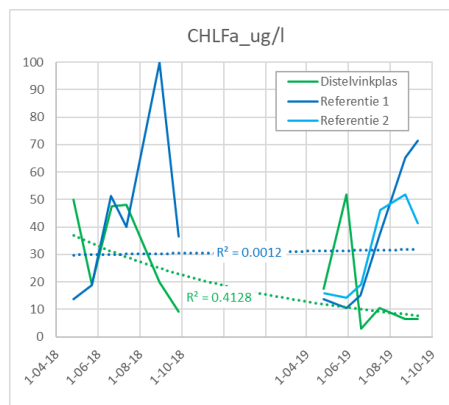
Figuur 2.3 Ligging van van de locaties waar vegetatieopnamen zijn uitgevoerd. 6 monsterpunten (PMW528, PMW529, PMW530, PMW531, PMW532 en PMW533) in de Distelvinkplas (bovenste figuur) en 145 monsterpunten buiten de Distelvinkplas in de rest van de Molenpolder (onderste figuur).

3 Resultaten

3.1 Chl-a

De concentraties Chl-a (Figuur 3.1) schommelen sterk en liggen zowel in de Distelvinkplas als op de referentiepunten vaker boven dan onder de grenswaarde, van de KRW van 23 µg chlorofyl/l. In de referenties zijn de concentraties Chl-a het hoogst en ze nemen gedurende de zomer toe. In de Distelvinkplas worden de concentraties zowel in 2018 en 2019 later in de zomer lager dan in het voorjaar en lager dan de referenties. In de zomer van 2019 zakten de chlorofyl waarden van de Distelvinkplas onder de KRW norm van 23 µg/l

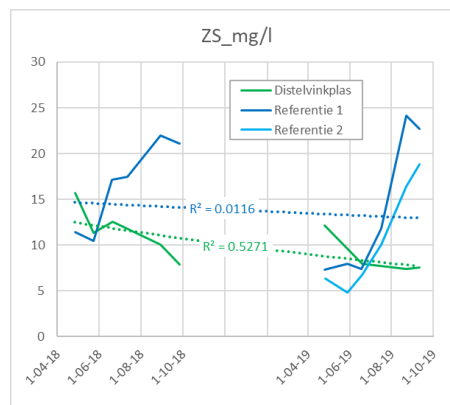
De concentratie Chl-a (groene lijnen in figuur 3.1) in de Distelvinkplas neemt gedurende het experiment af: $R^2 = 0,4128$. De referenties (blauwe lijnen in figuur 3.1) vertonen geen trend in de tijd: $R^2=0,0012$.



Figuur 3.1: Chl-a in de tijd. Gestippeld: exponentiële regressie.

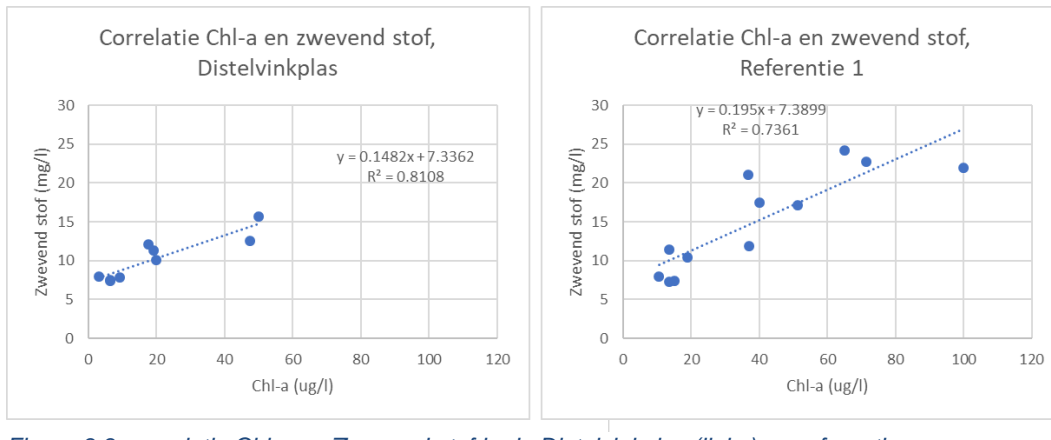
3.2 Zwendend stof

De concentraties zwevend stof (blauwe lijnen in Figuur 3.2) in de referenties nemen gedurende het seizoen toe. In de Distelvinkplas neemt zwevend stof later in de zomer af en wordt lager dan in de referenties (groene lijnen in figuur 3.2).



Figuur 3.2: Zwendend stof in de tijd. Gestippeld: exponentiële regressie.

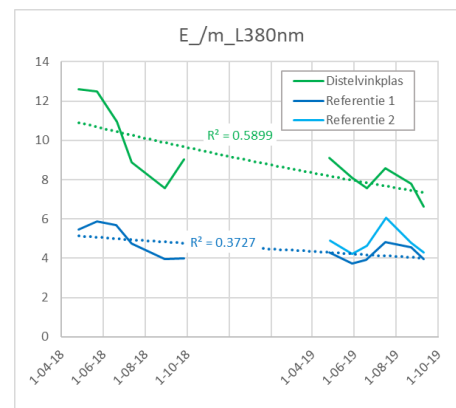
Er is een significante correlatie tussen de concentratie Chl-a en de concentratie Zwendend stof (zie Figuur 3.3), zowel in de Distelvinkplas en Referentie 1. De relatie tussen concentratie algen-gerelateerd Zwendend stof wordt geschat als $0.1482 \times [\text{Chl-a}]$ en $0.195 \times [\text{Chl-a}]$ in de Distelvinkplas en referentie 1 respectievelijk. De concentratie opgewerveld zwevend stof is het verschil tussen [ZS] en algen-gerelateerd zwevend stof. Het snijpunt met de Y-as en daarmee de gemiddelde concentratie opgewerveld zwevend stof, ligt rond de 7.3 en 7.4 mg/l voor de Distelvinkplas en Referentie 1 respectievelijk. De gemiddelde concentratie algen-gerelateerd zwevend stof is respectievelijk in distelvinkplas en referentie 2.9 en 7.7 mg/l (28.7 en 51.0%). In de referentie zit dus meer algen gerelateerd zwevend stof dan in de Distelvinkplas



Figuur 3.3: correlatie Chl-a en Zwevend stof in de Distelvinkplas (links) en referentie 1 (rechts) bij 380 nm in iële regressie.

3.3 Humus extinctie bij 380 nm

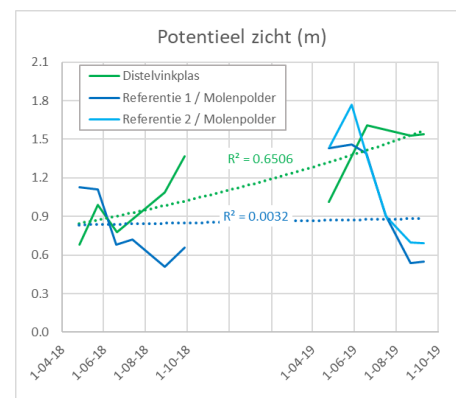
Figuur 3.4 toont de humus extinctie metingen voor Distelvinkplas (groene lijnen) en de referenties (blauwe lijnen). De humus extinctie ligt in de Distelvinkplas fors hoger dan in de referenties. Maar gedurende het experiment neemt de humus extinctie wel sterker af in de Distelvinkplas dan in de referenties, respectievelijk $R^2 = 0,5899$ en $R^2 = 0,3727$.



Figuur 3.4: (Humus)extinctie bij 380 nm in de tijd. Gestippeld: exponentiële regressie.

3.4 Potentieel lichtklimaat

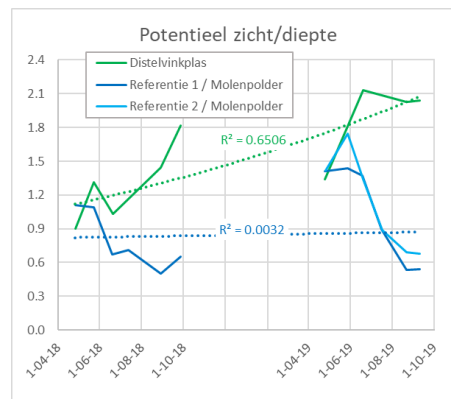
Het berekende potentiële doorzicht in de Distelvinkplas (groene lijn) is groter dan dat in Referentie1 (blauwe lijnen in Figuur 3.6). In de Distelvinkplas neemt het potentiële doorzicht gedurende het seizoen toe. In de referentie neemt het potentiële doorzicht juist af, tot net onder de 0.6 meter.



Figuur 3.6: Potentieel doorzicht in de tijd. Gestippeld: exponentiële regressie.

De verhouding doorzicht/diepte, als maat voor het potentiële lichtklimaat, is het grootst in de Distelvinkplas (Figuur 3.7). Dat komt zowel door het grotere doorzicht als de geringere diepte, vergeleken met de gemiddelde diepte in de andere plassen van de Molenpolder. In het begin van het seizoen is de verhouding doorzicht/diepte overal groter dan 0.60; het lichtklimaat is nog op orde. Maar in de Distelvinkplas verbetert het lichtklimaat, zowel in 2018 als in 2019, gedurende het seizoen terwijl elders het lichtklimaat verslechtert tot iets onder de grenswaarde van 0.60.

Het lichtklimaat in de Distelvinkplas is tijdens het experiment verbeterd. In de referentie verslechterde het lichtklimaat in de loop van het zomerseizoen.



Figuur 3.7: Potentieel lichtklimaat in de tijd. Gestippeld: exponentiële regressie.

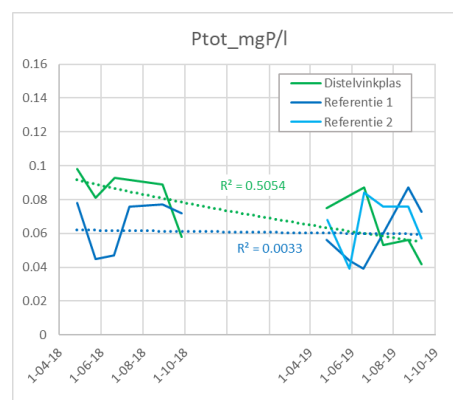
3.5 Opwerveling van bodemmateriaal door werkzaamheden

Hoewel de opwerveling van slib door werkzaamheden van afkreeften zo veel mogelijk is beperkt, zal dit gedurende de beide zomers bijgedragen hebben aan verhoging van het zwevend stof in het oppervlaktewater van de Distelvinkplas. In 2019 is het doorzicht voor, tijdens en na de werkzaamheden rondom afkreeften gemeten. Daarbij bleek dat door de werkzaamheden van afkreeften het doorzicht afneemt maar dat het doorzicht 14 uur later, de volgende ochtend, weer was hersteld tot doorzicht tot op de bodem (mondelinge mededeling ATKB). Op 12-07-2018 en 28-05-2019 is er blijkbaar iets mis gegaan. Toen waren er zeer hoge pieken zwevend stof tijdens de werkzaamheden ontstaan. De gegevens van ZS, P, en zicht op deze twee data zijn daarom niet meegenomen in de analyses

3.6 Fosfor

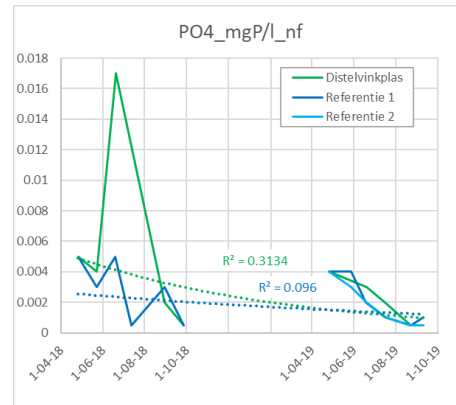
Tijdens het begin van het experiment, in 2018, is de concentratie P-totaal (groene lijn in figuur 3.7) in de Distelvinkplas hoger dan in de referentie blauwe lijnen in Figuur 3.8). In het eind van de zomer van 2019 is de concentratie P-totaal lager dan die in beide referenties. De R^2 is in de Distelvinkplas negatief terwijl de R^2 bij referenties circa nul is.

Gedurende het experiment daalt in de Distelvinkplas P-totaal: $R^2=0,5054$. Deze afname is niet gemeten in de referentie.



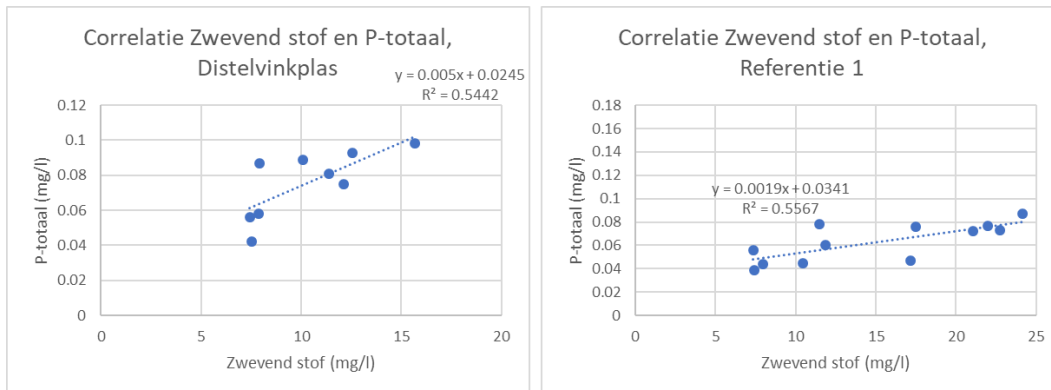
Figuur 3.8: P-totaal in de tijd. Gestippeld: exponentiële regressie.

Afgezien van een piek in juli 2018, is er geen verschil in de concentratie PO₄ in de Distelvinkplas en de referenties (Figuur 3.9). De concentratie is lager dan 0.01 mg/liter, afgezien van die piek. Dus de groei van algen is meestal fosfaat gelimiteerd. Gedurende het verloop van het seizoen nemen de concentraties af op alle monsterpunten.



Figuur 3.9: PO₄ in de tijd. Gestippeld: exponentiële regressie.

De variatie van P-totaal kan, voor een groot deel, verklaard worden door de variatie in zwevend stof, vooral in de Distelvinkplas (Figuur 3.10).



Figuur 3.10: correlatie Zwevend stof en P-totaal, links in Distelvinkplas en rechts in referentie

Er is een multiple regressie uitgevoerd tussen algen en zwevend slib, en P totaal als afhankelijke variabele..

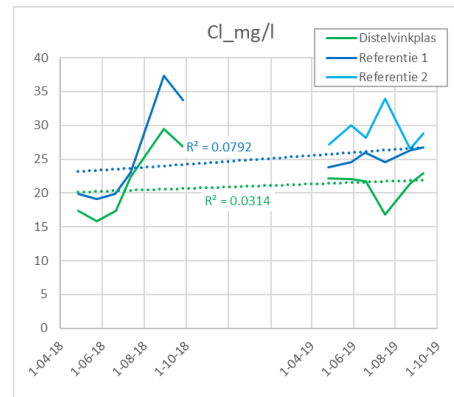
Een multiple regressie laat zien dat in de Distelvinkplas de concentratie P-totaal significant gecorreleerd is met de concentratie algen-gerelateerd zwevend stof. In referentiegebied 1 is er een correlatie met zowel de concentratie algen-gerelateerd zwevend stof als de concentratie opgewerveld zwevend stof (Tabel 3.1).

Tabel 3.1: Multiple regressie tussen [P-totaal] (y) en algen- of slib gerelateerd Zwevend stof (x).

	Distelvinkplas		Referentie 1	
	coeff	p-value	coeff	p-value
Intercept	0.031	0.374	0.032	0.012
Algen	0.007	0.045	0.002	0.027
Slib	0.004	0.379	0.002	0.048

3.7 Invloed drinkwaterlekkage

De Chlorideconcentratie in de Distelvinkplas is lager dan in de referenties, zowel in 2018 als in 2019 (Figuur 3.11). Dat is verklaarbaar door de geïsoleerde ligging van de Distelvinkplas. De Distelvinkplas is meer hydrologisch geïsoleerd dan de referentiegebieden om migratie van uitheemse rivierkreeften te voorkomen.. Zowel in 2018 als in 2019 komen de patronen van de Distelvinkplas en referentie 1 goed overeen. De invloed van de lekkage op de waterkwaliteit is daarom zeer beperkt.



Figuur 3.11: Chloride in de tijd.
Gestippeld: exponentiële regressie.

3.8 Vegetatie

In juli 2018 zijn bij de tien locaties in de Molenpolder buiten de Distelvinkplas geen ondergedoken waterplanten waargenomen, ook geen draadalgen of gele plomp. In juni en augustus 2018 zijn in de zes locaties in de Distelvinkplas evenmin waterplanten waargenomen. Deze zes locaties geven een bijna gebiedsdekkende kartering van de gehele Distelvinkplas. Figuur 2.3 toont de ligging van de zes vegetatie locaties in de Distelvinkplas

Tijdens de intensieve kreeftenreductie in mei 2019 werden meerdere kleine exemplaren van een kranswier aangetroffen (Figuur 3.12), vermoedelijk Buigzaam glanswier (*Nitella flexilis*). Tijdens de vegetatie bemonstering van de Distelvinkplas in juli 2019 is op alle locaties Buigzaam glanswier aangetroffen (Tabel 3.22). Andere soorten waren er niet aanwezig. De bedekking per opname varieerde per opname tussen 5% tot 80%. De gemiddelde bedekking was 30%. De bedekking in het open water (OW) was wat hoger dan in de oeverzone (EZ).



Figuur 3.12: de eerste vegetatie in 2019.

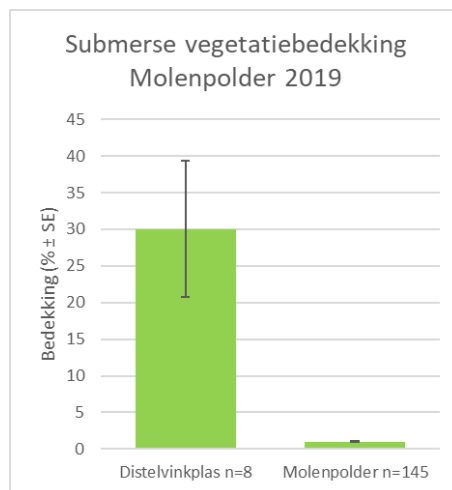
Tabel 3.2: Bedekking submerse vegetatie in de Distelvinkplas, juli 2019. Zie figuur 2.3 voor de ligging van deze monsterpunten

locatie	compartiment	veldapparaat	biotaxonnaam	bedekking (%)
PMW528	EZ	Hark	Nitella flexilis	20
PMW528	OW	Satakroon	Nitella flexilis	30
PMW529	EZ	Hark	Nitella flexilis	10
PMW530	EZ	Hark	Nitella flexilis	20
PMW531	EZ	Hark	Nitella flexilis	5
PMW532	EZ	Hark	Nitella flexilis	15
PMW533	EZ	Hark	Nitella flexilis	60
PMW533	OW	Satakroon	Nitella flexilis	80

Op 145 lokaties in de Molenpolder buiten de Distelvinkplas is de submerse vegetatie vanuit een boot onderzocht. Figuur 2.3 (onderste figuur) toont de ligging van deze 145 lokaties.

In de plassen buiten de Distelvinkplas van de Molenpolder werd slechts op 2 van de 145 locaties submerse vegetatie aangetroffen (In beide gevallen ging het om een niet nader gespecificeerd Glanswier (*Nitella sp.*). De bedekkingen waren laag: 1 en 10%.

De gemiddelde bedekking met submerse vegetatie in de rest van de Molenpolder was zeer veel lager dan die in de Distelvinkplas (Figuur 3.14).



Figuur 3.14: de gemiddelde bedekking met standaard deviatie van de submerse vegetatie in de Distelvinkplas (n=8) en in de Molenpolder buiten de Distelvinkplas (n=145).

4 Conclusies en discussie

4.1 De fosforbelasting in de Molenpolder is niet te hoog

De onvoldoende ecologische toestand in de Molenpolder wordt waarschijnlijk niet meer veroorzaakt door een te hoge fosfor-belasting. De P-belasting ligt tussen de hoogste en de laagste kritische grens (KRW-factsheet). In 2018 en 2019 is het lichtklimaat in het voorjaar voldoende om de vestiging van submerse vegetatie mogelijk te maken; de verhouding zicht/diepte is groter dan 0.60. Er is sprake van een helderwaterfase. Maar later in het seizoen wordt deze verhouding te laag en kunnen de planten zich niet meer vestigen of verder ontwikkelen.

Uitzondering vormt de Distelvinkplas gedurende de kreeftenpilot. De concentraties Chl-a zijn te hoog (>23 µg/l) om te voldoen aan de eisen van de KRW, maar pieken slechts een enkele keer tot 100 µg/l, er dus geen sprake van een zeer voedselrijke situatie. In de zomer van 2019 zakten de chlorofyl waarden in de Distelvinkplas onder de KRW norm van 23 µg/l

De concentratie P-totaal ligt meestal onder de default grenswaarde van de KRW van 0.09 mg/l, dat duidt evenmin op een zeer voedselrijke situatie. De plassen in de Molenpolder, waaronder de Distelvinkplas, zijn fosfor-gelimiteerd. De concentraties PO₄ liggen meestal ruim beneden de grens van 0.01 mg/l waaronder P-limitatie wordt verondersteld. Later in de zomer daalt PO₄ zelfs tot "0".

4.2 In de Distelvinkplas speelt vis geen rol

In de Distelvinkplas lag de visstand begin 2018 ruim onder de 25 kg/ha benthivoor en 15 kg/ha planktivoor waarboven de visstand een plas troebel kan houden (ATKB, 2020). In de gehele Molenpolder lag de visstand veel hoger (ATKB, 2016). In 2018 werd in de Distelvinkplas 10.5 kg/ha gevangen, in 2019 7.2 kg/ha. In de Distelvinkplas zal de opwerveling door vis, ook vóór het afvissen, daarom onvoldoende zijn geweest om het water troebel te houden. De werkzaamheden tijdens het reduceren van kreeften hebben waarschijnlijk tijdelijk opwerveling veroorzaakt. De vermindering van zichtdiepte was na 12 uur hersteld (veldwaarneming ATKB). De beperkte aanwezigheid van vis zal hebben bijgedragen aan de gunstige uitkomsten van het experiment.

4.3 Biomanipulatie van kreeften leidt tot helder water met waterplanten

De resultaten van dit onderzoek lijken, met enige voorzichtigheid, in lijn met de theorie dat kreeften het herstel van de ecologische toestand in de Molenpolder belemmeren. Na reductie van de rivierkreeften populatie in de Distelvinkplas van 1,5 kreeft/m² naar minder dan 0,9 kreeft/m² (ATKB, 2020) namen de concentraties van Chl-a en P-totaal af en het potentieel lichtklimaat nam toe. In de referenties buiten de Distelvinkplas werden deze ontwikkelingen niet waargenomen. In de Distelvinkplas kwam een submerse pioniervegetatie tot ontwikkeling, wat in de rest van de Molenpolder zeer zelden het geval was. De veranderingen in de Distelvinkplas kunnen daarom toegeschreven worden aan het reduceren van de kreeftenstand. Het reduceren van de hoge dichtheden van rode Amerikaanse rivierkreeften zal het herstel van de natuur in de Molenpolder kunnen inzetten. In de rest van de Molenpolder is de visstand hoger dus het is waarschijnlijk ook nodig om de bodemwoelende vis te reduceren.

Technisch is die reductie mogelijk, al kan de efficiëntie van het afkreeften nog worden verbeterd (ATKB, 2020). Met name de vrouwelijke kreeften met eieren of jongen en de kleinere exemplaren (kleiner dan 7 cm) worden slecht gevangen, maar deze kleine kreeften groeien snel en kunnen al binnen een jaar voor nakomelingen zorgen. Daarom is het wenselijk om nog drie jaar onderzoek te doen naar de meest geschikte methode om de kreeftenstand efficiënter te reduceren.

4.4 Biomanipulatie van de visstand is ook nodig

Anders dan in de Distelvinkplas wordt de concentratie zwevend stof in de Molenpolder voor de helft bepaald door opgewerveld zwevend stof. Opwerveling kan worden veroorzaakt door vis, wind, menselijk handelen en kreeften. Volgens de visstandopname van ATKB in 2015 is er in 2015 per hectare ongeveer 160 kg brasem en bankvoorn aanwezig (ATKB, 2016), voldoende om de constante aanwezigheid van zwevend stof te verklaren. Het effect van wind zal niet groot zijn, de meeste plassen zijn klein en door bomen omzoomd, al zijn er enkele grotere ZW-NO georiënteerde plassen. Wegens de opwerveling door vis moet de visstand in de Molenpolder tot acceptabele proporties worden teruggebracht om de plassen zich te laten herstellen. Dat is een klassieke en bewezen herstelmaatregel; haalbaar en betaalbaar.

Biomanipulatie van vis zal ook helpen om de fosforconcentraties verder te verlagen. P-totaal in de referenties van de Molenpolder blijkt voor een belangrijk deel te kunnen worden verklaard door opgewerveld zwevend stof.

4.5 Herintroductie van flora en fauna zal waarschijnlijk noodzakelijk zijn

Tussen 2011 en 2014 is de submerse vegetatie in de Molenpolder verdwenen. Dat heeft gevolgen voor de huidige aanwezigheid van diasporen. Plantensoorten waarvan de diasporen kortlevend zijn, zoals de doelsoorten Krabbenscheer en fonteinkruiden, zullen in de Molenpolder niet of nauwelijks meer in voldoende dichtheden aanwezig zijn. Krabbenscheer breidt zich met name vegetatief uit. Ook al is de plas helder, herstel van de gewenste doelsoorten voor vegetatie kan dan uitblijven. Daardoor zal het ontstaan van een stabiel ecosysteem ook uitblijven. Het is aannemelijk dat dan het gevaar bestaat dat de plas weer troebel wordt.

Recent onderzoek laat zien dat diasporen van submerse waterplanten in de Molenpolder inderdaad zeer schaars zijn (Ottburg en Roessink, in voorbereiding). In een dergelijke situatie zullen onwenselijke plantensoorten die zich goed kunnen verspreiden en snel kunnen groeien als eerste het gebied kunnen bereiken en snel dominant worden. Daarbij gaat het om soorten als grof hoornblad, Smalle waterpest, Waterwaaier en Ongelijkbladig vederkruid. Als dat gebeurt, kunnen deze "first arrivals" lange tijd de vestiging van doelsoorten als krabbenscheer en fonteinkruiden beperken. Dat kan worden vermeden door de doelsoorten te helpen om het gebied tijdig te bereiken (herintroductie). Met de herintroductie van plantensoorten in het algemeen is veel ervaring beschikbaar.

Iets vergelijkbaars geldt voor de fauna; de visstand en de macrofauna. De visstand in de gehele Molenpolder is kenmerkend voor een troebele, onbegroeide plas (ATKB, 2016). Door biomanipulatie van de vis kan dat worden rechtgezet. Met het verdwijnen van de vegetatie is ook de macrofauna achteruit gegaan. Exemplarisch is de sterke achteruitgang van de libellen (Van Dobben et al., 2017). Voor de macrofauna geldt dat vele soorten de Molenpolder ooit wel zullen bereiken,

maar dat dit vele jaren zal duren. Daarmee zal het lang duren voor er een stabiel ecosysteem is ontstaan. Met de herintroductie van macrofauna is niet veel ervaring beschikbaar. Daarom is het wenselijk om hiernaar onderzoek te doen in de Distelvinkplas.

4.6 Hoe blijvend is het effect van biomanipulatie van kreeft en vis?

Biomanipulatie van vis kan een plas definitief laten omslaan van troebel naar helder. Voorwaarde daarbij is dat de fosforbelasting niet te hoog is. Daar wordt in de Molenpolder aan voldaan. De waterplantenvegetatie die zich dan ontwikkelt, samen met een goede stand van plantminnende vis, beperkt de habitatgeschiktheid voor bodemwoelende vis als brasem en blankvoorn. Door de toegenomen biodiversiteit bevindt niet alle voedsel zich meer in de vorm van muggenlarven in de bodem, wat de beschikbaarheid van voedsel voor vooral brasem beperkt. Bovendien is er concurrentie door de andere vissoorten ontstaan, die ook nog eens beter zijn aangepast aan het leven tussen waterplanten. Een deel van de plantminnende vis predeert op blankvoorn en (jonge) brasem.

Of biomanipulatie van kreeft op een vergelijkbare manier functioneert, kan op theoretische gronden worden beredeneerd. De macrofauna wordt diverser en bevindt zich ook hoger in de planten. Er komt concurrentie door grotere insectensoorten en plantminnende vis. En er is predatie door snoek, baars, zeelt, paling en macrofauna op kreeft. Daardoor zal de kreeftenstand niet meer zo hoog worden dat de kreeften in staat zijn om de vegetatie te verwijderen. Bovendien: overal ter wereld leven rivierkreeften in gezonde, begroeide plassen, ook in Noord Amerika. Het risico is de mogelijke intrek van nieuwe kreeften van buiten de Molenpolder. Ook sterven de meeste planten af in de winter en moeten 's zomers weer terugkomen. Wellicht krijgen de kreeften een staande vegetatie niet meer plat maar deze kiemingsfase kan nog steeds een bottleneck zijn..

Nader onderzoek zal nodig zijn. Net als biomanipulatie van vis, zal biomanipulatie van kreeft zich in de praktijk moeten bewijzen. Daarom is het wenselijk dat het experiment in de Distelvink een vervolg krijgt. De kreeftenstand moet laag gehouden worden, terwijl submerse waterplanten, macrofauna en plantminnende vis worden geherintroduceerd. Als flora en fauna zijn aangeslagen, zal als definitieve test, het afkreeften worden gestopt. Dan zal blijken hoe stabiel en blijvend het effect van het reduceren van de kreeftenstand is.

5 Referenties;

ATKB ,2016. *KRW visstandonderzoek gebieden Waternet 2015*. Rapportnr. 20150071/rap01, ATKB, Waardenburg.

ATKB, 2020. Reductie van een populatie rode Amerikaanse rivierkreeften in de Distelvinkplas van de Molenpolder; deel 1: korte termijn effecten op de kreeftenpopulatie.

Dobben, van, H., Lamsma, J. en Kampf, H., 2017. Is de rode Amerikaanse rivierkreeft een ernstige bedreiging voor het veenweidegebied? *De levende Natuur* (118) nr 4: 154-158

Jong, de, B., Bovend'aerde, L., Mandemakers, J., van de Haterd, R., Kampen, J. & Cusell, C.(2019). Bureauonderzoek naar het effect van uitheemse rivierkreeften, andere grazers en biobouwers op de ontwikkeling van jonge verlanding met een doorkijk naar potentiële maatregelen. Tussenrapportage OBN228-LZ. VBNE, Driebergen Barend, e.a., 2019

Bijkerk R (red). 2014. Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Deels aangepaste versie. Rapport 2014 - 02, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.

Droog., M. en Cusell, C. 2018. Evaluatie uitgangssituatie Oostelijke Binnenpolder Tienhoven, Westbroekse Zodden en Molenpolder

Grimm, M.P., Jagtman, E., Klinge, M. 1992. Fosfaatgehalte en de haalbaarheid van Actief Biologisch Beheer, Een visbiologisch perspectief. H2O (25) nr 6: 424-430.

Jaarsma, N., Klinge, M. en Lamers, L. 2008. Van helder naar troebel.....en weer terug. STOWA rapport nummer 2008-04..

Jansen J. H., 2005. Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Proefschrift Wageningen Universiteit

Ottburg, F. en Roessink, I., in voorbereiding. Onderzoek naar kiemkracht van zaden in de Molenpolder. WUR

Waternet, 2020. Factsheet KRW lichaam Molenpolder,

