

19 mei 2017

Reactie op het rapport van Witteveen en Bos: Is de afname van de visstand in de Kralingse Plas het gevolg van waterstofperoxide?

Prof.dr. Jef Huisman & Dr. Petra M. Visser
Universiteit van Amsterdam

AANLEIDING

De visstand in de Kralingse Plas is gedecimeerd, zo bleek uit de jaarlijkse bemonstering in september 2016 (van Giels et al., 2016). Maar er zijn geen dode vissen waargenomen. Het is als een spannende detective. Er is een moord gepleegd, maar er zijn weinig sporen achtergelaten en het lijk ontbreekt. Er is met een beschuldigende vinger naar verschillende verdachten gewezen. Maar wat is er echt gebeurd? Wie heeft het gedaan?

Het rapport van Witteveen & Bos (Van der Kamp et al, 2016 en hierna WiBo-rapport) wijst naar een combinatie van fosfaat en waterstofperoxide als verdachte factoren. Wij zijn als wetenschappelijk adviseurs bij de waterstofperoxide behandeling van de Kralingse Plas en een tiental andere plassen betrokken geweest. Naar onze mening zijn er meerdere observaties die het onwaarschijnlijk maken dat de lage visstand in de Kralingse Plas door de waterstofperoxidebehandeling veroorzaakt werd. Daarnaast benoemen we hier mogelijk andere, naar onze mening aannemelijkere, oorzaken voor de lage visstand in 2016.

TOELICHTING OP HET PRINCIPE VAN DE WATERSTOFPEROXIDE BEHANDELING

Waterstofperoxide

Waterstofperoxide (HP) is een stof die van nature in zeer lage concentraties in het water gevonden wordt.

Hierbij is sprake van een continue vorming en afbraak van HP (door chemische reacties in het water en door algen, waterplanten en dieren). Bij de afbraak wordt HP omgezet in water en zuurstof.

De afbraak gaat snel, op een tijdschaal van uren, en is afhankelijk van de condities. Toevoegingen van 2-5 mg/L HP zijn gewoonlijk binnen ca. 48 uur afgebroken en niet meer meetbaar (t.o.v. de achtergrondruis van de natuurlijke concentratie).

Gevoeligheid van blauwalgen, zoöplankton en vissen

Blauwalgen zijn zeer gevoelig voor waterstofperoxide; de gevoeligheid verschilt per soort, maar i.h.a. zijn blauwalgen veel gevoeliger dan andere algensoorten. Daarom wordt HP ingezet om blauwalgen te bestrijden. De vuistregel die op dit moment gehanteerd wordt is dat de HP concentratie gedurende tenminste 5 uur boven 2.5 mg/L moet blijven om blauwalgen effectief te bestrijden.

Sommige zoöplanktonsoorten (zoals watervlooien) zijn ook vrij gevoelig voor HP. In eerder onderzoek zagen we vanaf ca. 5 mg/L sterfte van watervlooien optreden (Matthijs et al. 2012).

Vissen zijn veel minder gevoelig voor HP. HP wordt daarom in aquacultuur vaak gebruikt om vissen van parasieten te ontdoen. De gevoeligheid verschilt per soort. Sommige vissoorten ondervinden hinder vanaf 50-100 mg/L. Maar bij de meeste vissoorten zijn HP concentraties pas lethaal vanaf 200–1000 mg/L (Rach et al., 1997; Gaikowski et al., 1999; Avendano-Herrera et al., 2006).

Eerdere ervaringen met HP behandelingen elders in Nederland

HP behandeling is eerder toegepast in verschillende andere plassen met blauwalgen in Nederland. De toegediende HP concentraties varieerden van 2 tot 5 mg/L. Bij geen van deze behandelingen is eerder vissterfte geconstateerd (geen dode vissen drijvend aan oppervlakte of waterkant). Er is echter bij geen van deze eerdere HP behandelingen onderzoek gedaan naar veranderingen in de visstand gedurende het jaar.

In 2012 is in de Ouwerkerkse Kreek een behandeling met een veel hogere HP dosering van 50 mg/L uitgevoerd ter bestrijding van een zeer giftige dinoflagellaat (Burson et al. 2014). Bij deze hoge HP concentraties was iedereen zich van te voren bewust dat niet alleen de dinoflagellaat maar ook het zoöplankton zou worden gedecimeerd. Er is vooronderzoek gedaan in een proefkanaal, waar enige tientallen kleine stekelbaarsjes dood werden gevonden bij de HP invoer. Bij de behandeling van de Ouwerkerkse Kreek zelf is in de periode van 4 weken na behandeling geen vissterfte geconstateerd (Burson et al. 2014).

DE KRALINGSE PLAS

De feiten

- Er is geconstateerd dat de visstand in de Kralingse Plas sterk gedaald is tussen september 2015 en september 2016 (de data waarop de visstanden zijn gemeten).
- De daling in de visstand betreft zowel planktivore vissen (“plankton-eters”), piscivore vissen (“roofvissen” zoals snoek) als benthivore vissen (“bodemdieren-eters” zoals brasem).
- De fosfaatconcentratie (totaal P), algenconcentratie (chlorofyl-a concentratie) en visstand waren in 2015 hoger dan in eerdere jaren.
- De fosfaatconcentratie is sterk gedaald van 2015 naar 2016.
- De Kralingse Plas is in juli en in augustus 2016 met 5 mg/L waterstofperoxide behandeld; dit heeft geleid tot een sterke afname van de blauwalgen, en ook tot een daling van de zoöplanktonpopulatie (met name Cladocera, zoals watervlooien).
- De gebruikte waterstofperoxide concentraties zijn te laag om direct te leiden tot vissterfte. Als er effecten zouden zijn op de visstand, dan is dat indirect (bijvoorbeeld via het zoöplankton; zie ook het WiBo rapport).

Resultaten visstandsonderzoek

Anleiding voor het WiBo-rapport zijn de resultaten van het onderzoek naar de visstand van Kralingse Plas, zoals uitgevoerd door ATKB (van Giels, 2016). Een onderzoek dat al enkele jaren op vergelijkbare wijze wordt uitgevoerd. In onderstaande tabel is duidelijk te zien dat de visstand flink is afgenomen ten opzichte van de waargenomen visstand in 2015 (ca 93%).

Kralingse Plas	2010	2011	2012 na afvoer	2013	2014	2015	2016
Totale bestand (kg/ha)	43,4	81,9	107,4	106,9	48,7	192	12,7
Brasem	6,4	31,4	16,9	6,9	5,8	33,2	0,8
Aal	4,7	5,6	3,7	6,4	2,9	13,5	0,8
Blankvoorn	1,8	5,9	20,1	40,8	31,5	77	3,1
Baars	21,4	30,6	40,8	42,2	4,4	32,3	4,7
Pos	4,3	1,8	0,8	0,6	0	0,3	1
Snoek	4,4	5,9	3,5	7,3	2,2	29,7	1,6
Plantivoor (kg/ha)	23,5	41	44,8	59	25	121,8	7,3
Benthivoor (kg/ha)	9,3	28,5	33,5	21,3	14,9	20,4	1,9
Piscivoor (kg/ha)	4,4	12,3	17,7	26,4	8,8	49,8	3,1
Aantal vissoorten	13	11	13	11	12	16	13

Tabel 1. Overzicht van de verschillende visbestanden (kg/ha) in de Kralingse Plas in september van het betreffende jaar (Uit: van Giels, 2016).

Conclusie WiBo-rapport:

Het WiBo-rapport concludeert op basis van deze gegevens:

“Het is mogelijk dat de waterstofperoxide via directe effecten op het zoöplankton het voedselaanbod voor de planktivore visstand sterk heeft gereduceerd, met sterfte tot gevolg. Echter, ook de sterke afname van het fosfaat-gehalte in 2016 ten opzichte van 2015 zou de waargenomen afname van de visstand van 2015 geheel kunnen verklaren. Helaas weten we niet exact wanneer de visstand is afgenomen, hierdoor zijn we niet in staat om harde uitspraken te doen over de bijdrage van deze twee afzonderlijke factoren aan de waargenomen afname van de visstand. Op basis van de beschikbare gegevens achten we het echter heel waarschijnlijk dat er sprake is geweest van een combinatie van beide factoren.”

Zuurstofgebrek in najaar 2015 kan tot vissterfte hebben geleid

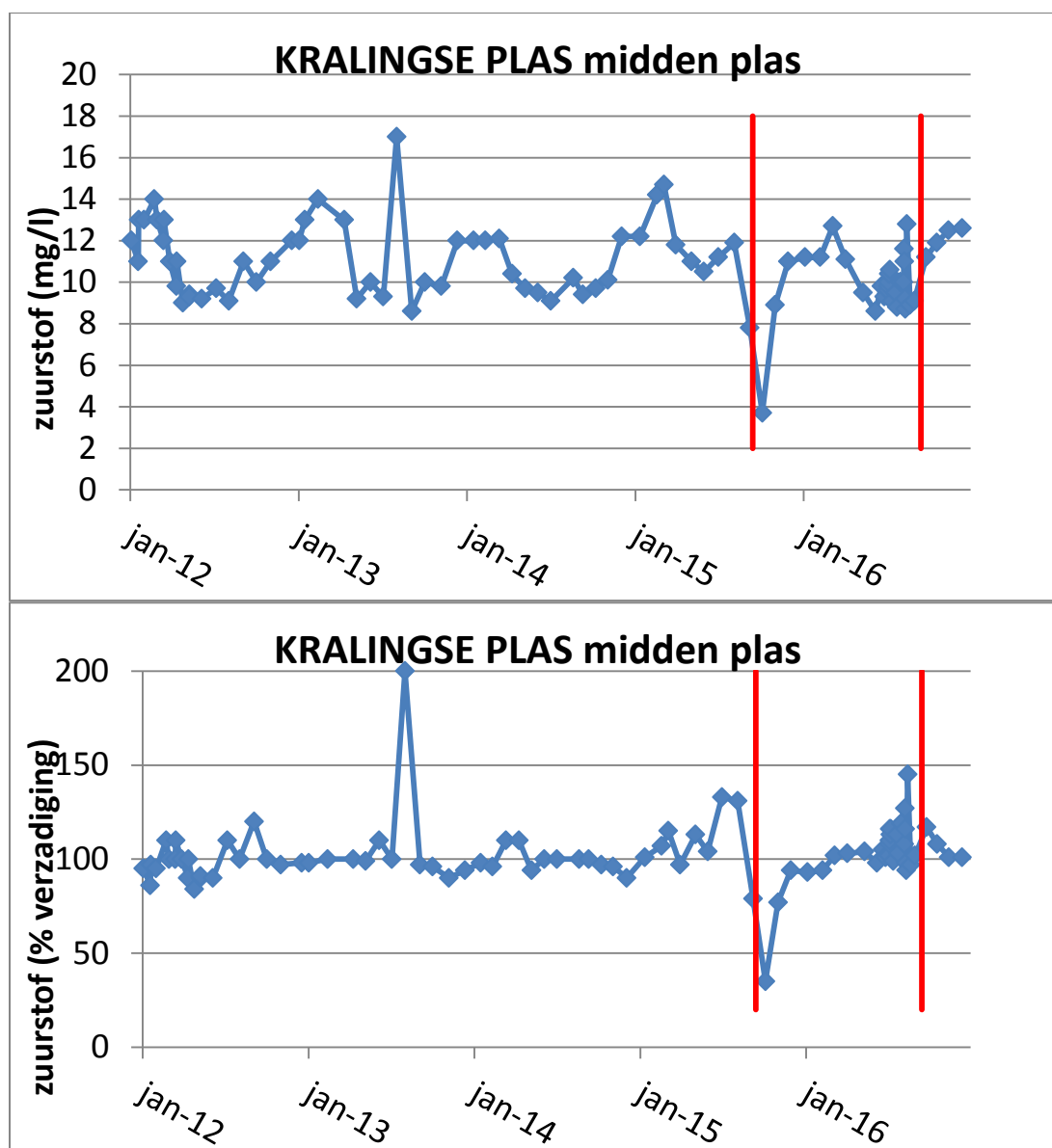
Zuurstof is een heel belangrijke parameter voor vis. Zuurstofgebrek is dan ook veelal één van de belangrijkste oorzaken van vissterfte. Dit gebeurt met name in voedselrijk stilstaand water na een massale algenbloei, wanneer de dode algenbiomassa door bacteriën wordt afgebroken en er daardoor veel zuurstof wordt onttrokken aan het water. De Kralingse Plas past duidelijk in dit profiel, en er is ook al in eerdere jaren vissterfte in de Kralingse Plas geconstateerd.

Helaas vermeldt het WiBo rapport niet de veranderingen in zuurstofconcentraties gedurende het jaar. Uit metingen van het Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard (HHSK) in de Kralingse Plas blijkt dat er sprake was van een massale algenbloei in de zomer en nazomer van 2015 (ruim 8x de concentratie op basis waarvan een negatief zwemadvies moet worden uitgegeven). Dit werd gevolgd door een sterke afname van de zuurstofconcentratie in het najaar van 2015 (Figuur 1), vlak na de visstandsmetingen van 2015. De daling wordt al ingezet in het midden van september 2015. Op 28 september 2015 was de zuurstofconcentratie op het meetpunt "KRALINGSE PLAS westzijde t.h.v. strand" gedaald naar 5.9 mg/L (een zuurstofverzadiging van 55%), daarna worden de metingen op dit meetpunt conform protocol stopgezet. Op 6 oktober 2015 was de zuurstofconcentratie op het meetpunt "KRALINGSE PLAS midden op de plas" slechts 3.7 mg/L (een zuurstofverzadiging van slechts 35%). De eerstvolgende zuurstofmeting is pas op 3 november, en het zuurstofgehalte op het midden van de plas is dan nog steeds onderverzadigd (77%). Zuurstofconcentraties

kunnen variëren op een korte tijdschaal van enkele uren tot dagen, maar de metingen worden slechts 1x per maand verricht. Het is daarom goed denkbaar dat het zuurstofgehalte in de tussenliggende periode nog verder gedaald is dan 3.7 mg/L.

Bij een zuurstofconcentratie onder 5 mg/L raken veel vissen in de stress. Een langdurige zuurstofconcentratie onder 3 mg/L kan aanleiding zijn voor vissterfte. Een paar uur onder de 1 mg/L is ruim voldoende om een einde te maken aan vrijwel het gehele visbestand.

Er zijn volgens HHSK geen meldingen van massale vissterfte in najaar 2015 (pers. communicatie Jack Hemelraad), maar dat was ook niet het geval na de behandeling met waterstofperoxide in de zomer van 2016.



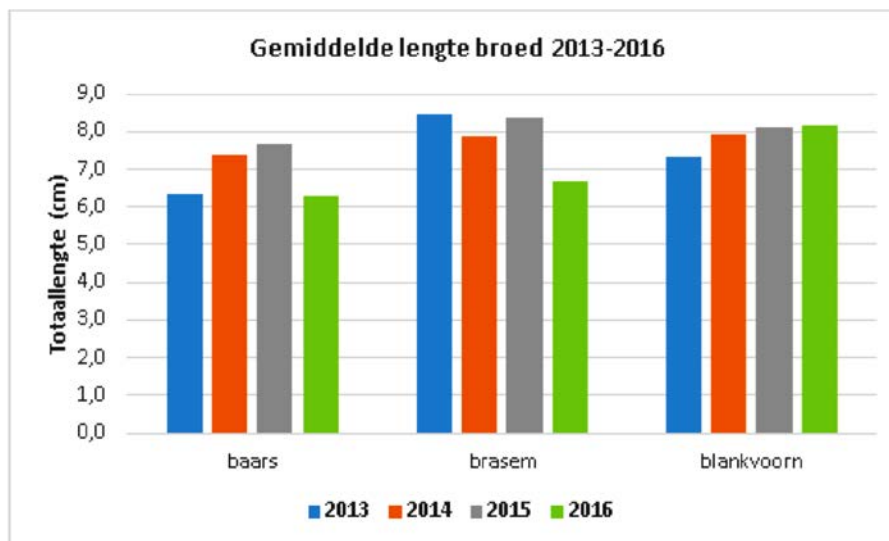
Figuur 1. Zuurstofgehalten in mg/l (boven) en als percentage verzadiging (onder) in de Kralingse Plas (monsterpunt in het midden van de plas). De verticale rode lijnen geven het moment aan waarop de visstand is bemonsterd, in september 2015 en in september 2016.

Lengtegroei van het broedbestand wijst niet op voedselgebrek

Het WiBo-rapport beweert dat de groei van het broed van 2016 (de groei van de jonge visjes die in voorjaar 2016 geboren zijn) lager is dan in de voorgaande jaren. Het achterblijven van de groei is in het rapport een belangrijk argument om te onderbouwen dat de door waterstofperoxide verlaagde zoöplanktonpopulatie heeft geleid tot ernstig voedselgebrek in de zomer van 2016. Deze bewering berust op bijgaande Figuur 2 (Figuur 2.3 in het WiBo-rapport).

Wij vinden deze bewering in het WiBo rapport niet wetenschappelijk verantwoord. De lengtegroei van jonge blankvoorn is in 2016 hetzelfde als in de voorgaande jaren (Fig. 2), wat niet wijst op voedselgebrek. De lengtegroei van baars is in 2016 hetzelfde als in 2013 en iets lager dan in 2014 en 2015: dit is gewoon de natuurlijke jaar-tot-jaar variatie in lengtegroei, die niet alleen bepaald wordt door variatie in voedselaanbod, maar ook sterk afhankelijk is van de watertemperatuur. De lengtegroei van brasem is in 2016 lager dan in 2013-2015, maar dit valt opnieuw binnen de natuurlijke jaar-tot-jaar variatie. Bij echt voedselgebrek stopt de groei van jonge vis vrijwel geheel, en de jonge visjes die dit overleefden waren dan veel kleiner gebleven. Bovendien kan brasem vanaf een lengte van ca. 2 cm overschakelen van het eten van zoöplankton in het water naar het eten van bodemvoedsel (Van Emmerik, 2008) en zou vanaf dat moment dus weinig hinder ondervinden van een lage zoöplanktonpopulatie.

Kortom, wij vinden dit figuur niet overtuigend als bewijs voor ernstig voedselgebrek!



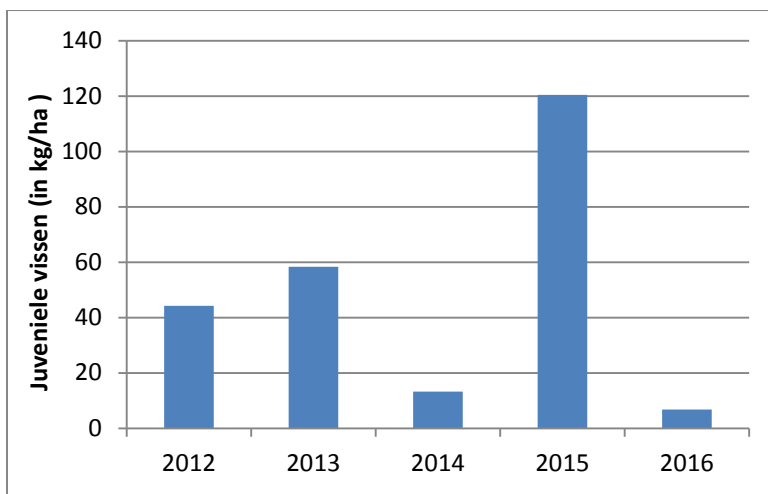
Figuur 2. Lengtegroei van juveniele vis in de jaren 2013-2016 (Uit: WiBO rapport).

Grote vissen kunnen maandenlang zonder voedsel, maar zijn ook verdwenen

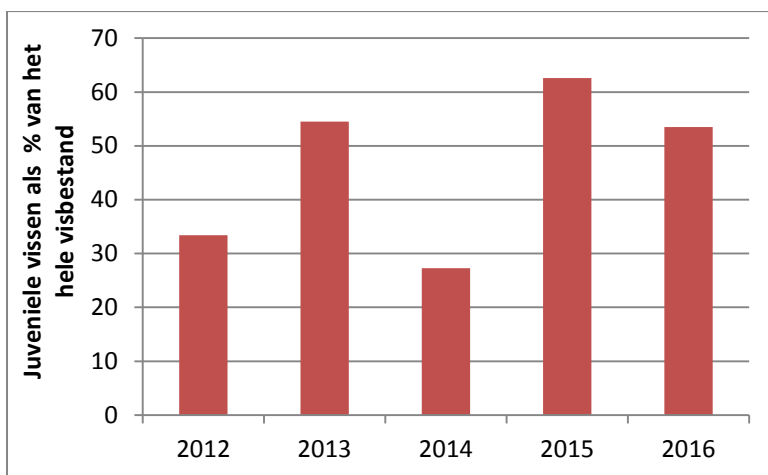
Grote vissen hebben niet zo snel last hebben van voedselgebrek. Vissen zijn koudbloedige dieren en hebben daarom veel minder voedsel nodig dan warmbloedige dieren (zoals zoogdieren). Daarnaast speelt ook de grootte een belangrijke rol. Metabole processen (zuurstofopname, voedselopname, groeisnelheid enz.) per kilogram lichaamsgewicht verlopen sneller bij kleine dieren dan bij grote dieren. Dit is een algemene biologische wetmatigheid, die opgaat voor alle dieren waaronder zoogdieren, vogels, en ook vissen. Een pasgeboren karper verdubbelt bijvoorbeeld de eerste dagen makkelijk z'n gewicht per dag, maar de groeisnelheid neemt daarna erg snel af naar ca. 1 tot 2% van het lichaamsgewicht per dag voor grote karper.

Daarom heeft een kleine vis relatief ten opzichte van z'n lichaamsgewicht ook een veel grotere voedselbehoefte dan een grote vis. Jonge vissen (het broed van 2016) kunnen inderdaad hooguit enkele dagen tot weken zonder voedsel (zie o.a. Yin & Blaxter, 1987; Kirjasniemi & Valtonen, 1997). Grotere planktivore vissen kunnen echter meerdere maanden zonder voedsel (Blasco et al., 1992; Collins & Anderson 1995; Byström et al. 2006).

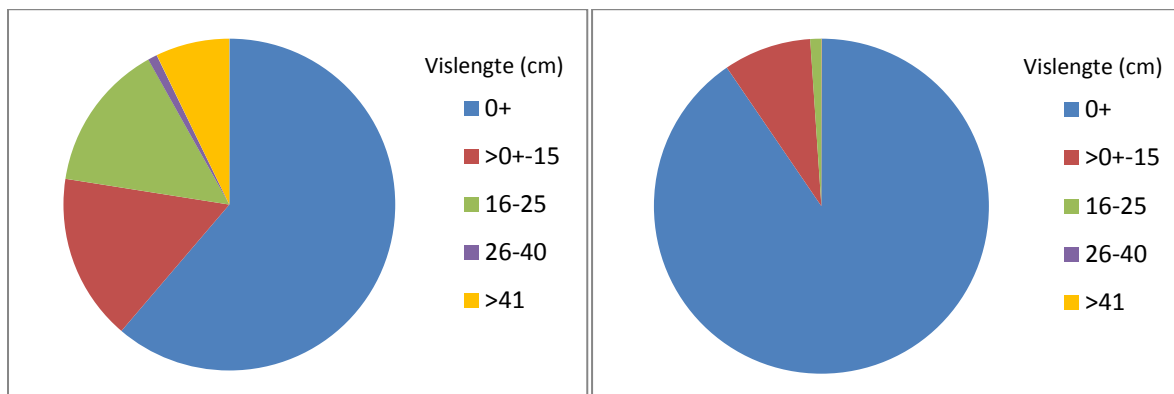
Dit betekent dat in geval van het veronderstelde ernstige voedselgebrek in juli en augustus 2016 (door de waterstofperoxide) de verwachting zou zijn dat vrijwel alle jonge kleine vissen geboren in 2016 de zomer niet zouden overleven, terwijl de meerjarige grote vissen tijdens de visstandsbemonstering in september nog in grote getale in leven zouden moeten zijn. Bij de visstandsbemonstering is gevonden dat er in absolute aantallen in 2016 minder juveniele vissen aanwezig waren dan in de voorgaande jaren (Fig.3), maar het aandeel juveniele vissen als percentage van het gehele visbestand was niet veranderd ten opzichte van 2015 en zelfs hoger dan in 2012 en 2014 (Fig. 4). Figuur 5 laat zien dat er verhoudingsgewijs veel juveniele vissen aanwezig waren (zowel op basis van aantallen als in kg/ha). Het feit dat er in 2016 verhoudingsgewijs tenminste net zoveel grote vissen als kleine vissen zijn verdwenen wijst niet op specifieke sterfte van juveniele vissen door voedselgebrek.



Figuur 3. De hoeveelheid juveniele vissen in kg/ha in de Kralingse Plas tijdens de visstandsbemonsteringen in 2012-2016.



Figuur 4. Het percentage juveniele vissen (in kg/ha) van het hele visbestand in de visstandsbemonsteringen in de jaren 2012-2016.



Figuur 5. Verdeling van het geraamde visbestand 2016 in lengteklassen (in cm), links in kg/ha en rechts in aantallen/ha. De “0+” is de jonge vis geboren in voorjaar 2016.

Er was niet alleen een afname van planktivore vissen, maar ook van benthivore en piscivore vissen

Alle vissen zijn in aantallen afgenomen, dit betreft zowel planktivore (“plankton-etende”), piscivore (“vis-etende”) als benthivore (“bodemdieren-etende”) vissen.

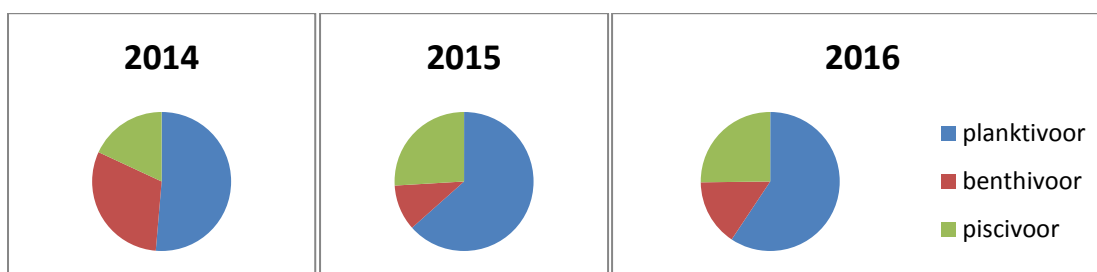


Fig.6. Aandeel van planktivoren, benthivoren en piscivoren in de geraamde visbestanden (kg/ha) van de jaren 2014, 2015 en 2016.

In geval van het veronderstelde ernstige voedselgebrek door de lage zoöplankton concentraties in de zomer van 2016 (door de waterstofperoxide) zou de verwachting zijn dat de planktivore vissen honger zouden leiden. Meerjarige piscivore (roof)vissen kunnen maandenlang zonder eten en zouden door de slechte conditie van hun prooien in eerste instantie juist een overvloed aan voedsel hebben. In de Kralingse Plas mag zodoende juist een goede overleving van roofvissen zoals snoek, baars en snoekbaars in september 2016 worden verwacht. Ook aaseters zoals de paling (aal) zouden in eerste instantie profiteren als de planktivore vissen sterven. Waterstofperoxide wordt direct afgebroken in de bodem en heeft daarom geen effect op de bodemdieren die als voedsel dienen voor de benthivore vissen. In geval van voedselgebrek door lage zoöplanktonconcentraties in zomer 2016 zou je dus verwachten dat vooral planktivore vissen zijn geraakt, terwijl de piscivore en benthivore vissen nauwelijks enige hinder ondervinden. Dit is echter allemaal in tegenstelling met de waarnemingen die laten zien dat in september 2016 niet alleen de planktivore vissen, maar ook piscivore en benthivore vissen en zelfs aaseters zoals paling/aal in aantallen zijn afgenomen (Tabel 1). De verhouding tussen de verschillende groepen vissen is vrijwel gelijk met die in de jaren 2014 en 2015 (Figuur 6).

Dit wijst wederom niet op voedselgebrek door lage zoöplanktonconcentraties in juli en augustus 2016 als oorzaak van de vissterfte.

Er zijn geen dode vissen waargenomen

Vrijwel alle vissen zinken naar de bodem als ze dood gaan, ongeacht hun voedingstoestand. Door rottingsprocessen komen gassen vrij, en slechts een heel klein percentage van de dode vispopulatie komt dan boven drijven. Veruit de meeste vissen blijven op de bodem liggen. Vaak zinken de drijvende vissen weer nadat de gassen het dode lichaam verlaten. De rottingsnelheid (en dus gasvorming) is temperatuurafhankelijk en in de periode juli-augustus is het daarom zeer aannemelijk dat een aantal dode vissen juist wel aan het oppervlak zichtbaar zijn.

Na toediening van waterstofperoxide is een intensief monitoringsprogramma opgezet waarbij expliciet gezocht is naar drijvende dode vissen, maar er zijn geen dode vissen gevonden. In de periode tussen de behandelingen en het visstandsonderzoek zijn geen meldingen gedaan van vissterfte, terwijl er veel recreanten op het meer waren. Ook ATKB heeft in september 2016 geen melding gemaakt van dode vissen tijdens de uitgebreide bemonstering van de visstand. Kortom, indien massale vissterfte inderdaad zou zijn opgetreden tijdens hoogzomer dan zou dit zeer waarschijnlijk opgemerkt moeten zijn, maar dode vissen zijn niet aangetroffen ondanks intensieve monitoring en een groot aantal waterrecreanten in de zomerperiode.

Aannemelijkere oorzaken voor de afname in visstand

Het is waarschijnlijker dat er vissterfte is opgetreden in het najaar van 2015 of de winter van 2015/2016. Een mogelijke oorzaak van najaarssterfte (zuurstofgebrek) is hierboven al uiteen gezet. In het najaar van 2015 zijn tijdens de maandelijkse waterkwaliteitsmonitoring lage zuurstofgehalten gemeten, die wijzen op zuurstoftekort gedurende bijna 2 maanden in het najaar. Helaas is het aantal zuurstofmetingen in deze periode onvoldoende om hier harde uitspraken over te doen

Wintersterfte is een fenomeen dat vaker is voorgekomen in de Kralingse Plas. Dat wordt ook bevestigd in het WiBo rapport: *'In de winter van 2014/2015 is dit in de Kralingse Plas vastgelegd: de bodem lag in januari bezaaid met dode planktivore vis. Dit verschijnsel kan ook in de winter van 2015/2016 zijn opgetreden en hierdoor dus aan de waarneming ontsnapt zijn.'* (citaat Box 1. p. 10 WiBo-rapport). Dode vissen aan het oppervlak worden in dat jaargetijde niet snel opgemerkt, want vanwege de lage temperatuur gaat de rotting (waardoor dode vis kan gaan drijven) slechts langzaam en er zijn veel minder recreanten op het water om de dode vis op te merken.

Het is ook mogelijk dat de bemonstering van de visstand in september 2016 niet representatief was. Tijdens deze bestandsopname was er sprake van uitzonderlijk hoge temperaturen (boven de 30 C). Het is bijvoorbeeld denkbaar dat de grote vissen tijdens deze warme periode niet homogeen over de plas verdeeld waren, of dat de grote vissen veel sneller dan anders wegzwommen voor het vangnet van de visonderzoekers (vis activiteit is sterk afhankelijk van de temperatuur).

CONCLUSIES

Het is moeilijk om in deze zaak harde uitspraken te doen over de oorzaken van de achteruitgang in de visstand. Er zijn geen dode vissen gevonden, en daarom is niet duidelijk wanneer de vissterfte heeft plaatsgevonden.

Het is niet uit te sluiten dat de negatieve effecten van de waterstofperoxidebehandeling op het zoöplankton hebben doorgewerkt op de vispopulatie.

Er zijn echter meerdere redenen die het waarschijnlijk maken dat het effect van waterstofperoxide op zoöplankton NIET de hoofdoorzaak is van de waargenomen achteruitgang in de visstand:

1. Voedselgebrek heeft vooral negatieve consequenties voor de groei van jonge kleine vis, terwijl grote vissen maandenlang zonder voedsel kunnen. Deze effecten zijn echter niet waargenomen. In september 2016 bestond het visbestand voor een groot deel uit jonge kleine vissen, terwijl juist de grote meerjarige vissen vrijwel geheel uit de Kralingse Plas verdwenen waren.
2. De lengtegroei van het broed (de jonge vis) van 2016 is volledig in lijn met de lengtegroei in voorgaande jaren.
3. Gebrek aan zoöplankton zou vooral de planktivore vissen raken. De visstandsgegevens laten echter zien dat het relatieve aandeel planktivore vissen niet is gedaald ten opzichte van andere visgroepen; ook de piscivore en benthivore vissen zijn verdwenen.
4. Ondanks intensieve observaties zijn er in zomer 2016 geen dode vissen gevonden.

Dit duidt erop dat er andere oorzaken dan waterstofperoxide aan de lagere visstand ten grondslag liggen. Het is aannemelijker dat er vissterfte is opgetreden in het najaar van 2015 en/of de winter van 2015/2016. Dit is in lijn met het verdwijnen van zowel de juveniele als meerjarige vissen, de normale lengtegroei van juveniele vissen, en dezelfde verhouding van planktivore, piscivore en benthivore vissen in vergelijking met andere jaren. Daarnaast kan het zijn dat de bemonstering niet representatief was, bijvoorbeeld omdat de vissen niet homogeen verdeeld waren of actiever waren door de uitzonderlijk hoge temperaturen in september 2016.

Referenties

- Avendano-Herrera, R., Magarinos, B., Irgang, R., Toranzo, A.E., 2006. Use of hydrogen peroxide against the fish pathogen *Tenacibaculum maritimum* and its effect on infected turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 257 (1–4), 104–110.
- Blasco, J., Fernández, J. and Gutiérrez, J. 1992. Fasting and refeeding in carp, *Cyprinus carpio* L.: the mobilization of reserves and plasma metabolite and hormone variations. *Journal of Comparative Physiology B*, 162(6), 539-546.
- Burson, A., Matthijs, H.C.P., de Bruijne, W., Talens, R., Hoogenboom, R., Gerssen, A., Visser, P.M., Stomp, M., Steur, K., van Scheppingen, Y. and Huisman, J., 2014. Termination of a toxic *Alexandrium* bloom with hydrogen peroxide. *Harmful Algae*, 31, 125-135.
- Byström, P., Andersson, J., Kiessling, A. and Eriksson, L.O. 2006. Size and temperature dependent foraging capacities and metabolism: consequences for winter starvation mortality in fish. *Oikos*, 115(1), 43-52.
- Collins, A.L. and Anderson, T.A. 1995. The regulation of endogeneous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. *Journal of Fish Biology*, 47(6), 1004-1015.

- Gaikowski, M.P., Rach, J.J., Ramsay, R.T., 1999. Acute toxicity of hydrogen peroxide treatments to selected lifestages of cold-, cool-, and warmwater fish. *Aquaculture*, 178 (3–4), 191-207.
- Kirjasniemi, M., and T. Valtonen. 1997. Size-dependent over-winter mortality of young-of-the-year roach, *Rutilus rutilus*. *Environmental Biology of Fishes* 50, 451-456.
- Matthijs, H.C.P., Visser, P.M., Reeze, B., Meeuse, J., Slot, P.C., Wijn, G., Talens, R. and Huisman, J. 2012. Selective suppression of harmful cyanobacteria in an entire lake with hydrogen peroxide. *Water Research*, 46(5), 1460-1472.
- Rach, J.J., Schreier, T.M., Howe, G.E., Redman, S.D., 1997. Effect of species, life stage, and water temperature on the toxicity of hydrogen peroxide to fish. *Prog. Fish- Culturist*, 59 (1), 41-46.
- Van der Kamp, M., van Giels, J. en de Senerpont Domis, L. 2016. Kralingse Plas, mogelijke voedselwebeffecten van waterstofperoxidosedosering. Witteveen+Bos, AKWA en ATKB i.o.v. Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- Van Emmerik, W.A.M. 2008. Kennisdocument Brasem. Sportvisserij Nederland.
- Van Giels, J. 2016. KRW-visstandonderzoek Kralingse Plas 2016. ATKB, Middelharnis. Rapportnummer 20160376a/rap01.
- Yin, M.C. and Blaxter, J.H.S. 1987. Escape speeds of marine fish larvae during early development and starvation. *Marine Biology* 96, 459-468.

Contactgegevens

Prof. Dr. Jef Huisman, Email: j.huisman@uva.nl, tel. 020-5257085

Dr. Petra M. Visser, Email: p.m.visser@uva.nl, tel. 020-5257073