

Vissen en muggenlarven in een diepe plas bij Nijkerk

Josje Peters, Gerard de Laak (Sportvisserij Nederland), Frans de Bles (Waterschap Vallei en Veluwe)

De onderste koude laag van diepe plassen, het zogeheten hypolimnion, wordt vaak zuurstofloos door de afbraak van uitzakkend organisch materiaal. Dit hypolimnion wordt daarom algemeen beschouwd als een levenloze donkere put waarin slechts voedingsstoffen verdwijnen en die de biomassaproductie van een diepe (zand-)put beperkt. Tijdens visserijkundig onderzoek met sonar in een zandput in Nijkerk werd echter regelmatig vis waargenomen in of zelfs onder de spronglaag. Ook bleken er 's nachts van onder uit het zuurstofloze hypolimnion larven omhoog te komen van de pluimmug *Chaoborus flavicans*.

Veel diepe plassen ontwikkelen in de zomer een temperatuurstratificatie (gelaagdheid). Een lichte, warme en productieve bovenlaag, het zogeheten epilimnion, drijft in de zomer op een zwaardere, koude en donkere onderlaag, het hypolimnion. In het epilimnion vindt onder invloed van warmte en licht de productie plaats van plankton, waterplanten, macrofauna en vis. In het hypolimnion vindt weinig of geen productie plaats, maar vooral bacteriële afbraak van zinkend organisch materiaal vanuit het epilimnion. In de tussenliggende spronglaag dalen de temperatuur en het zuurstofgehalte sterk. Omdat er door de gelaagdheid nauwelijks zuurstofuitwisseling optreedt tussen het epilimnion en hypolimnion leidt dit vaak tot zuurstofuitputting in het hypolimnion. Het hypolimnion wordt daarom vooral beschouwd als een verzamelput van voedingsstoffen waar niet of nauwelijks productie van biomassa plaatsvindt.

De samenstelling van de visstand in diepe plassen kan variëren als gevolg van verschillen in voedselrijkdom van het water en de aan- of afwezigheid van waterplanten. Diepe plassen hebben vaak een smalle, ondiepe oeverzone en daardoor weinig begroeiing met watervegetatie. Om die reden wordt de visstand bijna altijd gedomineerd door vissoorten die weinig kieskeurig zijn wat betreft voedsel en leefomgeving. Dit zijn de zogenoemde eurytope soorten zoals baars, blankvoorn, brasem en karper. Eurytope vissoorten hebben weliswaar een bepaalde voedselvoorkeur, maar zijn daarnaast opportunistische eters. Volwassen brasems en karpers eten bij voorkeur macrofauna, levend op en in de waterbodem. Zowel karpers als brasems kunnen echter tijdens stratificatie, bij gebrek aan voldoende bodemvoedsel, ook in het open water foerageren op grof zoöplankton. Om meer inzicht te krijgen van de aanwezigheid en verspreiding van vis rond de spronglaag van diepe plassen heeft Sportvisserij Nederland in samenwerking met Waterschap Vallei en Veluwe onderzoek uitgevoerd in zandplas Watergoor. Deze zandplas van 11 meter diepte heeft een sportvisserijfunctie en is in eigendom van hengelsportvereniging 'Hoop op Geluk' in Nijkerk.

Onderzoek in de zandplas Watergoor

Het onderzoek is uitgevoerd in het zomerhalfjaar van 2014 en dat van 2015. De gelaagdheid van de waterkolom werd maandelijks bepaald, door middel van onder meer metingen van de temperatuur en het zuurstofgehalte. Het waterschap Vallei en Veluwe verzorgde de analyse van diverse chemische parameters van watermonsters van twee en tien meter diep en de determinatie van het zoöplankton en de muggenlarven. Met behulp van sonar werd in 2014 de verspreiding van de vis over de waterkolom onderzocht in relatie tot het optreden van de gelaagdheid. Om te onderzoeken

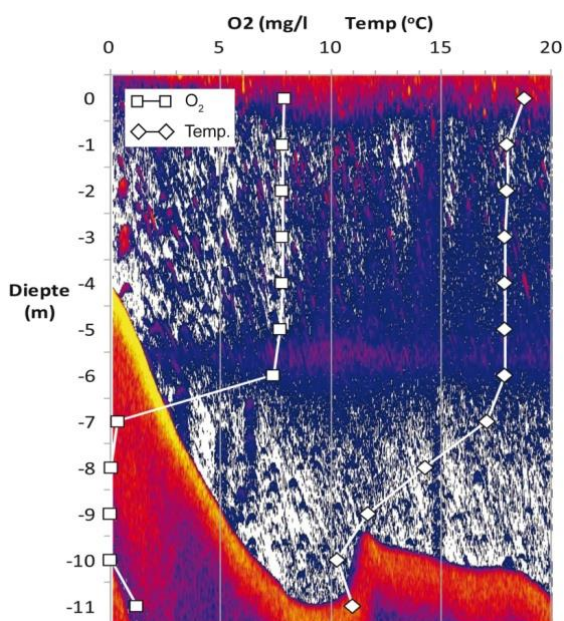
of de verspreiding van vis 's nachts afweek van overdag zijn later in de zomer ook in de avond sonaropnames gemaakt. Naar aanleiding van de resultaten van de sonarbeelden in de avond werd besloten in het najaar van 2015 extra sonaropnames te maken en aanvullend planktononderzoek uit te voeren.

Gelaagdheid

De opbouw van de gelaagdheid van de zandplas begon rond eind maart. Vanaf juni tot begin november was de plas verdeeld in een koud en zuurstofarm tot praktisch zuurstofloos hypolimnion en een warmer zuurstofrijk epilimnion, met een spronglaag rond zes á zeven meter diepte. De nutriëntenconcentraties namen in de loop van de zomer boven de spronglaag af, maar stegen onder de spronglaag. Onder de spronglaag was het grootste deel van het fosfaat aanwezig in opgeloste vorm. De stikstof onder de spronglaag kwam voornamelijk voor in de vorm van ammonium. Het water vlak boven de bodem was zwartig en rook naar sulfide. Ook de verspreiding van het zoöplankton vertoonde gelaagdheid. Overdag waren bladvoetkreeftjes min of meer verspreid aanwezig van het wateroppervlak tot in de spronglaag. In de avond vond een opwaartse migratie plaats en kwam de hoogste dichtheid bladvoetkreeftjes voor op twee à drie meter. De populatie roeipootkreeftjes vertoonde geen aantoonbare migratie. De hoogste dichtheid aan roeipootkreeftjes werd zowel overdag als 's avonds aangetroffen vlak onder de zuurstofarme spronglaag.

Vissen in en rond de spronglaag

Sonaropnames in 2014 wezen uit dat de vissen tijdens de gemengde fase van de plas over de gehele waterkolom aanwezig zijn tot op de bodem op elf meter diepte. Gedurende de stratificatie verandert dit beeld. Het grootste deel van de vispopulatie blijft boven de spronglaag. Op de sonarbeelden zijn echter ook regelmatig vissen waargenomen in en soms zelfs onder de spronglaag. Op 6 oktober 2014 is bijvoorbeeld 's avonds zelfs veel kleine vis waargenomen tot diep in het hypolimnion (zie afbeelding 1).



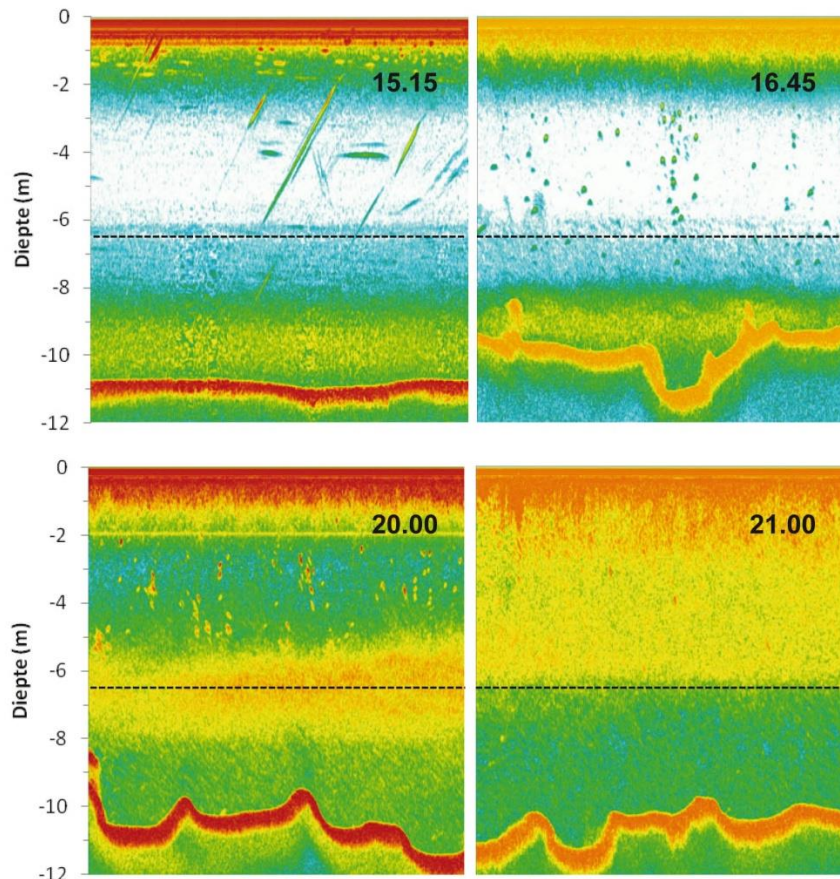
Afbeelding 1. Sonaropname Watergoor, 6 oktober rond 20.30 uur. De zuurstofspronglaag bevindt zich rond 6,5 meter. Onder de spronglaag zijn vissen zichtbaar in de vorm van boonvormige vlekken.

In Watergoor bevindt zich veel zoöplankton in en vlak onder de spronglaag. Vissen kunnen hiervan profiteren. Op meerdere momenten is zowel kleine als grote vis waargenomen ter hoogte van en zelfs onder de spronglaag. Verschillende vissoorten zijn blijkbaar bereid om lage zuurstofgehaltes, of tijdelijk zelfs praktisch complete zuurstofloosheid, te trotseren als er voedsel te halen valt. Dit verschijnsel is vaker waargenomen, zowel in het veld als in laboratoriumopstellingen waarin de natuurlijke stratificatie van een diepe plas werd nagebootst [1], [2], [3]. Niet alleen de beschikbaarheid van voedsel is een reden voor vis om de spronglaag of zelfs het hypolimnion in te zwemmen. Er zijn ook aanwijzingen dat juveniele baarzen langdurig in het hypolimnion kunnen verblijven om predatie door grotere vissen te vermijden [2]. Grote vissen zijn namelijk minder goed uitgerust om lage zuurstofgehaltes te verdragen dan kleine en kunnen slecht korte uitstapjes naar het hypolimnion maken.

Migrerende larven van de pluimmug *Chaoborus flavicans*

De sonaropnames vertoonden in de loop van de zomer van 2014 overdag vlak boven de bodem een sterk signaal, op de sonarbeelden zichtbaar als een horizontale laag. Tijdens sonaropnames later in het seizoen, waarbij zowel 's middags als 's avonds opnames werden gemaakt, bleek deze laag vanaf de bodem op te stijgen. De laag bevond zich omstreeks 16.00 uur vlak boven de waterbodem en verschoof 's avonds omhoog tot boven de spronglaag. Als gevolg van dit sonarsignaal was de aanwezige vis in de avond niet meer goed waar te nemen. Op de avond van 29 augustus 2014 leidde het sterk toenemende signaal zelfs tot een storing van de sonar, waardoor verdere opnames niet meer mogelijk waren. Uit analyse van de planktonmonsters in 2014 bleek dat algen of zoöplankton niet de oorzaak van het bewegende sonarsignaal waren. Wel werd een enkele muggenlarve aangetroffen in de planktonmonsters, die waren geconcentreerd uit 1 liter water. Om die reden zijn de sonaropnames in het najaar van 2015 herhaald. Om de eventuele aanwezigheid van

muggenlarven te onderzoeken zijn dit keer grotere hoeveelheden water bemonsterd met behulp van een waterhapper en een planktonnet. Dit onderzoek toonde aan dat er larven van de pluimmug *Chaoborus flavicans* in Watergoor aanwezig waren. Uit de bemonsteringen bleek dat deze larven overdag vlak boven de waterbodem in het zuurstofloze hypolimnion verbleven. Rond de schemering migreerden zij door de spronglaag omhoog naar een diepte van 2 tot 5 meter (zie afbeelding 2). De *Chaoborus*-larven werden aangetroffen in dichtheden variërend van 400 tot 1700 exemplaren per m³.



Afbeelding 2. Sonaropnames van 6 september 2015 op verschillende tijdstippen. De spronglaag ligt rond de 6,5 meter. *Chaoborus*-larven zijn zichtbaar als een horizontale band die vanaf de bodem omhoog beweegt tot boven de spronglaag

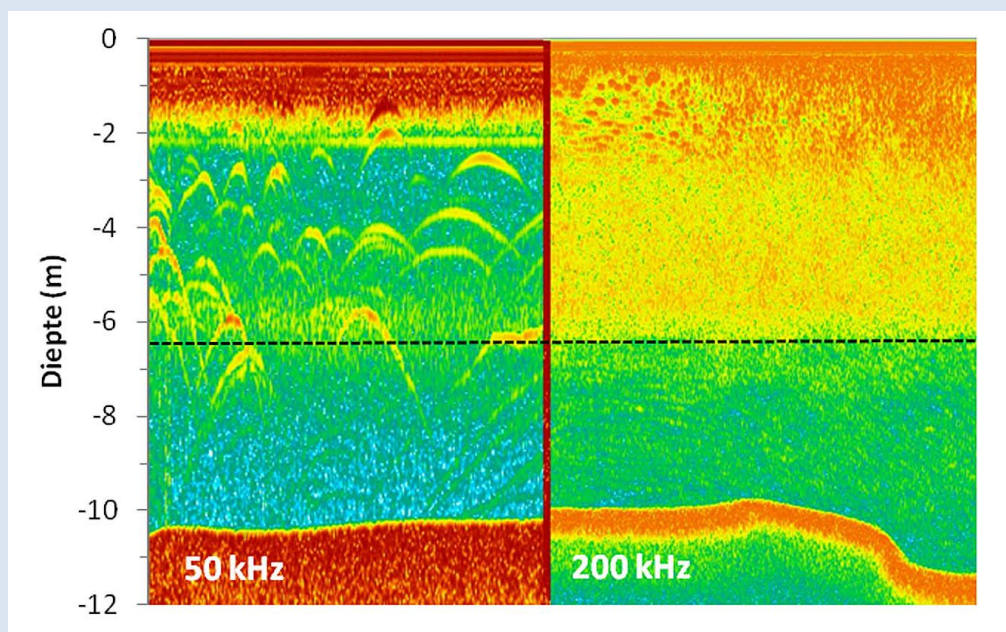
Chaoborus-larven zijn opvallende actoren in het voedselweb van diepe plassen. Overdag verblijven ze in het diepe hypolimnion of zelfs in de waterbodem in een voor veel organismen giftig milieu met hoge concentraties ammoniak en waterstofsulfide. Zij overleven daar door hun metabolisme te vertragen en over te schakelen op anaerobe ademhaling [4]. In de avond migreren de larven omhoog om te foerageren op zoöplankton. Gedurende de gelaagdheid van een diepe plas, wanneer de vis weinig bodemvoedsel tot zijn beschikking heeft, vormen de muggenlarven 's nachts in het epilimnion een aanvulling op het vissendieet. Buitenlandse waarnemingen maken melding van dichtheden van *Chaoborus* in gestratificeerd water tot 25.000 ex./m³ [5].

Chaoborus-larven blijken in staat om hun migratiepatroon aan te passen aan het type visstand en andere milieufactoren in diepe plassen. De theorie is dat de larven daarmee predatie door vis zoveel

mogelijk proberen te voorkomen. De larven vertonen het migratiegedrag vooral in aanwezigheid van een planktivore (plankton-etende) en omnivore visstand [6]. Ook zoeken zij soms juist de spronglaag op wanneer hier vertroebeling optreedt door opeenhoping van organisch materiaal. Zij kunnen daar foerageren op zoöplankton en zijn tegelijkertijd minder zichtbaar voor vis [3].

Visserijkundig onderzoek met sonar in aanwezigheid van *Chaoborus*-larven

De werking van sonar is gebaseerd op het uitzenden en weerkaatsen van geluidspulsen door structuren en organismen onder water. De weerkaatste geluidspulsen worden opgevangen en verwerkt tot een tweedimensionaal beeld. Lucht heeft het grootste verschil in dichtheid vergeleken met water. Bij visserijkundig onderzoek met de sonar is daarom de zwemblaas van vissen verantwoordelijk voor 90 procent van de weerkaatsing van het geluid. Zoöplankton geeft slechts een diffuus en zwak hydro-akoestisch signaal af en zorgt voor 'ruis' op de sonarbeelden [7]. *Chaoborus*-larven geven echter een sterk hydro-akoestisch signaal af omdat zij in het bezit zijn van twee luchtvacuolen. Hiermee zijn zij in staat te migreren over de waterkolom. Het sonarsignaal van de muggenlarven kan 's nachts een sterke verstoring veroorzaken bij sonaronderzoek naar de visstand. Bij visserijkundig onderzoek met de sonar in zoet water wordt meestal een geluidspuls van 200 kHz gebruikt. Bij 200 kHz is het hydro-akoestische signaal van *Chaoborus* echter juist het grootst [1]. Bij overschakeling naar een lagere geluidspuls van bijvoorbeeld 50 kHz, verdwijnt het sonarsignaal van de muggenlarven, maar blijft het sonarsignaal van vissen nog goed zichtbaar.



Afbeelding 3. Sonaropname 6 september 2015 rond 21.00 uur met twee verschillende geluidspulsen. Bij 50 kHz zijn vissen zichtbaar tot in de spronglaag. Bij 200 kHz ontleent het signaal van de *Chaoborus*-larven het zicht op de vis



Afbeelding 4. *Chaoborus*-larve; De gasvacuolen, verantwoordelijk voor het sterke hydro-akoestisch signaal van de sonar, zijn zichtbaar achter de kop en in het achterlijf (foto: Jan Hamrsky)

Stille wateren en diepe gronden

Diepe gelaagde plassen herbergen complexe levensgemeenschappen, aangepast aan de zomerse stratificatie. In de diepe plas Watergoor migreren bladvoetkreeftjes verticaal over de waterkolom om hun overlevingskansen te vergroten. De roeipootkreeftjes verblijven vooral bij lage zuurstofgehaltes vlak onder de spronglaag. Muggenlarven van de pluimmug *Chaoborus flavicans* verblijven overdag in een zuurstofloos en giftig milieu nabij de bodem, maar gaan 's nachts op rooftocht in het zuurstofrijke epilimnion. De meeste vissoorten hebben een voorkeur voor een zuurstofrijk milieu en het grootste deel van de vis bevindt zich dan ook in het epilimnion. Maar als er voedsel te vinden is in de zuurstofarme spronglaag of in het hypolimnion zoeken vissen dit soms toch op. Dit zuurstofarme milieu kan voor jonge vis juist ook schuilgelegenheid bieden tegen predatie.

De drijvende krachten en mechanismen van het functioneren van levensgemeenschappen in diep water zijn complex en nog regelmatig onderwerp van wetenschappelijk onderzoek. De onderste koude laag, het hypolimnion, speelt een belangrijke rol in het functioneren van deze levensgemeenschap. Het beeld van het hypolimnion als een dode onproductieve waterlaag, waarin slechts voedingstoffen verdwijnen, moet daarmee op zijn minst worden genuanceerd. Ondanks het zuurstofarme milieu in de zomer bruist het er regelmatig van het leven.

Dankwoord

De auteurs bedanken Willie van Emmerik van Sportvisserij Nederland die het artikel voor publicatie van commentaar en suggesties heeft voorzien. Speciale dank gaat uit naar hengelsportvereniging 'Hoop Op Geluk' die het onderzoek mogelijk heeft gemaakt en naar Hans Braun voor zijn hulp bij de beeldbewerking van de afbeeldingen.

Bron

Peters, J.S. (2016). Sportvisplas Watergoor, onderzoek naar de visstand in relatie tot stratificatie. Bilthoven, Sportvisserij Nederland.

Referenties

1. Knudsen, R.K., & Larsson, P. (2009). Discriminating the diel vertical migration of fish and *Chaoborus flavicans* in a lake using dual-frequency echo sounder. *Aquatic Living Resour.* 22, 273-280.

2. Vejřík, L. et al. (2016). Small fish use the hypoxic pelagic zone as refuge from predators. *Freshwater Biology* 61 (6), 899-913.
3. Liljendahl-Nurminen, A., Horpila, J. & Lampert, W. (2008). Physiological and visual refuges in a metalimnion: an experimental study of effects of clay turbidity and an oxygen minimum on fish predation. *Freshwater Biology* 53, 945-951.
4. Gosselin A. & L. Hare (2003). Burrowing behaviour of *Chaoborus flavicans* and its ecological behaviour. *J.N. Am. Bentol. Soc.* 22 (4), 575-581.
5. Lathrop, R.C. (1992). Decline in zoobenthos densities in the profundal sediments of Lake Mendota. *Hydrobiologia* 235/236, 353-361.
6. Bezerra-Neto, J.F., Mello, N., Maia-Barbosa, P.M. & R.M. Pinto-Coelho (2009). The role of predation in the diel vertical migration of zooplankton in two tropical freshwater ecosystems. *Acta Limnol. Bras.* 21 (1), 45-56.
7. Rudstam, L.G. et al. (2012). Fisheries Acoustics. In *Fisheries Techniques*, chapter 13. A.V. Zale, D.L. Parrish & T.M. Sutton (ed.). American Fisheries Society.