

# Opgewarmde vissen

Zoetwatervis lijkt beter opgewassen tegen klimaatverandering



Zeevissen kunnen minder goed tegen zuurstofgebrek dan zoetwatervissen.

Waarom zwemmen bepaalde vissoorten waar ze zwemmen? Hoe reageren vissen op de klimaatsverandering? Die vragen fascineren Wilco Verberk (1976) al jaren. Als universitair hoofddocent Animal Ecology & Physiology aan de Radboud Universiteit kijkt hij onder meer naar het verband tussen ecologie en fysiologie.

“Om een antwoord te vinden op die vragen moet je zowel kijken naar de fysiologie als naar de ecologie”, vertelt hij. “De fysiologie beschrijft bijvoorbeeld hoe soorten zich voorplanten en ontwikkelen en hoe ze daarbij reageren op temperatuur. De ecologie gaat over de omgevingscondities die soorten in de natuur ook daadwerkelijk ervaren, zoals temperatuur van het water.

Tijdens congressen merkte ik dat die twee disciplines uit elkaar zijn gegroeid: ze spreken elkaars taal niet meer. Terwijl je beide takken nodig hebt als je iets wil zeggen over bijvoorbeeld klimaatverandering.”

#### Generieke eigenschappen

Terwijl de meeste studies van fysiologen de diepte ingaan op één enkele

vissoort en bijvoorbeeld achterhalen hoe de soort reageert op veranderingen in het zuurstofgehalte van water, wilde Verberk juist van veel soorten vissen achterhalen wat hun zuurstoftolerantie is en of er generieke eigenschappen zijn die de variatie kunnen verklaren. Verberk onderzocht dit samen met Chileense, Britse en Franse collega's en publiceerde een

## TEKST

Kirsten Dorrestijn

## ILLUSTRATIES

Janny Bosman, Jelger Herder en  
Rotislav Stefanek



Salmoniden zijn afhankelijk van koud, zuurstofrijk water.

artikel hierover in het wetenschappelijk tijdschrift *Global Change Biology*. Met het oog op klimaatverandering is het extra belangrijk om kennis te hebben van generieke regels, volgens Verberk. “De tijd is beperkt. We kunnen niet voor elke soort alles uitzoeken: er zijn meer dan 34.000 soorten vissen. Als we generieke regels hebben, dan kunnen we die gebruiken om te voorspellen welke vissoorten in gevaar komen bij welke veranderingen.” Voor zijn onderzoek maakte Verberk gebruik van een dataset uit 2016 en vulde deze aan met studies die daarna zijn verschenen. Het gaat om data van 195 vissoorten. “Als je dat aantal afzet tegen alle vissoorten die er op de wereld bestaan, gaat het nog niet eens om een procent”, zegt hij. “Toch hoopten we dat we hiermee generieke uitspraken te kunnen doen die kloppen.”

### Watertemperatuur en zuurstof

Verberk en collega’s hebben uitgezocht hoe goed vissen tegen zuurstoftekorten kunnen. Daarbij speelt de watertemperatuur een rol: warmer water bevat minder zuurstof, terwijl vissen in warm water juist meer zuurstof nodig hebben. “Net als andere koudbloedige dieren verbruiken vissen meer energie

als hun lichaamstemperatuur toeneemt”, legt Verberk uit. “Dit gaat exponentieel: een temperatuurstijging van 2 tot 3 graden betekent een toename van 14 tot 39 procent aan energieverbruik – en daarmee aan zuurstof. Bij een temperatuurstijging van 10 graden hebben vissen 2 tot drie keer zoveel energie nodig. Zuurstof is immers nodig om voedsel te verbranden, om de energie die daarin is opgeslagen vrij te maken.

Bij hogere temperaturen hebben vissen eerder last van zuurstofstress. Wij vonden het interessant om te onderzoeken wat voor soort vissen minder snel of juist sneller in de problemen komen bij zuurstofgebrek.” Als het zuurstofgehalte in het water laag is, hebben vissen minder energie en

moeten ze energie besparen: ze zetten de voortplanting op een lager pitje en zijn minder actief. Dit heeft gevolgen voor het vinden van voedsel en het ontvluchten van predatoren. Uiteindelijk heeft dit dus consequenties voor het behoud van vispopulaties.

### Ademnood

Verberk en collega’s hebben geanalyseerd welke kenmerken bepalen of vissen snel of minder snel in ademnood komen. Het onderzoek richtte zich op zowel tropische vissen, vissen uit gematigde gebieden en uit de poolgebieden. “Er zijn vissen waarvan we weten dat ze heel gevoelig zijn voor zuurstofgebrek”, vertelt Verberk in zijn werkkamer aan de Radboud Universiteit. “Beekforel bijvoorbeeld, zwemt vaak in koud, stromend water dat zuurstofrijk is, zoals bergbeekjes. Kroeskarpers daarentegen kunnen juist heel goed tegen zuurstofarm water. Waar zit dat ‘m in? Daar wilden wij iets generieks over zeggen.” Verberk en collega’s trokken vier conclusies uit hun onderzoek.

### Evolutionaire geschiedenis

Ten eerste geeft de evolutionaire geschiedenis van een vis een eerste aanwijzing hoe hij omgaat met zuurstofgebrek. Soorten die nauw verwant zijn, reageren vaak hetzelfde.

“Als de zuurstofhuishouding op orde is, wordt de aquatische natuur robuuster tegen de nadelige effecten van de opwarming van het water.”

Zo zijn zalmachtigen als familie bijvoorbeeld gevoeliger voor zuurstofgebrek dan de soorten die behoren tot de karperachtigen. Verberk: “Als je voor drie soorten van een bepaald vissengeslacht weet wat de tolerantie is, kun je voor een vierde een redelijke inschatting maken.” ➤





Kleine, jonge vissen zoeken graag het warme water op.

### Lichaams grootte

Een tweede factor is de lichaams grootte van een vis. Grotere vissen hebben eerder last van zuurstofstress dan kleine vissen, maar alleen in warm water, blijkt uit de studie van Verberk. In kouder water kunnen ze juist beter tegen zuurstofgebrek en komen kleine vissen eerder in de problemen. Er bestaat volgens Verberk in de wetenschap veel discussie over de manier waarop de grootte van vissen samenhangt met hun zuurstoftolerantie. Dat de temperatuur van het water invloed heeft, is een nieuw inzicht. “Er waren al studies die keken of grotere vissen en kleinere vissen een andere tolerantie hebben maar die hadden alle data op één hoop gegooid. Als je warm water en koud water niet uit elkaar houdt, zie je niet dat er twee verschillende patronen door elkaar heen spelen.” Mogelijk komen grotere vissen in warm water eerder in ademnood dan kleine vissen door de andere balans in zuurstofopname en zuurstofverbruik. “Een vis die tien keer zo groot is, heeft niet tien keer grotere kieuwen”, legt Verberk uit. “Maar de kieuwen zijn zes à zeven keer zo groot. Meestal kan een grote vis daar prima mee vooruit, want hij hoeft minder vaak weg te zwemmen van predatoren. Vaak zie je dan ook dat grotere vissen wat trager zijn en wat minder zwemmen – en dat ze in wat koeler water zitten, waar ze minder zuurstof nodig hebben. Jonge visjes die snel moeten groeien, zitten

juist vaak in het warme water. Dat patroon zie je ook over soorten heen bij kleine en grote vissen.”

### Genoom grootte

Ten derde speelt de genoom grootte een rol (de hoeveelheid erfelijk materiaal in een set chromosomen). De genoom grootte hangt samen met de celgrootte: hoe groter de genomen, hoe groter de cellen. Verberk: “Veel mensen denken dat alle diersoorten dezelfde celgrootte hebben, maar je hebt dieren met grote en dieren met kleine cellen.” Vissen met een groot genoom komen eerder in ademnood in warm water, dan vissen met een

klein genoom, blijkt uit de studie. “Wij denken dat het opnemen van zuurstof door de individuele cellen een probleem wordt als je uit hele grote cellen bestaat. Bij warm water hebben vissen veel zuurstof nodig, maar op cellulair niveau hebben vissen met grote cellen relatief minder membraanoppervlakte waar die zuurstof doorheen moet. De snelheid waarmee ze zuurstof kunnen opnemen, is dan beperkend.” Het hoeft overigens niet zo te zijn dat kleine vissen ook altijd kleinere cellen hebben dan grote vissen. “Er is weliswaar een zwak verband maar er zijn genoeg uitzonderingen om de effecten van genoomgrootte en lichaams grootte statistisch uit elkaar te trekken.”

### Zoet- en zoutwatervissen

Ten slotte is er een significant verschil tussen zoet- en zoutwatervissen: zoetwatervissen kunnen beter tegen zuurstofgebrek dan zeevissen. Verberk: “Meren en rivieren warmen sneller op en raken eerder zuurstofarm. De zee is een veel groter waterlichaam, de temperatuur is er vrij stabiel en vissen kunnen er gemakkelijker een zuurstofarme plek ontwijken. In zoet water worden vissen vaker geconfronteerd met hogere temperaturen. Waarschijnlijk heeft in de evolutie bij zoetwatervissen een striktere selectie plaatsgevonden als het gaat om zuurstoftolerantie – vissen die er niet goed tegen konden, zijn al eerder weg geselecteerd.”

Kroeskarpers kunnen zeer goed tegen lage zuurstofwaardes en hoge watertemperaturen.







Droogte en warmte leiden snel tot vissterfte.

### Voorspellen

Met deze vier nieuwe inzichten kunnen duidelijkere voorspellingen gedaan worden over vissen en de mate waarin ze in de problemen zullen komen als het water opwarmt. Volgens Verberk is het vanwege de klimaatverandering extra belangrijk om de relatie van vissen met de watertemperatuur te ontrafelen en zo voorspellingen te kunnen doen hoe het er over vijftig of honderd jaar uitziet. “De opwarming is een probleem maar tegelijkertijd zien we een afname in de hoeveelheid zuurstof in water. Dat komt enerzijds door de klimaatopwarming en anderzijds door vervuiling. Het probleem is dat deze verschijnselen elkaar versterken. Vissen kunnen best wel tegen zuurstofarm water als het water koud is maar in warm water wordt het sneller een probleem. In de zomer heb je én warm water én er staat vaak minder water waardoor het minder doorstroomt en er meer algenbloei is. Temperatuurstress gaat vaak gepaard met zuurstofstress, waardoor vissen veel eerder in de problemen raken.”

### Lokaal ingrijpen

Wat kunnen we met deze kennis? Volgens Verberk kan het ons helpen om de waterhuishouding voor vissen te verbeteren. “Klimaatverandering is een wereldwijd probleem waar je lokaal en als individu weinig aan kunt

doen”, zegt hij. “Maar je kunt wel lokaal ingrijpen om de waterkwaliteit te verbeteren. Als de zuurstofhuishouding op orde is, wordt de aquatische natuur robuuster tegen de nadelige effecten van de opwarming van het water.” Een voorbeeld om de zuurstofhuishouding in stilstaand water te verbeteren, is om algen weg te nemen. Algen produceren overdag zuurstof, maar 's nachts consumeren ze ook zuurstof wat dan voor meer zuurstofstress onder vissen zorgt. Algen kunnen vermindert

worden door te zorgen dat er minder nutriënten uit bemest land in het water terechtkomen.

Bij stromend water is het belangrijk om ook daadwerkelijk voldoende stroming te hebben: door menging met de lucht wordt de zuurstof in het water aangevuld. Als de doorstroom stagneert, zetten dezelfde problemen op als bij stilstaand water, bijvoorbeeld algengroei. Meer doorstroming kan bewerkstelligd worden door minder water aan de bodem te onttrekken, verklaart Verberk. “In Nederland staan heel veel sloten droog en als het regent wordt het water via die sloten afgevoerd, maar eigenlijk wil je het water juist laten infiltreren om het grondwater aan te vullen. Grondwater is koel, dus dat verbetert de waterkwaliteit nog extra.”

Op basis van hun inzichten hebben de onderzoekers gedetailleerd in kaart gebracht welke vissen het goed zouden doen in welke wateren, van oceanen tot kleine rivieren. “We hebben dit doorgerekend voor twee hypothetische vissen, een grote en een kleine. Je ziet dat kleine vissen het goed doen in warme milieus, zoals de tropen en dat grote vissen het meer naar hun zin hebben in koudere gebieden. Wellicht kunnen we deze projecties in de toekomst uitbreiden om ook de effecten van verschuivingen in omgevingscondities door te rekenen.” ■



Grotere vissen hebben eerder last van zuurstofstress dan kleine vissen, maar alleen in warm water.