

Opwarming rivieren zet aquatische fauna op scherp

SAMENVATTING

Veel vissen, maar ook tweekleppigen, haften en libellen krijgen het moeilijker door het veranderende klimaat waarbij het water in rivieren gemiddeld warmer wordt. Vooral in de uiterwaarden kan de watertemperatuur oplopen, soms tot wel 32 °C, terwijl veel kenmerkende riviersoorten temperaturen boven de 24 °C niet lang verdragen. Door water langer vast te houden in rivierbeddingen en uiterwaarden of door het bieden van extra schaduw met vegetatie, bomen, struiken of dood hout, zijn de negatieve effecten van opwarming gedeeltelijk te verlichten. Ook diepe, gestratificeerde plassen die in contact staan met de rivier kunnen een 'temperatuurrefugium' bieden in hete perioden. Dit geeft in ieder geval een aantal soorten tijd en ruimte om zich geleidelijk aan te passen aan het veranderende klimaat.

Tekst **Martijn Dorenbosch, Frank Collas, Michelle de la Haye, Wendy Liefveld**

1 Snoekbaars is niet bestand tegen extreem hoge watertemperaturen en lage zuurstofgehalten in de Oude Waal bij Nijmegen (zomer 2022) terwijl slakjes (voorgond) deze omstandigheden wel overleven (foto M. Dorenbosch).

De gemiddelde jaartemperatuur is de laatste decennia met 1,1°C toegenomen in Nederland. Zomers worden droger en warmer en er valt gemiddeld ook meer neerslag, vooral in de winter. In de zomer komen bovendien vaker extreme hoosbuien voor (KNMI, 2021). Het veranderende klimaat resulteert vanzelfsprekend ook in veranderingen in onze grote rivieren, onder meer in lage rivierafvoeren, sneller uisdrogen van tijdelijke wateren en hogere watertemperaturen. Voor het OBN brachten wij de effecten van klimaatverandering op riviernatuur in beeld (Dorenbosch et al., 2022). In dit artikel behandelen we het effect van hogere watertemperaturen op waterdieren in de rivier. Met temperatuurmetingen in de rivier en uiterwaardwateren, brengen we in beeld in hoeverre die fauna last heeft van een opwarmend klimaat. Daarnaast bespreken we maatregelen die mogelijk zinvol zijn om de negatieve effecten van warmer water te verminderen.



Veel waterdieren, zoals schelpdieren, insecten en vissen zijn koudbloedig, afhankelijk van hun omgevings-temperatuur en daardoor gevoelig voor veranderingen in temperaturen. Door een combinatie van klimaatverandering en inslijten van de rivierbodem worden overstromingen in het voorjaar zeldzamer (Hurkmans et al., 2010; Reeze et al., 2017, 2020; Dorenbosch et al., 2022). Hierdoor bevatten wateren in de uiterwaarden, zoals overstromingsplassen, geulen en strangen, in het voorjaar steeds minder water. Daarnaast is al in het voorjaar vaak sprake van langdurig droge en warme periodes. Ondiepe uiterwaardwateren warmen in deze periodes snel op en vallen dan eerder droog. Dit geldt niet alleen voor wateren in de uiterwaard, ook de hoofdstroom van de rivier en aangetakte geulen en strangen kunnen opwarmen. Koudbloedige organismen kunnen maar tot een bepaalde kritische watertemperatuur overleven. Wordt het water te warm, dan treedt schade en uiteindelijk sterfte op. De kritische temperatuur waarbij

schade optreedt verschilt van soort tot soort. Een prangende vraag is: In hoeverre gaat het opwarmend water in het rivierengebied kenmerkende aquatische fauna bedreigen? En zijn er mogelijkheden om lokale effecten van een wereldwijd proces zoals klimaatverandering af te zwakken?

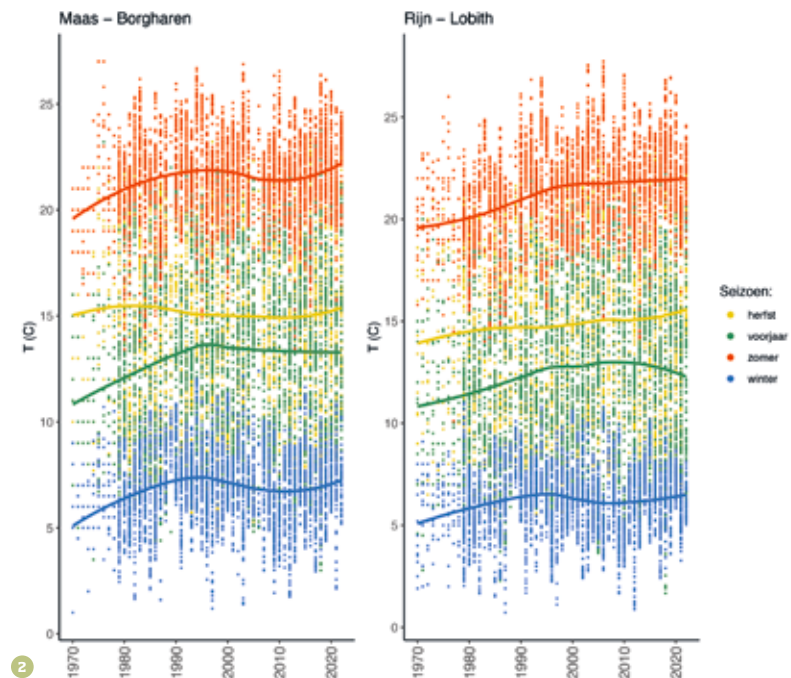
Methode

Om het effect van warmer water op Nederlandse rivier-soorten in te kunnen schatten, is het belangrijk om inzicht te hebben in hoe hoog de watertemperaturen in de rivier en uiterwaard kunnen oplopen. We hebben dit op verschillende manieren onderzocht. Ten eerste hebben we de langjarige watertemperatuurmetingen van de hoofdstroom van Rijn (Lobith) en Maas (Borgharen) gebruikt om te bepalen in hoeverre de twee grootste Nederlandse rivieren warmer zijn geworden in de periode 1970 – 2020 (Rijkswaterstaat Waterinfo, 2022). Daarnaast hebben we reeksen van watertemperatuurmetingen uit verschillende uiterwaardwateren bijeengebracht van de warme zomers van 2009, 2018 en 2020 (Dorenbosch et al., 2009, 2020). Daarmee willen we inzichtelijk maken hoe warm ondiepe uiterwaardwateren in de zomer kunnen worden. Dit zijn enerzijds puntmetingen die verzameld zijn met temperatuurloggers gedurende langere periodes (2018 en 2020) en anderzijds puntmetingen die verzameld zijn tijdens veldbezoeken aan een groot aantal rivierhabitats (2009). De puntmetingen die in 2020 zijn verzameld in de uiterwaard Buitenooy (Waal – Nijmegen) tenslotte, geven een beeld van het effect van specifieke habitatkenmerken (zoals beschaduwing) op de ontwikkeling van de watertemperatuur in uiterwaardwateren in de zomer.

Die metingen hebben we ook gebruikt om te bepalen hoe vaak hoge watertemperaturen in de zomer voorkomen. De hieruit geconstrueerde temperatuurmaxima hebben we vergeleken met de kritische temperatuurdrempels van 175 aquatische faunasoorten uit rivierhabitats (26 tweekleppigen, 41 haften, 41 libellen, 17 slakken en 50 vissen), zoals die verzameld zijn in een literatuurdatabank (Collas, 2019). Hiermee geven we een beeld in hoeverre deze aquatische fauna in het rivierengebied beïnvloed wordt in het huidige klimaat en in een opwarmend klimaat, waarbij we verwachten dat de hoge watertemperaturen in de toekomst frequenter gaan voorkomen (KNMI, 2021).

Temperatuurontwikkeling verschilt

De watertemperatuur van de hoofdstroom van de twee grote rivieren is in de laatste decennia vooral in voorjaar en zomer sterk toegenomen ². De tienjarig gemiddelde temperatuur in het voorjaar in 2020 was voor de Rijn 1,4 °C en voor de Maas 0,9 °C hoger ten opzichte van 1990. Voor de zomer bedroeg de toename 2,0 °C voor de Rijn en 0,5 °C voor de Maas. De



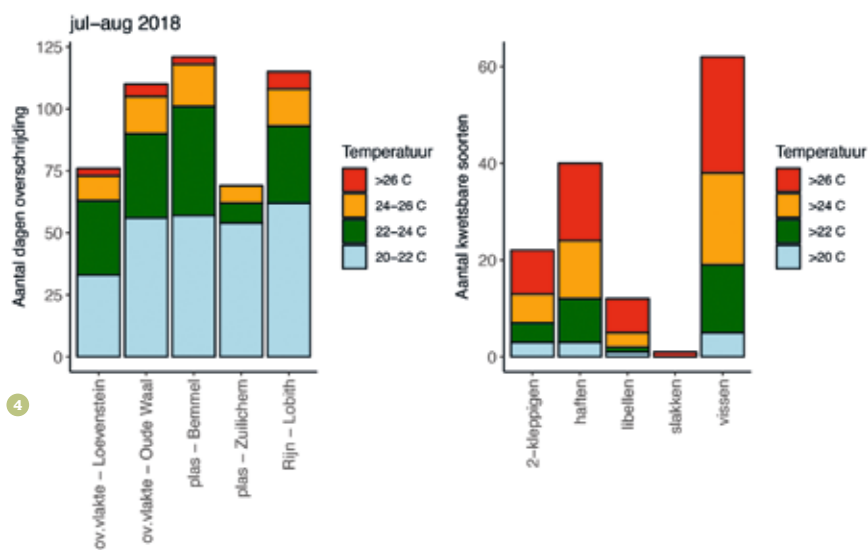
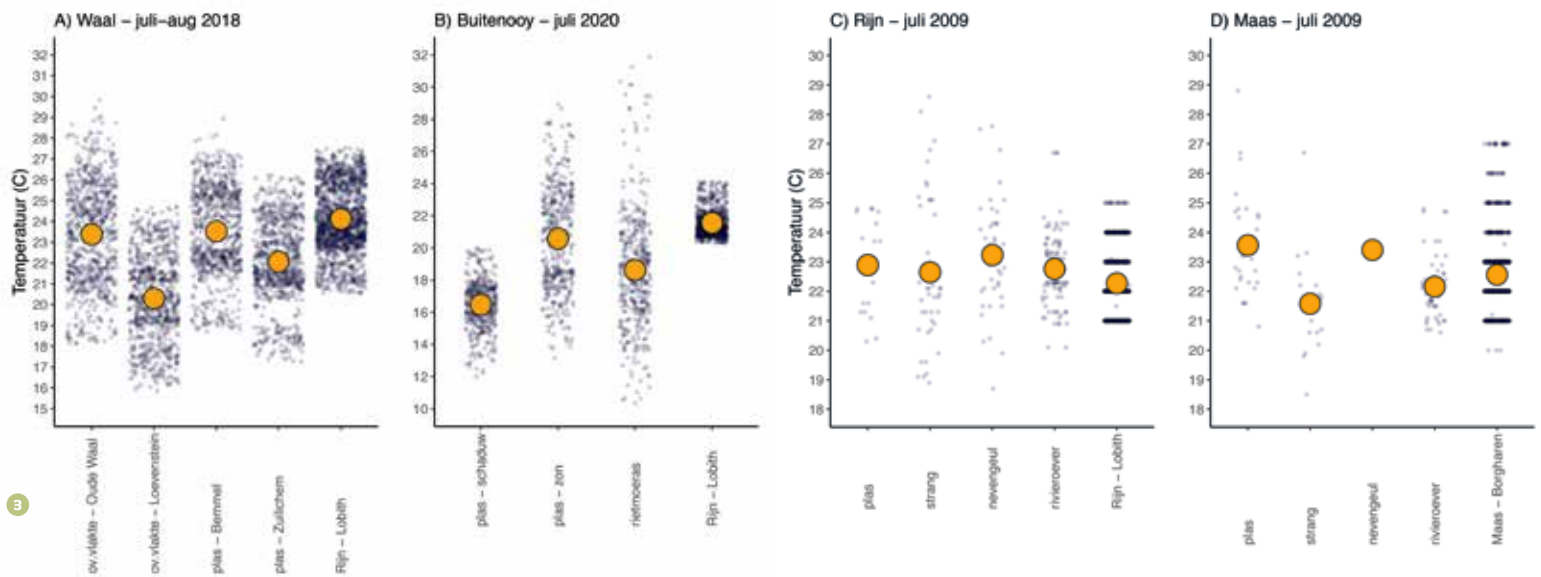
² Gemiddelde dagtemperaturen in de hoofdstroom van de Maas en Rijn voor de periode 1970 – 2020 in de zomer, herfst, voorjaar en winter (Rijkswaterstaat Waterinfo). De stippen vormen afzonderlijke meetwaarden, de lijnen geven langjarige trends per seizoen weer.

³ Watertemperaturen in uiterwaardhabitats in Rijn en Maas. (A) puntmetingen in twee overstromingsvlaktes (Oude Waal – Nijmegen, Loevestein – Brakel), twee geïsoleerde uiterwaardplassen (Bemmel, Zuilichem) en in de hoofdstroom van de Rijn bij Lobith voor de warme zomer 2018, (B) puntmetingen in habitats in Buitenooy – Nijmegen, de hoofdstroom van de Rijn bij Lobith in juli 2020 en puntmetingen uit plassen, strangen, nevengeulen en de hoofdstroom van Rijn (C) en Maas (D) in juli 2009. Oranje cirkels geven het gemiddelde van alle puntmetingen.

opwarming van de Rijn vanaf 1990 lijkt daarmee sterker te zijn dan van de Maas. Voor zowel de Rijn als de Maas komen in het afgelopen decennium 's zomers regelmatig gemiddelde dagwatertemperaturen boven de 25 °C voor ².

Temperatuurmonitoring in diverse uiterwaardwateren laat zien dat de temperatuur van aquatische habitats buiten de hoofdstroom van de rivier een grotere variatie vertoont dan die in de rivier zelf ³. Typisch is dat in veel uiterwaardwateren temperaturen in de zomer doorgaans hoger oplopen dan in de hoofdstroom van de rivier (hierbij zijn maximum temperaturen tot wel 32 °C gemeten ³). Anderzijds kunnen temperaturen in uiterwaardwateren ook sterker dalen dan in de rivier (in de zomer van 2020 werd 11 °C gemeten, terwijl de rivier zelf ruim boven de 20 °C bleef ³).

De waterdiepte heeft invloed op de temperatuurontwikkeling. Zo warmt de ondiepe, open en zonbeschenen overstromingsvlakte Oude Waal in Buitenooy (Waal – Nijmegen) veel meer op dan de overstromingsvlakte in Loevestein, die verder benedenstrooms langs de Waal ligt. Daar is veel beschaduwende watervegetatie aanwezig en er zijn ook diepere waterdelen. Binnen de overstromingsvlakte Buitenooy is bovendien veel variatie in watertemperatuur tussen verschillende locaties. De gemiddelde zomertemperatuur van een beschaduwde ondiepe plas in Buitenooy ligt ca. 4 °C lager dan in een qua diepte en oppervlakte vergelijkbare, zonbeschenen plas. In Buitenooy ligt bovendien een ondiep rietmoeras waar de watertemperatuur sterker fluctueert dan in ondiepe plassen. Het water in het rietmoeras kan gedurende de zomer in korte tijd opwarmen tot 32 °C, maar ook weer afkoelen tot 11 °C ³. In de warme zomer van 2009 zijn op 43 locaties langs de Rijntakken en de Maas puntmetingen verzameld van de watertemperatuur in verschillende rivierhabitats. Ook uit deze metingen blijkt dat variatie aan watertemperaturen in rivierhabitats in de uiterwaard, zoals plassen, strangen en nevengeulen, groter is dan in de hoofdstroom van de rivier, waarbij de watertem-



4 Links: aantal dagen waarbij de gemiddelde dagtemperatuur 20-22, 22-24, 24-26 of >26 °C bedroeg in twee ondiepe overstromingsvlaktes (Oude Waal - Nijmegen, Loevestein - Brakel), twee geïsoleerde uiterwaardplassen (Bemmel, Zuilichem) en de hoofdstroom van de Rijn bij Lobith voor de warme zomer juli - augustus 2018. Rechts: overzicht van het aantal kwetsbare soorten binnen vijf faunagroepen als de gemiddelde watertemperatuur hoger dan 20, 22, 24 of 26 °C is.

peratuur hoog op kan lopen (tot minstens 29 °C) of juist aanmerkelijk lager is dan de rivier (tot een minimum van 18 °C 3).

Soorten komen in de knel

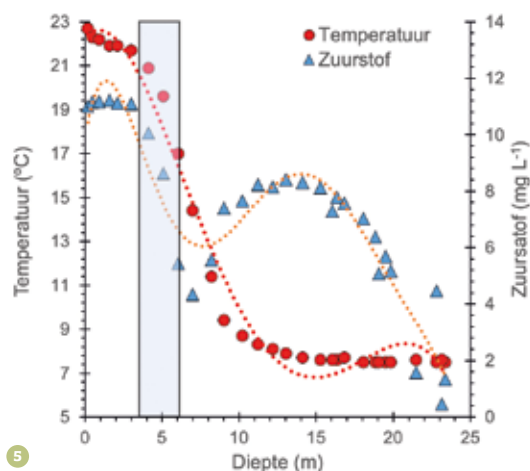
De huidige metingen geven aan dat de gemiddelde watertemperatuur van rivierhabitats, zoals plassen, strangen, nevengeulen en de hoofdstroom van de rivier, in de zomer doorgaans onder de 24 °C ligt 3. De meeste gemiddelde dagtemperaturen liggen onder de 22 °C. Dagtemperaturen boven de 24 °C komen maar enkele dagen per zomer voor. De verwachting is echter dat met de voortschrijdende klimaatopwarming zulke hoge watertemperaturen (daggemiddelden > 24 °C) in rivierhabitats vaker voor zullen komen.

Bij oplopende temperaturen komt een aanzienlijk deel van de 175 aquatische faunasoorten waar kritische drempeltemperaturen van bekend zijn, in de gevaarzone 4. Gemiddelde dagtemperaturen lager dan 22 °C zijn voor de meeste soorten geen probleem. Een groter aantal soorten haften en vissen wordt echter al negatief beïnvloed bij gemiddelde dagtemperaturen tussen 22 en 24 °C. Bij temperaturen boven de 24 °C ondervindt een nog groter deel van de tweekleppigen, haften, libellen en vissen negatieve effecten. Als door klimaatopwarming gemiddelde watertemperaturen boven de 24

°C vaker voorkomen in uiterwaarden en rivieren, zal dit mogelijk een fors deel van de aquatische faunage-meenschap (sterk) negatief beïnvloeden. Kritische drempeltemperaturen voor deze soorten zullen dan vaker en langduriger overschreden worden. Negatieve effecten van hoge temperaturen variëren van verstoring van het gedrag, de levenscyclus, het metabolisme, de ademhaling, tot sterfte aan toe (Van den Hoek & Verdonschot, 2001). Opmerkelijk is overigens dat waterslakken relatief goed bestand zijn tegen hoge watertemperaturen. De bekende kritische drempelwaarden van slakken liggen voor de meeste soorten hoger dan de hoogste watertemperaturen die in de huidige tijd gemeten zijn 4. Veel exoten zijn juist beter bestand tegen hogere watertemperaturen dan hun inheemse tegenhangers (Collas et al., 2018); dit scheelt vaak meerdere graden. Als indirect effect van hogere watertemperaturen krijgen veel invasieve soorten waarschijnlijk een nog groter concurrentievoordeel ten opzichte van hun inheemse concurrenten, waardoor ze sneller in aantal toenemen en dominant worden.

Gevoelige en robuuste soorten

In dit artikel maken we onderscheid tussen temperatuurgevoelige en -robuuste soorten. Gevoelige soorten zijn bijvoorbeeld de haft oeveraas en de libel rivierrombout. Die kenmerkende riviersoorten profiteren enerzijds van herstel van natuur en waterkwaliteit in het rivierengebied, maar kunnen niet lang overleven bij watertemperaturen boven de 24 °C. Inheemse zoetwatermosselen zoals bolle stroommossel, schildersmossel en Bataafse stroommossel kunnen zich nog handhaven bij watertemperaturen tot 24 °C. Hogere temperaturen zijn echter al snel dodelijk voor hen. Ook sommige kenmerkende rivieressen zijn temperatuurgevoelig. Kwabaal, rivierdonderpad en zalm zijn bijvoorbeeld al (zeer) kwetsbaar bij temperaturen boven de 20 °C. Veel invasieve exoten zijn daarentegen robuust voor hoge watertemperaturen zoals quaggamossel en zwartbekgrondel, die eenvoudig kunnen overleven bij temperaturen boven de 26 °C. Ook inheemse soorten kunnen echter bestand zijn tegen hogere temperaturen zoals stompe moerasslak, larven van de platbuiklibel en de kroeskarper, bittervoorn en winde.



Kansen voor robuustere rivieren

Klimaatopwarming is een wereldwijd probleem dat niet in alleen Nederland beïnvloed kan worden. Het is mogelijk om het rivierengebied robuuster te maken zodat de effecten van klimaatopwarming beter opgevangen kunnen worden. Zo zullen uiterwaardwateren meer water kunnen vasthouden als de waterstanden in de rivier minder dalen. Hoe meer water, des te minder snel het opwarmt. Dit kan bijvoorbeeld worden bevorderd door ophoging van het zomerbed met zand of grind. Het laten staan van vegetatie, boom- en struikopslag en het laten liggen van dood hout in uiterwaardwateren zorgt voor (micro)schaduw en minder verdamping in de zomer waardoor water langer blijft staan en minder snel opwarmt. Zo blijkt de watertemperatuur van een deels beschaduwde, ondiepe plas in Buitenooy circa 4 °C lager dan een vergelijkbare ondiepe plas in Buitenooy die volledig in de zon ligt 5.

In veel diepe uiterwaardplassen ontstaan gescheiden, horizontale temperatuurzones (stratificatie) in de zomer (Verstijnen et al., 2022). De watertemperatuur neemt daar af bij toenemende diepte. Hoewel met toenemende diepte ook het zuurstofgehalte van diepe plassen afneemt, laat de studie duidelijk zien dat de onderzochte diepe plassen op geringere diepte een laag bevatten die aanzienlijk koeler is dan het wateroppervlak en die tegelijkertijd voldoende zuurstof heeft voor de fauna 5. In een opwarmend klimaat kunnen deze diepe, met de rivier verbonden uiterwaardplassen dus een belangrijke rol vervullen als refugium voor temperatuurgevoelige fauna. Ook beekmondingen kunnen een vergelijkbare rol vervullen. Langs de Limburgse Maas kenmerken verschillende beekmondingen zich door relatief koel water, dat in de zomer een temperatuur heeft die meerdere graden lager is dan de Maas (ongepubliceerde data Waterschap Limburg – Waardenburg Ecology).

Ten slotte suggereren recente studies dat bepaalde aquatische fauna (vissen, macrofauna) zich enigszins kunnen aanpassen aan het opwarmen van water (Amat-Trigo et al., 2023; Bruno et al., 2019; Des Roches et al., 2020). Dit gaat echter niet van vandaag op morgen. Het inrichten van thermoreugia en schaduwrijke ondiepe plassen, geulen en strangen in rivieruiterwaarden is de komende decennia van belang om gevoelige soorten voldoende tijd te geven om zich aan te passen

5 Voorbeeld van een gestratificeerde diepe plas (Hedelsche Waard, zomer 2022) waar rond 5 m diepte sprake is van een koelere laag met nog voldoende zuurstof voor aquatische fauna (donkere balk) ten opzichte van het warme wateroppervlak (data Dorenbosch, 2022).

aan de toekomstige temperaturen in de Nederlandse rivieruiterwaarden.

Dankwoord

Dit artikel is grotendeels gebaseerd op onderzoek dat wij hebben uitgevoerd voor het kennisnetwerk OBN, deskundigenteam Rivierenlandschap (Dorenbosch et al., 2022). In de begeleidingscommissie zaten Annelies Blankena (SBB), Wendy Vercrujssse (RWS) en Fabrice Ottburg (WUR). Aan het rapport, dat meeromvattend is, werkten verder nog mee: Rob van de Haterd (Waardenburg Ecology), Freek Huthoff (HKV), André van Kleunen (SOVON), Gerben van Geest (Deltares), Mark Jalink (KWR), Laurens Sparrius (Floron), Raymond Creemers (RAVON) en Mark Groen (RAVON). ■

Martijn Dorenbosch, Michelle de la Haye, Wendy Liefveld
 Waardenburg Ecology, Team Aquatische Ecologie, Culemborg
 m.dorenbosch@waardenburg.eco

Frank Collas
 Radboud Universiteit, Afdeling Environmental Science,
 Nijmegen

SUMMARY

Climate change affects aquatic organisms in rivers

Riverine habitats in Dutch large rivers are exposed to climate change. We studied the effect of elevated water temperature on 175 river-characteristic aquatic species, by comparing literature-reported critical temperature-thresholds with expected temperature development in several types of backwaters and the main river. Results show that a considerable part of the species of fish, bivalves, mayflies as well as dragonflies are sensible to the higher temperatures that will become more common in the near future. This is especially valid for floodplain backwaters, where the temperature rises are higher than in the river itself. Real measured temperatures during hot summers (that are thought to be more common in the near future) in the floodplain backwaters rose to 32°C in the summer. This contrasts many characteristic riverine species that cannot endure temperatures above 24°C for long. There is a perspective for action though: mitigation measures can make the river ecosystem more resilient to rising water temperatures.

Literatuur

De literatuurlijst van dit artikel vindt u door deze QR-code te scannen, of bij de online versie van dit artikel, die te vinden is op <https://delevendenatuurmagazine.nl/de-levende-natuur-nummer-03-2023/samenvatting-waterdieren-rivieren/>



Dorenbosch, M. et al., 2023. Opwarming rivieren zet aquatische fauna op scherp *De Levende Natuur* 124 (3), 117-120.

SUMMARY

Climate change affects aquatic organisms in rivers

Riverine habitats in Dutch large rivers are exposed to climate change. We studied the effect of elevated water temperature on 175 river-characteristic aquatic species, by comparing literature-reported critical temperature-thresholds with expected temperature development in several types of backwaters and the main river. Results show that a considerable part of the species of fish, bivalves, mayflies as well as dragonflies are sensible to the higher temperatures that will become more common in the near future. This is especially valid for floodplain backwaters, where the temperature rises are higher than in the river itself. Real measured temperatures during hot summers (that are thought to be more common in the near future) in the floodplain backwaters rose to 32°C in the summer. This contrasts many characteristic riverine species that cannot endure temperatures above 24°C for long. There is a perspective for action though: mitigation measures can make the river ecosystem more resilient to rising water temperatures.

Literatuurlijst

Amat-Trigo, F., D. Andreou, P.K. Gillingham & J.R. Britton, 2023. Behavioural thermoregulation in cold-water freshwater fish: Innate resilience to climate warming? *Fish and Fisheries* 24: 187– 195

Bruno, D., O. Belmar, A. Maire, A. Morel, B. Dumont & T. Datry, 2019. Structural and functional responses of invertebrate communities to climate change and flow regulation in alpine catchments. *Global Change Biology* 25:1612–1628

Collas, F.P.L., 2019. Preferences and bottlenecks: predicting riverine species occurrences under changing abiotic conditions. PhD thesis, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands

Collas, F.P.L., A. D. Buijse, A. J. Hendriks, G. van der Velde & R.S.E.W Leuven, 2018. Sensitivity of native and alien freshwater bivalve species in Europe to climate-related environmental factors. *Ecosphere* 9(5): e02184. [10.1002/ecs2.2184](https://doi.org/10.1002/ecs2.2184)

Des Roches, S., M.A. Bell & E.P. Palkovacs, 2020. Climate-driven habitat change causes evolution in Threespine Stickleback. *Glob Change Biology* 26: 597– 606

Dorenbosch, M., N. van Kessel, J. Kranenbarg, F. Spikmans,, W. C. E. P., Verberk, & R. S. E. W. Leuven, 2011. Nevengeulen in uiterwaarden als kraamkamer voor riviervissen. Rapportnummer 2011/OBN143-RI. Boschap, Driebergen-Rijsenburg.

Dorenbosch, M., M. de la Haye, R. van de Haterd, F. Huthoff, A. van Kleunen & W. Liefveld, 2022. Klimaat effecten op riviernatuur, Rapport nummer OBN-2020-121-RI, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.

Dorenbosch, M., 2022. Ecologische beoordeling macrofauna en waterplanten Hedelsche Waard. Rapport 22-0276, Waardenburg Ecology, Culemborg

Dorenbosch, M., M. Kooiman, S. Ploegaert, M. Vos & J. Kranenbarg, 2020. Visgemeenschappen in drie Nederlandse overstromingsvlakten. Rapport 2017.057, RAVON, Nijmegen.

Hoek, Tj.H. van den & P.F.M. Verdonschot, 2001. De invloed van veranderingen in temperatuur op beekmacrofauna. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra- rapport 228

Hurkmans, R., W. Terink, R. Uijlenhoet, P. Torfs, D. Jacob and P. A. Troch, 2010. Changes in Streamflow Dynamics in the Rhine Basin under Three High-Resolution Regional Climate Scenarios. *Journal of Climate*, Vol 23 (3) pp: 679–699. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI3066.1>

KNMI, 2021. KNMI Klimaatsignaal'21: Hoe het klimaat in Nederland snel verandert, KNMI, De Bilt, 72 pp

Reeze, B., A. van Winden, J. Postma, R. Pot, J. Hop & W. Liefveld, 2017. Watersysteemrapportage Rijntakken 1990-2015. Ontwikkelingen waterkwaliteit en ecologie. Bart Reeze Water & Ecologie, Harderwijk.

Reeze, B., W. Liefveld, J. Postma, H. Barneveld, N. van Kessel, H. van der Jagt, T. Smit, H. Coops, D. Tjabbes – Van der Gaag, 2020. Watersysteemrapportage Maas. Rapport Anteagroupp / RWS.

Verstijnen, Y., Smolders, A.J.P., Westendorp, P.J., de Senerpont Domis, L., Teurlincx, S., van Geest, G., Groen, M., Dorenbosch, M., van Els, P., 2022. Diepe uiterwaardplassen: verondiepen of niet? Rapportnummer 2022/OBN252-RI, VBNE, Driebergen

Rijkswaterstaat Waterinfo, 2022. Website met historische meetgegevens Rijkswateren, Beschikbaar op <https://waterinfo.rws.nl/#!/nav/bulkdownload/huidige-selectie/>