

Opwarming door klimaatverandering vergroot de opgave voor waterkwaliteit in de stad – een studie in de regio Utrecht

Pim de Kwaadsteniet, Melanie Boonstra (Tauw), Sita Vulto (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden) en Roswitha van Zon (gemeente Utrecht)

Op basis van monitoringsgegevens in de regio Utrecht in een gemiddelde (2015) en een zeer warme zomer (2018) is onderzocht welke effecten een zeer warme zomer op heeft waterplanten in stadswateren. De bedekking met kroos, flab en drijfbladplanten namen toe. Die met ondergedoken waterplanten bleef gelijk maar het aantal soorten nam af. De uitkomsten zijn voor een deel te verklaren door een toename van eutrofiëring in warmere zomers. Maar er spelen naar verwachting ook andere effecten. Voor de waterbeheerders in de regio Utrecht betekenen de uitkomsten een verzwaring van de opgave om gezonde en veerkrachtige stadswateren te realiseren.

De afgelopen jaren kenden een aantal zeer warme en droge zomers, zoals de zomers van 2018 en 2019. In eerste instantie leidde dit in een aantal gebieden tot watertekorten, maar menig waterbeheerder zal ook de invloed op de waterkwaliteit niet ontgaan zijn. Door de wateraanvoer via de Kromme Rijn was droogte in het stedelijk gebied van de gemeente Utrecht minder aan de orde. Toch was het aantal klachten over problemen met waterkwaliteit (denk aan vissterfte, botulisme en blauwalgen) in de jaren 2018 en 2019 twee- tot vijfmaal zo hoog als in de in de periode 2012- 2015. Daarom stelden de auteurs van dit artikel, die al langere tijd samenwerken aan gezonde stadswateren in de regio Utrecht, de vraag: welke invloed heeft klimaatverandering op de ecologische kwaliteit van stadswateren?

In dit artikel ligt de focus op de invloed van temperatuurstijging (in de zomer) op het aquatische ecosysteem van stadswateren. Aan de hand van recente monitoringsgegevens is een eerste inschatting gemaakt van de effecten op de ecologische waterkwaliteit, en dan met name op waterplanten. Deze monitoringsgegevens zijn afkomstig van ruim 300 locaties in de regio Utrecht in een gemiddelde en een zeer warme zomer. Voor de regio Utrecht betekenen de uitkomsten ervan een vergroting van de opgave om gezonde en veerkrachtige stadswateren te realiseren.

Effecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit

De effecten van klimaatverandering op de kwaliteit van stadswateren zijn divers en complex. Ten eerste zal de watertemperatuur stijgen en dit heeft gevolgen voor het functioneren van het aquatische ecosysteem. Zo daalt de oplosbaarheid van zuurstof in water, terwijl de consumptie van zuurstof vaak toeneemt [1]. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot vissterfte. Een ander voorbeeld is dat blauwalg veel beter groeit bij temperaturen boven 20°C [2]. Blauwalgen kunnen tot gezondheidsproblemen bij de mens leiden. Het metabolisme van veel organismen verloopt sneller, evenals de afbraak van organische stof (bagger). Ook ziekteverwekkers groeien vaak sneller in warm water en de verspreiding van ziekteverwekkers kan door klimaatverandering veranderen [3].

Ten tweede zal klimaatverandering gepaard gaan met langere periodes van droogte. Waar geen of beperkte wateraanvoer mogelijk is, wordt de verblijfsduur van het water langer en warmt het water mogelijk nog meer op. Waar wateraanvoer wel mogelijk is zal de invloed van dit aanvoerwater

toenemen. In de regio Utrecht, waar deze studie is verricht, blijft in grote delen wateraanvoer mogelijk en wijzigt in extreem droge perioden in een klein deel de wateraanvoerroute.

Ten derde gaat klimaatverandering samen met intensievere neerslag in de zomer (grotere piekbuien) en daarmee ook meer overstortingen uit het gemengde rioolstelsel, meer toestroom van water uit hemelwaterriolen en meer uit- en afspoeling van naast gelegen bermen, groenvoorzieningen en tuinen. Dit kan samen gaan een toename van de organische belasting (zuurstofdip) en een bacteriële belasting.

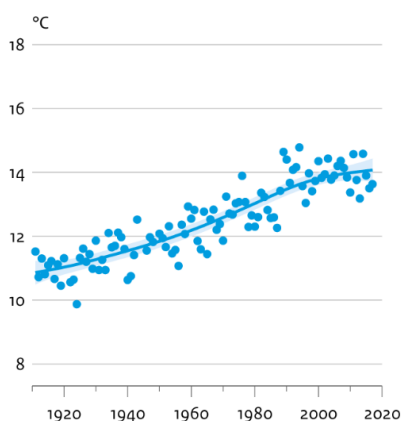
Dit artikel richt de aandacht op het eerste effect: stijging van de watertemperatuur en de gevolgen voor het functioneren van het aquatische ecosysteem.

Effect van klimaatverandering op de watertemperatuur

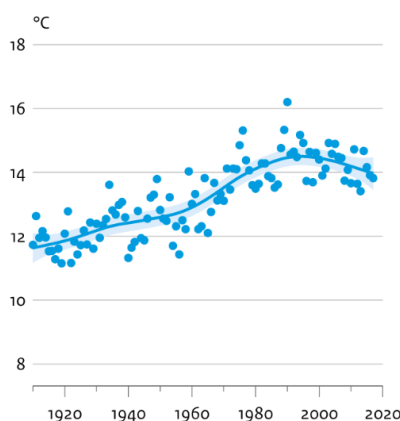
Klimaatverandering leidt in Nederland tot warmere zomers met meer zonuren en zachtere winters [4]. Dit effect zal in de toekomst nog sterker worden. De temperatuurstijging van de lucht en de instraling van de zon beïnvloeden de temperatuur van het oppervlaktewater in Nederland. Voor wateren die al lange tijd gemonitord worden is deze stijging al zichtbaar. In de Rijn en de Maas is bijvoorbeeld de watertemperatuur de afgelopen 100 jaar gestegen met bijna 3 graden Celsius, hoewel een deel van deze stijging ook verklaard wordt door lozingen van koelwater [5] (zie afbeelding 1). Voor de kleinere wateren zijn vaak geen monitoringsgegevens over de lange termijn beschikbaar, waardoor deze opwarming minder goed in beeld is. In beken in Twente en op de Veluwe is een opwarming van 3 graden aangetoond sinds 1970 [5],[6].

Gemiddelde watertemperatuur

Rijn bij Lobith



Maas bij Eijsden en Borgharen



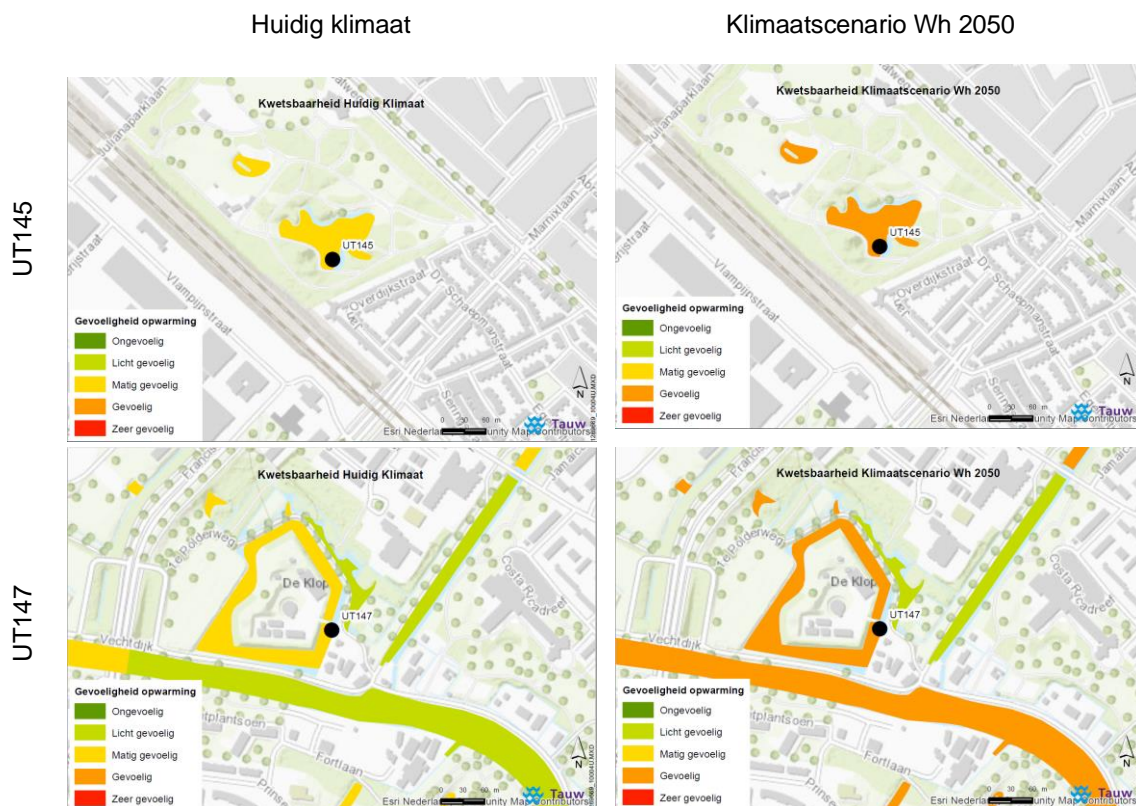
- Jaargemiddelde
- Geschatte trend
- Onzekerheid trend

Afbeelding 1. Verloop van de watertemperatuur in de Rijn en de Maas sinds begin twintigste eeuw [5]

In 2017 is de Klimateffectatlas geactualiseerd. Tauw heeft samen met Wageningen Environmental Research een kaart ontwikkeld die de kwetsbaarheid van oppervlaktewater voor temperatuurstijging toont. Deze is openbaar toegankelijk via de website www.klimateffectatlas.nl. Deze kaart toont de gevoeligheid van oppervlaktewater in Nederland voor opwarming in het huidige klimaat en het klimaatscenario Wh in 2050. De gevoeligheid voor opwarming berekent het model op basis van de

waterdiepte, skyviewfactor (de hoeveelheid zonnestraling die op een punt binnen valt samen met de kwaliteit van die straling (verhouding 'direct' en 'diffuus')), de aanwezigheid van kwel en of het water wel of geen beek is. Met dit model kan een eerste inschatting worden gemaakt van de kwetsbaarheid voor opwarming.

Voor twee stadswateren in Utrecht is de gevoeligheid voor opwarming hieronder weergegeven. Het algemene beeld is dat de gevoeligheid voor temperatuurstijging in Utrecht toeneemt.



Afbeelding 2. Berekende gevoeligheid van twee Utrechtse stadswateren bij het huidige klimaat en het klimaatsscenario Wh2050

Monitoring waterkwaliteit regio Utrecht

In de regio Utrecht heeft een samenwerkverband op het gebied van stedelijk water en riolering tussen Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) en veertien gemeenten, genaamd Winnet, doelen opgesteld voor de waterkwaliteit. Hieraan is invulling gegeven door het ontwikkelen van een set streefbeelden voor oppervlaktewateren (zie tabel 1). In Winnet-verband is de langetermijnambitie uitgesproken dat het stedelijk water binnen het Winner-gebied in 2027 minimaal aan het streefbeeld 'Zichtbaar' voldoet. In tabel 1 zijn de streefbeelden weergegeven.

Tabel 1. Criteria voor de Winnet-streefbeelden

Criterion / Streefbeeld	Laag	Zichtbaar	Levendig	Natuurlijk
Bedekkingspercentage algen en/of kroos	> 25 %	< 25 %	< 10 %	< 5 %
Doorzicht	< 20 cm	> 20 cm	> 60 cm	> 60 cm
Aantal soorten ondergedoken of drijfbladplanten	0	1 t/m 3	4 t/m 5	6 en meer
Zwerfvuil	Er ligt veel zwerfvuil in het water > 10 stuks per 100 m ²	Er ligt weinig zwerfvuil in het water < 10 stuks per 100 m ²	Er ligt weinig zwerfvuil in het water < 10 stuks per 100 m ²	Er ligt weinig zwerfvuil in het water < 10 stuks per 100 m ²

Alle criteria van de Winnet-streefbeelden zijn systeemvariabelen. Dat wil zeggen dat deze variabelen indiceren hoe het systeem functioneert. Per monsterpunt kan worden aangegeven op welk Winnet-niveau het betreffende criterium zich bevindt. In de zomer 2015 en 2018 heeft Tauw de stadswateren van de Winnet-gemeenten gemonitord met behulp van een zogeheten Ecoscan, een soort quickscan van de ecologische waterkwaliteit. Hierbij zijn onder meer de bovenstaande criteria in beeld gebracht en is getoetst welk niveau aanwezig is.

Analyse van het weer in 2015 en 2018

In 2015 en 2018 is de Winnet-score in Utrecht en omliggende gemeentes bepaald met een Ecoscan. In tabel 3 zijn weergegevens van het KNMI voor de zomers van 2015 en 2018 vergeleken met de langjarige gemiddeldes. 2015 kwam qua temperatuur en neerslag vrijwel overeen met het langjarig gemiddelde, terwijl 2018 een extreem warm en droog jaar was met een gemiddelde temperatuur van 1,9°C hoger dan gemiddeld en bijna de helft van de neerslag. De klimaatprognose WH (uitgaande van sterke temperatuurstijging en hoge waardeverandering luchtstromen) zoals opgesteld door het KNMI prognosticeert een gemiddelde zomertemperatuur van 20,5°C en een gemiddelde hoeveelheid neerslag in de zomer van 170 mm. Het weersbeeld van 2018 komt dus aardig overeen met de voorspellingen voor 2050, hoewel 2018 zelfs ten opzichte van de voorspelling van 2050 extreem droog was.

Tabel 2. Weerkenmerken van 2015, 2018, langjarig gemiddelde en Klimaatscenario WH 2050 [7], [8], [9]

	2015	2018	Langjarig gemiddelde (1981-2010)	Klimaat-scenario WH in 2050
Gemiddelde temperatuur zomer	17,5 °C	18,9 °C (juli: 20,7°C)	17,0 °C	Ca. 20,5°C
Aantal warme dagen (>20°C)	62	76	60	Ca. 110
Aantal tropische dagen (>30°C)	5	8	4	9-15
Gemiddelde neerslag	255 mm	105 mm	225 mm	Ca. 170 mm

Analyse biotische gegevens Ecoscans 2015 en 2018

Per vegetatielaag (ondergedoken- en drijfbladvegetatie, kroos en flab) zijn het aantal soorten en de bedekking van 2015 vergeleken met 2018 (voor alle deelnemende gemeenten), waarbij 2018 als klimaatscenario voor 2050 is genomen [10]. Deze gegevens, een set van ruim 300 meetlocaties in de gemeente Utrecht én omliggende gemeentes, zijn statistisch getoetst (Wilcoxon signed rank test) en weergegeven in tabel 2. Omdat de bedekkingen en aantallen soorten zijn opgenomen in klassen (bijvoorbeeld 0, 0 – 5% ,5 – 10%, of 0 tot 1 soort, 0 tot 2 soorten etc.), zijn de meeste effecten uitgedrukt in verschuivingen in klassen. De volgende effecten zijn waargenomen:

Totale bedekking: de totaalbedekking was in 2018 significant hoger dan in 2015 ($p < 0,001$). In 2015 was de gemiddelde bedekking 30-40% en in 2018 40-50%.

Kroos: De kroosbedekking was in 2015 in de helft van de wateren 0 tot 5%, in 2018 was dit 0 tot 10 procent. Het verschil is echter niet significant.

Flab (floating algae beds, drijvende algen): de bedekking met flab was in 2018 significant hoger ($p < 0,001$). In 2015 was de bedekking in de helft van de wateren 0%; in 2018 was deze 5%.

Drijfbladplanten: De bedekking ($p < 0,01$) én soortenrijkdom ($p < 0,05$) was in 2018 significant hoger dan in 2015. In 2015 was de bedekking in de helft van de wateren 0 tot 10%, in 2018 was dit 0 tot 25%. In 2015 werd in de helft van de wateren 0 tot 1 soort waargenomen en in 2018 was dit 0 tot 2 soorten.

Ondergedoken planten: De bedekking bleef gelijk, maar het aantal soorten was in 2018 significant lager ($p < 0,001$). In 2015 werd in de helft van de wateren 0 tot 2 soorten waargenomen en in 2018 0 tot 1 soort.

Tabel 3. Gemiddelde bedekking en aantal soorten per vegetatielaag. De p is berekend met de Wilcoxon signed rank test

	Gemiddelde 2015	Gemiddelde 2018	P (Wilcoxon signed rank test)
Bedekkingen:			
Totaal	30-40%	40-50%	<0,001
Kroos	0-5%	0-5%	n.s.
Flab	0%	0-5%	<0,001
Drijfbladplanten	0-10% Opm.: 75% van de waarnemingen tussen 0-30%	0-10% Opm.: 75% van de waarnemingen tussen 0-10%	<0.001
Ondergedoken planten	5-10%	5-10%	n.s.
Aantal soorten:			
Drijfbladplanten	0,86	1,0	<0.05
Ondergedoken planten	1,18	0,78	<0,001

Conclusie en discussie

In 2018 waren de bedekking en het aantal soorten drijfbladplanten significant hoger dan in 2015. Het achterliggende mechanisme is naar verwachting dat drijvende waterplanten bij een lager doorzicht een competitief voordeel hebben ten opzichte van ondergedoken waterplanten (zie ook [11]).

In 2018 was het aantal soorten ondergedoken waterplanten significant lager dan in 2015. Dit verschil is mogelijk een gevolg van toenemende eutrofiëring. Hogere watertemperaturen hebben indirect (door bijvoorbeeld minder zuurstof) een invloed op chemische processen en direct een invloed op afbraaksnelheden van organisch materiaal. Beide leiden tot toename van de eutrofiëring [1]. Hierbij worden enkele eutrafente (aangepast aan een eutroof milieu) soorten (woekerplanten), zoals Grof hoornblad en Smalle waterpest dominant. Verwacht was ook dat de bedekking met ondergedoken waterplanten, door de toegenomen concurrentie van drijfbladplanten en flab, af zou nemen. Dit is niet aangetoond.

In 2018 was de bedekking met flab significant hoger dan in 2015. Flab gedraagt zich in kleine wateren als een verstorings- en eutrofiëringsindicator. Bij een geringer doorzicht en sterkere temperatuurschommelingen zal flab een competitief voordeel hebben ten opzichte van ondergedoken waterplanten. Ook zal flab zich na een milde winter en in een relatief warm voorjaar vroeger in het jaar kunnen ontwikkelen. Flab vormt dan velden die vaak liggen op ondergedoken waterplanten.



Afbeelding 3. Sloot met flab en riet

Er is geen toename van de kroosbedekking geconstateerd. Dit was vooraf wel verwacht. Peeters et al. [12] geven aan dat een verhoging van de gemiddelde luchttemperatuur in de periode november-maart met 1 °C er al toe leidt dat het kroosdek zo'n 14 dagen eerder opkomt. En dat geeft kroos een voordeel ten opzichte van ondergedoken planten. De eerste wintermaanden van 2017-2018 waren zacht, maar februari was 2,6 °C kouder en maart 1,5 °C kouder dan normaal. Mogelijk is de kroosgroei in 2018 hierdoor geremd. Door klimaatverandering zullen kroosproblemen in kleine wateren echter toenemen [12].

Bovenstaande effecten geven een eerste indicatie dat klimaatverandering (en met name hogere temperaturen in de zomer) kan leiden tot veranderingen in het aquatische ecosysteem. Deze veranderingen lijken op de effecten van eutrofiëring en zijn daarmee tevens mogelijk te verklaren. Daarnaast spelen in stedelijk gebied nog veel meer factoren die de verschillen kunnen verklaren, zoals invasieve exotische soorten, verandering van de hydrologie, intensiever recreatief gebruik en microverontreinigingen [13]. In een klein deel van de regio Utrecht wijzigt in extreem warme en droge zomers de wateraanvoer: vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal wordt water door de Leidsche Rijn naar het westen gepompt. Het overgrote deel van de stadswateren betreft echter haarvaten van het systeem, die in beperkte mate door wateraanvoer worden beïnvloed.

Eventuele toenames van het voorkomen en de abundantie van exoten zijn in deze studie niet onderzocht. Mogelijk krijgen exoten als Grote waternavel en Ongelijkbladig vederkruid bij klimaatverandering een concurrentievoordeel.

De verschillen tussen de Ecoscans van 2015 en 2018, uitgevoerd met een dataset van meer dan 300 locaties, geven een indicatie hoe klimaatverandering, en met name hogere zomertemperaturen, gevolgen heeft voor de aquatische ecosystemen in de stad. Uiteraard zullen de daadwerkelijke effecten per type watersysteem verschillen. Grachtensystemen die continu worden doorgespoeld zullen andere effecten laten zien dan slootssystemen met beperkte wateraanvoer. Verder kunnen de verschillen per individueel water niet alleen worden gekoppeld aan verschil in temperatuur tussen de twee jaren. Als gevolg van verschillen in bijvoorbeeld onderhoudstoestand (baggeraanwas), de inrichting of de directe omgeving (denk aan afkoppelen verharde oppervlakken) zal de chemische toestand van het ene water erop vooruitgaan en dat van de andere erop achteruit. De Ecoscans

hebben hiervoor een signaalfunctie. Voor de set van meer dan 300 wateren als geheel lijkt de invloed van temperatuurverhoging door klimaatverandering substantieel.

Voor de stadswateren in de Winnet-regio betekenen de uitkomsten dat de opgave, om in 2027 minimaal aan het streefbeeld 'Zichtbaar' te voldoen, zwaarder wordt. Bronmaatregelen en inrichtings- en beheermaatregelen zijn nodig om de streefbeelden in 2027 te halen en de wateren daarmee klimaatrobuust te maken. Gezonde en verkoelende wateren zijn in de toekomst immers hard nodig, alleen al omdat tijdens warme dagen veel mensen in en langs het water verkoeling zoeken.

Referenties

1. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (2011). *Een frisse blik op warmer water*. STOWA-rapportnr. 2011-20.
2. Paerl, H. en T. Otten, T. (2013). 'Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls'. *Microbial ecology*, DOI 10.1007/s00248-012-0159-y
3. Gallana, M., Ryser-Degiorgis, M.P., Wahli, T., Segner, H. (2013). 'Climate change and infectious diseases of wildlife: Altered interaction between pathogens, vectors and hosts'. *Current Zoology*, 59(3): 427 – 437
4. Zeegers, E. (2018). *Ons klimaat verandert*. <https://www.erikzeegers.nl/regio-utrecht/klimaatverandering/>
5. WUR, CBS en PBL (2017). *Compendium voor de leefomgeving*. www.clo.nl.
6. Browne, G. en De Kwaadsteniet, P.I.M. (2015). *Zicht op schaduw en beekherstel; Een onderzoek naar de effecten van beekbeschaduw op de watertemperatuur*. In opdracht van waterschap Vallei en Veluwe en waterschap Vechtstromen.
7. KNMI (2018). <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2018/zomer,geraadpleegd5januari2019>.
8. KNMI. (2019). Maand- en jaarwaarden. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maandgegevens,geraadpleegd14februari2019>.
9. KNMI. (2015). *KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland*.
10. Gerritsma, A. (2019). *Effect of climate change on the ecological water quality*. MSc Internship Forest and Nature Conservation (PEN-70424) Tauw, WUR
11. Scheffer, M. (2004). *Ecology of Shallow Lakes*. Dordrecht/Boston/London, Nederland/USA/UK: Kluwer Academic Publishers.
12. Peeters, E.T.H.M. et al. (2013). 'Changing weather conditions and floating plants in temperate drainage ditches'. *Journal of Applied Ecology* 50: 585-593. doi: 10.1111/1365-2664.12066
13. Teurlincx, S. et al. (2019). 'Towards restoring urban water: understanding the main pressures'. *Current opinion in Environmental Sustainability* 2019, 36:49-58.