



Anna Besse-Lototskaya, Alterra
Piet Verdonschot, Alterra

Hoe kwetsbaar zijn onze waterecosystemen voor klimaatverandering?

Inmiddels bestaat consensus over de te verwachten veranderingen in het klimaat in het noordwesten van Europa. Met hogere temperaturen, nattere winters en drogere zomers met incidentele extreme neerslagperiodes is de doorwerking van klimaatverandering op processen in oppervlaktewateren beoordeeld. Deze beoordeling is vertaald in effecten door de gevoeligheid en natuurlijkheid per watertype te bepalen. Deze aanpak leidde tot inzicht in de kwetsbaarheid van watertypen voor klimaatverandering. Deze kwetsbaarheid is vervolgens in opdracht van het ministerie van LNV op ruimtelijke schaal uitgewerkt voor heel Nederland. Adaptatiemaatregelen moeten de weerstand en veerkracht van wateren vergroten en zodoende klimaatverandering mitigeren.

Er bestaat geen twijfel meer over dat klimaatverandering belangrijke gevolgen zal hebben voor de Nederlandse oppervlaktewateren. De uitdagingen zijn nu de goede ecologische toestand en de natuurkwaliteit weerbaar genoeg te maken om klimaatverandering aan te kunnen én bij het plannen, formuleren van doelen en uitvoeren van maatregelen en herinrichten voldoende rekening te houden met toekomstige klimaatverandering. We weten niet of onder invloed van een warmer en grilliger klimaat de huidige ecologische water- en natuurdoelen allemaal haalbaar blijven of wat we er aan kunnen doen om die haalbaarheid te verzekeren. Mede vanuit nationale en internationale verplichtingen is deze onzekerheid niet wenselijk. Deze leemte aan kennis zet het ecologisch water- en het natuurbeleid onder druk, omdat onbekend is of de doelen wel duurzaam, betaalbaar en legitiem zijn.

Klimaatgevoelige processen

De KNMI-klimaatscenario's uit 2006 laten de volgende effecten van klimaatveranderingen zien: een stijging van de watertemperatuur met circa twee graden, een stijging van de intensiteit en de gemiddelde neerslag in de winter, een toename in frequentie en duur van perioden van droogte in de zomer, een toename in het optreden van kortdurende, extreme neerslag in de zomer én een toename in de windsnelheid.

De gevolgen van deze klimaatveranderingen beïnvloeden de waterecosystemen in Nederland^{1),2),3)}. De belangrijkste wijzigende processen betreffen:

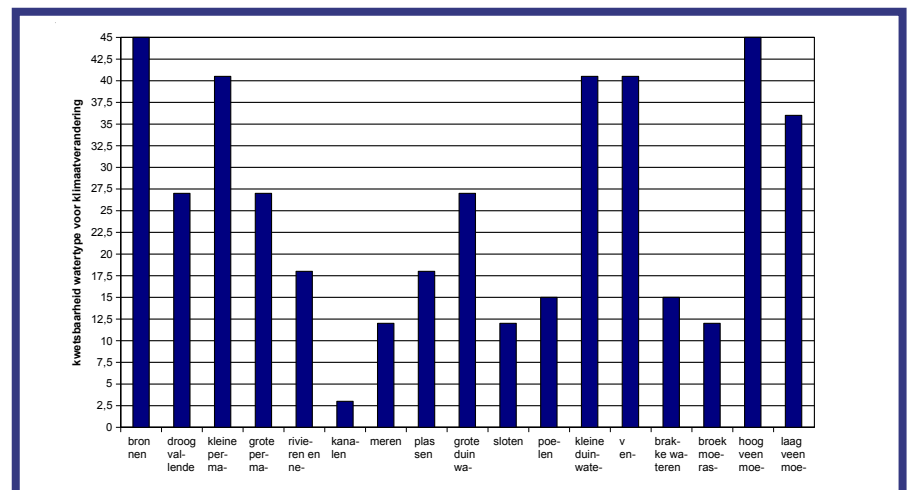
- een toename in voedselrijkdom door versnelde mineralisatie, veroorzaakt door hogere temperaturen, eventueel in combinatie met versterkte peilwisseling;
- een versterkte afspoeling en uitspoeling van nutriënten, organisch materiaal en sediment, veroorzaakt door meer en soms extremere neerslag;
- een versterkte wisseling in erosie en sedimentatie in oeverzones van meren

en profielen van beken, veroorzaakt door een vergrote windwerking respectievelijk afvoerdynamiek;

- een toename in verdroging en plaatselijk verzilting die leidt tot sterfte van planten en dieren, veroorzaakt door warmere, drogere zomers;
- een toename van de inlaat van gebiedsvreemd water om verdroging en verzilting tegen te gaan met effecten op waterkwaliteit en stroming.

Bovenstaande betekent dat de waterdynamiek toeneemt door extremen in

Afb. 1: Kwetsbaarheid van Nederlandse oppervlaktewatertypen voor klimaatverandering.



De succesvolle vestiging van nieuwe soorten (exoten) in waterecosystemen is afhankelijk van de weerstand en veerkracht van het ecosysteem. De vestigingskans voor exoten is groter in verstoorde habitats. In dergelijke habitats staan inheemse populaties vaak onder druk door bijvoorbeeld vervuiling of overbeving. Hierdoor kunnen niches en leefruimte beschikbaar komen voor exoten. Als alle niches bezet zijn (situatie in een natuurlijk ecosysteem), dan heeft een dergelijk systeem meer weerstand en veerkracht tegen de komst van nieuwe soorten. Als een exoot geen plaag vormt en op een natuurlijke manier in een ecosysteem past, dan draagt deze soort bij aan de vergroting van biodiversiteit. Voorbeelden van deze uitheemse, niet-invasieve soorten zijn de vlokreeft in beken *Gammarus roeseli* en de vlokreeft in meren en kanalen *Gammarus tigrinus*.

Exoten die talrijk worden, kunnen ook positieve gevolgen hebben. Zo heeft in de 19e eeuw de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) Nederland bereikt via verbindingskanalen uit het zuidoosten van Rusland. Ondanks het hoge aantal levert de driehoeksmossel een positieve bijdrage aan het ecosysteem door het filteren van algen uit het water en het scheppen van een habitat voor macrofauna.

Exoten kunnen echter ook negatieve effecten hebben op het waterecosysteem. Deze exoten kunnen door concurrentie, predatie, parasieten, ziekten, e.d. leiden tot de achteruitgang van inheemse soorten of voorkomen dat herstelmaatregelen leiden tot herstel van populaties van karakteristieke soorten.

Er zijn twee belangrijke functionele groepen van negatieve invasieve soorten: *ecosystem engineers* en toppredatoren. *Ecosystem engineers* zijn organismen die het functioneren van het systeem doen veranderen. Een voorbeeld hiervan in aquatische ecosystemen is de Kaspische slijkgarnaal (*Corophium curvispinum*), een garnalensoort die zich sinds 1978 succesvol heeft weten te integreren in de Nederlandse grote rivieren. Toppredatoren zijn organismen die na een succesvolle vestiging en verspreiding in een hoog tempo op andere organismen (groepen) kunnen prederen. Sommige rivierkreeften die in Nederland geïntroduceerd zijn, behoren tot de toppredatoren.

Daarnaast dragen sommige exoten ziektes over. Als gevolg van het warmere en grilligere klimaat wordt een aantal nieuwe steekmugsoorten in Nederland verwacht: de boomholtsteekmuggen *Aedes aegypti*, *A. japonicus* en *A. albopictus* (tigermug) die voor dergelijke ziekteverspreiding verantwoordelijk zijn.

lopen. Bij de stilstaande wateren betreft het voedselarme of matig voedselrijke, kleine wateren, zoals kleine duinwateren, vennen en oligo- tot mesotrofe poelen. Maar ook de zeer uitgebalanceerde aquatische ecosystemen die onderdeel zijn van hoogvenen, laagveenmoerassen en natte heides, behoren tot de meest kwetsbare. De verschillende watertypen zijn niet overal en in gelijke oppervlakken aanwezig. Daarom is geschat welk aandeel ieder watertype inneemt per subfysisch-geografische regio. Met deze aandelen is de kwetsbaarheid van de Nederlandse waterecosystemen ruimtelijk op kaart weergegeven (zie afbeelding 2).

Adaptatie en mitigerende maatregelen

Een goede ecologische kwaliteit van het water is van groot belang, omdat een natuurlijker waterecosysteem een grotere weerstand en veerkracht heeft ten opzichte van een verstoord waterecosysteem (zie kader). Klimaatverandering vraagt om weerbare en veerkrachtige waterecosystemen. Dergelijke waterecosystemen zijn in staat om verstoringen op te vangen, zonder dat ze zich ontwikkelen naar een toestand die niet meer te vergelijken is met de oorspronkelijke. De belangrijkste mitigatie van de negatieve gevolgen van door klimaatverandering veroorzaakte grotere waterdynamiek en verdroging (nattere winters, drogere zomers en extreme neerslag), zijn waterberging en waterretentie. Het zijn beide adaptatiemaatregelen die de veerkracht van het ecosysteem versterken. Om de negatieve gevolgen van klimaatverandering verder te mitigeren, is ook intensiever waterbeheer nodig. Zo kan de toename in voedselrijkdom door versnelde mineralisatie als gevolg van klimaatgerelateerde temperatuur-

neerslag, afvoer en peilen. Tezamen met verdroging, eutrofiëring en verzilting leidt klimaatverandering tot verlies aan biodiversiteit door het verdrogen van wateren, het optreden van algenbloeiën, het uit de pas gaan lopen van biologische cycli, het optreden van meer ziekten, het verschijnen van exoten (zie kader) en het verdwijnen van koud water minnende soorten.

Kwetsbaarheid

De kennis van de voor klimaatverandering gevoelige ecologische processen en de hierdoor te verwachten veranderingen is toegepast op de waterecosystemen in Nederland. Hierbij is de gevoeligheid voor klimaatveranderingen per watertype op basis van expert kennis afgeleid (zie de tabel), waarbij de relevantie van processen per watertype is gewogen.

De gevoeligheid van een water voor klimaatverandering beschrijft de mate waarin klimaatgestuurde veranderingen doorwerken in het waterecosysteem en tot effecten leiden. Minder natuurlijke wateren echter reageren anders dan natuurlijke wateren op klimaatverandering. Dit is een gevolg van de weerstand en veerkracht van natuurlijke waterecosystemen⁴⁾. Daarbij zijn kunstmatige of maakbare wateren, zoals de term al zegt, maakbaar en dus gemakkelijker door het beheer te sturen. Maakbare wateren zijn daarmee ook minder gevoelig voor klimaatverandering. De natuurlijkheid/maakbaarheid is daarom eveneens op basis van kennis van deskundigen op dit gebied bepaald. De kwetsbaarheid van een watertype is bepaald door het gewogen

product van de score voor gevoeligheid en natuurlijkheid (zie afbeelding 1).

In het algemeen zijn kleine, stromende waterecosystemen het meest kwetsbaar, vooral wanneer ze ook temperatuurgevoelig zijn, zoals bronnen en beekboven-

Gevoeligheid en natuurlijkheid van Nederlandse oppervlaktewateren voor klimaatverandering. De mate van gevoeligheid is uitgedrukt in scores van 1 (weinig effect) tot 5 (groot effect) en de natuurlijkheid in scores van 1 (niet-natuurlijk) tot 3 (natuurlijk).

watertype	score gevoeligheid	score natuurlijkheid
bronnen	5	3
kleine permanente stromende	4-5	3
droogvallende stromende	3	3
grote permanente stromende	3	3
rivieren en nevengeulen	2	3
poelen	5	1
hoogveenmoerassen	5	3
laagveenmoerassen	4	3
kleine duinwateren	4-5	3
vennen	4-5	3
sloten	3-5	1
plassen	3	2
grote duinwateren	3	3
brakke wateren	2-3	2
meren	2	2
broekmoerassen (incl. uiterwaarden)	2	2
kanalen	1	1

stijging in waterecosystemen deels worden opgevangen door vaker te maaien en te baggeren en het maaisel en de bagger af te voeren. Een meer duurzame oplossing ligt in het bestrijden van de bronnen van nutriënten in water en lucht.

Adaptatiemaatregelen die de veerkracht van waterecosystemen versterken, moeten worden genomen op de schaal van het (deel) stroomgebied (bij voorkeur bovenstrooms) of de waterbeheereenheid. Pas dan zijn deze maatregelen effectiever en zeker. Als ze dan ook nog integraal worden uitgevoerd, betekent dit voor bijvoorbeeld stromende wateren dat een beekdalbrede benadering in combinatie met de stroomgebiedbenadering, een win-winsituatie oplevert. De beekdalbrede inrichting verhoogt de weerstand, veerkracht en klimaatbestendigheid van het gebied. Dat komt door een verandering van het beekprofiel van 'diep en smal' naar 'ondiep en breed' en de grotere ruimte voor inundatie (het tijdelijk onder water staan van een gebied na overmatige regen), dus meer bergend vermogen. Bij extreme neerslag treden daardoor minder snel piekafvoeren op. Tegelijkertijd biedt het bredere gebied betere en gevarieerdere leefomstandigheden voor plant- en diersoorten. Deze variatie zorgt er ook voor dat bij verstoring (bijvoorbeeld een piekafvoer door extreme regenval) grote weerstand en veerkracht aanwezig zijn. Op grotere schaal worden eveneens zowel ruimtelijke heterogeniteit van als connectiviteit tussen wateren vergroot⁵⁾.

Conclusies

Verslechtering van de waterkwantiteit en -kwaliteit is het belangrijkste gevolg van klimaatverandering voor de Nederlandse natuur. Dit geldt zowel voor waterecosystemen maar ook voor wetlands en terrestrische ecosystemen. Een integrale aanpak van de combinatie van aquatische en terrestrische systemen, op grotere ruimtelijke schaal, zal voor beide systemen grotere winst opleveren. Voor oppervlaktewateren mitigeren waterberging stimulerende en eutrofiëring bestrijdende maatregelen de klimaatverandering.

LITERATUUR

- 1) Besse-Lototskaya A., R. Verdonschot, P. Verdonschot en J. Klostermann (2007). Doorwerking klimaatverandering in KRW-keuzen: casus beken en beekdalen. Literatuurstudie. Alterra. Rapport 1536.
- 2) Mooij W., L. Hülsmann, B. de Senerpont Domis, P. Nolet, P. Bodelier, L. Boers, H. Dionisio Pires, B. Gons, R. Ibelings, R. Noordhuis, R. Portielje, K. Wolfstein en E. Lammens (2005). The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquatic Ecology* 39, pag. 381-400.
- 3) Verdonschot R., H. de Lange, P. Verdonschot en A. Besse-Lototskaya (2007). Klimaatverandering en aquatische biodiversiteit: literatuurstudie naar temperatuur. Alterra. Rapport 1451.
- 4) Kramer K. en I. Geijzendorffer (2009). Ecologische veerkracht. Concept voor natuurbeheer en natuurbeleid. KNNV-uitgeverij.
- 5) Verdonschot P. (2010). Het brede beekdal als klimaatbestendige buffer in de veranderende leefomgeving: Flexibele toepassing van het 5B-concept in Peel en Maasvallei. Alterra.

Mitigerende maatregelen

Adaptatie aan klimaatverandering is het proces waardoor de samenleving de kwetsbaarheid voor klimaatverandering vermindert of waardoor zij profiteert van de mogelijkheden die een veranderend klimaat biedt. Mitigatie is de term die wordt gebruikt in het klimaatbeleid voor maatregelen die een vermindering van de emissies van de broeikasgassen beogen. Adaptatiemaatregelen om negatieve effecten van klimaatverandering op te vangen, zullen zich moeten richten op het neutraliseren van de belangrijkste gevolgen van klimaatverandering, vooral de stijging van de temperatuur, de hogere piekafvoeren en peilwisselingen en droogte.

Temperatuurstijging

De enige manier om de directe effecten van de temperatuurstijging te mitigeren, is om bomen langs de oever aan te planten die voor schaduw zorgen. Deze maatregel kan alleen voor kleine stromende wateren effectief zijn;

Piekafvoeren

In stromende wateren kan de dynamiek worden gebufferd door in het gebied

regenwater vast te houden. Een andere optie is om inundatie van het beek- of rivierdal toe te staan;

Droogte of stagnatie

Om tekorten aan neerslag te mitigeren, moet de waterretentie in het stroomgebied zo hoog mogelijk zijn. Voor wateren die kunstmatig beheerd worden, kan aan het verhogen van peilen in de haarvaten gedacht worden. Ook maatregelen met betrekking tot de grondwaterstand (aanvullen van grondwater bijvoorbeeld) in combinatie met waterberging zijn gunstig voor de mitigatie van klimaatverandering;

Peilwisseling

De negatieve effecten van peilwisseling kunnen worden gecompenseerd door grotere oeverzones met flauwe taluds aan te leggen. Het toepassen van natuurlijk peilbeheer (zoals het toestaan van natuurlijke peilwisselingen) is ook een mitigerende maatregel;

Eutrofiëring/toxische stoffen

De bestrijding van eutrofiëring en/of toxische stoffen is de enige optie om de toename in eutrofiëring en toxische stoffen te voorkomen.

Afb. 2: Kwetsbaarheid van waterecosystemen voor klimaatverandering.

