



Ecologische effecten koudwaterlozingen

Deze deltafact geeft een overzicht van de beschikbare kennis van effecten van het verlagen van de watertemperatuur op de ecologische toestand van oppervlaktewater.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE MEERLAAGSVEILIGHEID
4. SCHEMATISCHE WEERGAVE
5. TECHNISCHE KENMERKEN
6. GOVERNANCE
7. KOSTEN & BATEN
8. PRAKTIJKERVERING EN LOPEND ONDERZOEK
9. KENNISLEEMTES
10. BRONNEN & LINKS
11. DISCLAIMER

1. Inleiding

Bedrijven gaan in de toekomst mogelijk meer inzetten op het onttrekken van warmte aan oppervlaktewater als thermische energiebron. Dit gaat gepaard met het 'terugleveren' van koude aan het oppervlaktewater. Daardoor verandert de kwaliteit van het water, in casu de watertemperatuur. Dit moet op een verantwoorde manier gebeuren om negatieve ecologische gevolgen te vermijden. Richtlijnen voor ecologische beoordeling zijn in Nederland niet beschikbaar maar er is wel behoefte aan zo'n afwegingskader.

Deze deltafact geeft een overzicht van de beschikbare kennis van effecten van het verlagen van de watertemperatuur op de ecologische toestand van oppervlaktewater. De deltafact beperkt zich tot zoet, ondiep (niet gestratificeerd)

veelal vrijwel stilstaand water in bebouwde omgeving zoals kanalen, sloten, vijvers en kleine meren.

2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts.

Er zijn geen bestaande deltafacts die direct gerelateerd zijn aan de deltafact koudwaterlozingen. De beschikbare deltafacts over "*klimaatverandering*" behandelen het effect op landbouw en het effect op terrestrische natuur maar niet het effect op oppervlaktewater.

De deltafact "*brakke kwel*" is indirect gerelateerd omdat kwel in de Nederlandse situatie 's zomers ook zorgt voor afkoeling van oppervlaktewater. Thermische effecten zijn echter geen onderwerp in die deltafact.

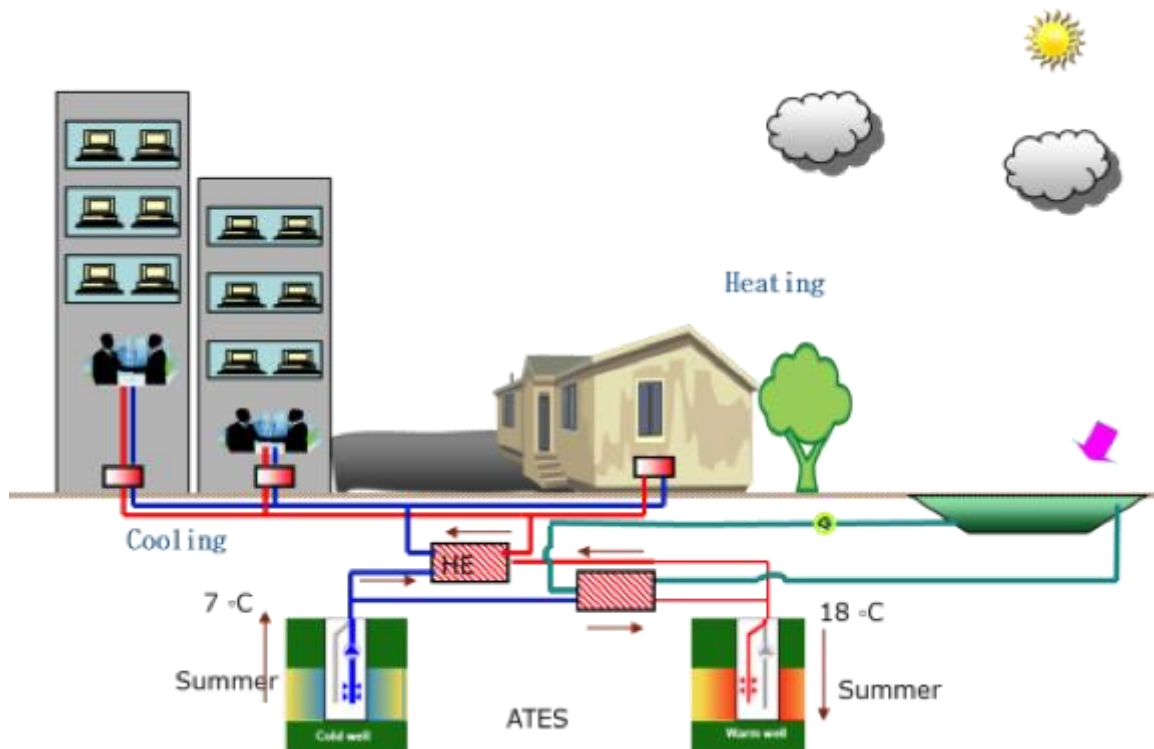
Levering van energie uit oppervlaktewater is te beschouwen als een ecosysteemdienst zoals genoemd in de deltafact "*blauwe diensten*".

3. Strategie

Gebruik van de hernieuwbare energie leidt tot reductie van CO₂ emissies. Deze deltafact gaat over warmte die in de zomer via een warmtewisselaar onttrokken wordt aan het oppervlaktewater. De warmte wordt ondergronds opgeslagen in de warme bron van een warmtekoude-opslagsysteem (WKO), zie Figuur 1.

Warmtewinning uit oppervlaktewater wordt ook wel aangeduid met de term thermische energie uit oppervlaktewater (TEO[1]) of soms als 'aquathermie'.

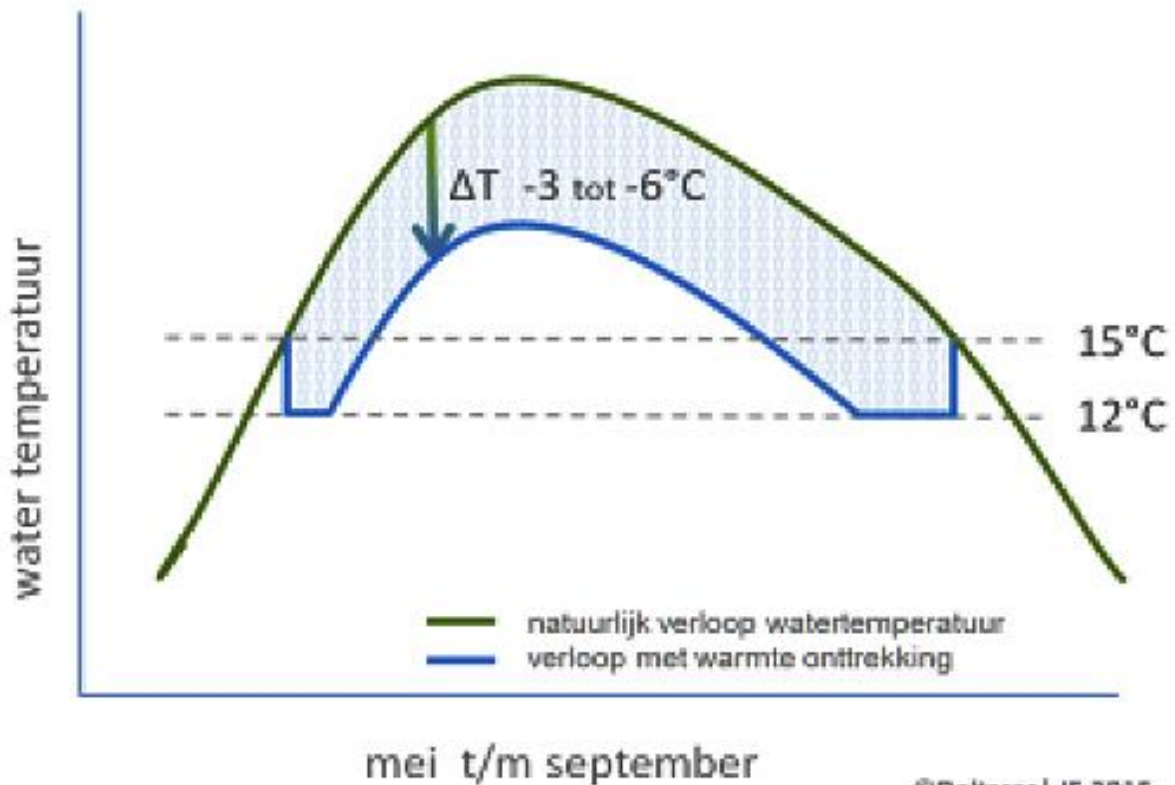
In figuur 1 is voor een ATEs (Aquifer Thermal Energy Storage) te zien hoe 's zomers koel water (7°C) uit de "koude" grondwater bron (links) naar de gebouwen wordt gepompt en het opgewarmde water via een warmtewisselaar naar de "warme" bron (18°C) gaat (rechts). 's Winters (niet weergegeven) vindt het omgekeerde plaats en worden gebouwen verwarmd vanuit de warme grondwater bron. Om de warmtebalans in de bodem op jaarbasis in evenwicht te houden is het nodig om 's zomers extra warmte aan de warme bron toe te voegen. Een deel daarvan komt uit afvoer van warmte uit woningen. Het andere benodigde deel wordt aan oppervlaktewater onttrokken (rechterdeel in figuur 1). De hoeveelheid water die daarvoor aan het oppervlaktewater moet worden onttrokken wordt elders met een lagere temperatuur weer terug geloosd. Warmte onttrekken is dus equivalent met lozen van koud(er) water. Warmtewinning vindt om economische redenen pas plaats



Figuur 1. Principe WKO voor verwarming en koeling van gebouwen. 's Zomers wordt extra warmte uit oppervlaktewater aan de bodem toegevoegd om daar de warmtebalans in evenwicht te houden.

als het oppervlaktewater warmer is dan ongeveer 15°C (hoe warmer, hoe gunstiger). Dit is echter geen harde grens. In de winter vindt geen warmtewinning plaats, in het voorjaar, de zomer en het najaar is de winning afhankelijk van het weer. Veelal wordt met een vaste afkoeling (ΔT) gewerkt die in praktijk varieert tussen 3 en 5 °C. De temperatuur van het geloosde water is dan gelijk aan de inname temperatuur ($>15^\circ\text{C}$) minus deze vaste temperatuurverlaging (ΔT). De hoeveelheid warmte die onttrokken wordt (of "koude" die geloosd wordt) is evenredig met het product van het debiet en ΔT . Halvering van het debiet in combinatie met een tweemaal hogere ΔT is energetisch gezien dezelfde koudelozing ('emissie').

Een typisch effect van koude lozen is dat gedurende de zomermaanden de watertemperatuur van het ontvangend oppervlaktewater verlaagd is ten opzichte van de natuurlijke situatie voor dat water, zie figuur 2. Hoeveel koeler het oppervlaktewater als gevolg van de koudelozing wordt hangt naast de omvang van die lozing ook af van de stroming en de grootte en diepte van het ontvangende water.



©Deltares| IF 2015

Figuur 2. Schematische weergave van de werking van TEO installatie gedurende een seizoen: de natuurlijke temperatuur van het ingenomen water in groen, de geloosde temperatuur in blauw. Te zien is dat deze (fictieve) installatie aanslaat vanaf 15°C en de ΔT maximaal -6°C is maar in voor- en najaar niet gerealiseerd wordt door een minimum temperatuur van de lozing van 12°C (bij inname van 15°C is ΔT dan -3°C).

Computersimulaties van de watertemperatuur zijn goed in staat om de ruimtelijke omvang van de invloedzone van de koudelozing (de 'immissie') te berekenen, in samenhang met effecten van het weer en daaraan gerelateerde processen op de temperatuur van het water. Omdat landelijke regelgeving of richtlijnen voor koudwaterlozingen ontbreken denken waterschappen of hoogheemraadschappen individueel na over het te voeren beleid rond koude lozingen. Handvaten voor de afweging van vermeende voordelen (verbetering waterkwaliteit) en mogelijke nadelen (verstoring ecologie) ontbreken daarbij. Hierdoor ondervinden sommige TEO projecten vertraging bij de realisatie. Het lijkt logisch om aan te sluiten bij de systematiek rond vergunningverlening van warmtelozingen en dat er naast een beoordeling van de 'end of pipe' (de emissie) temperatuur een beoordeling komt van de toegestane afkoeling (in graden en in volume of oppervlak) van het ontvangend oppervlaktewater (de immissie). TEO is doorgaans decentraal en vindt dicht bij afnemer plaats. In vergelijking met warmtelozingen uit conventionele E-centrales zijn energetische effecten relatief klein (eerder honderden meters dan vele kilometers). Daarnaast zijn lozingen van koud water principieel anders van aard

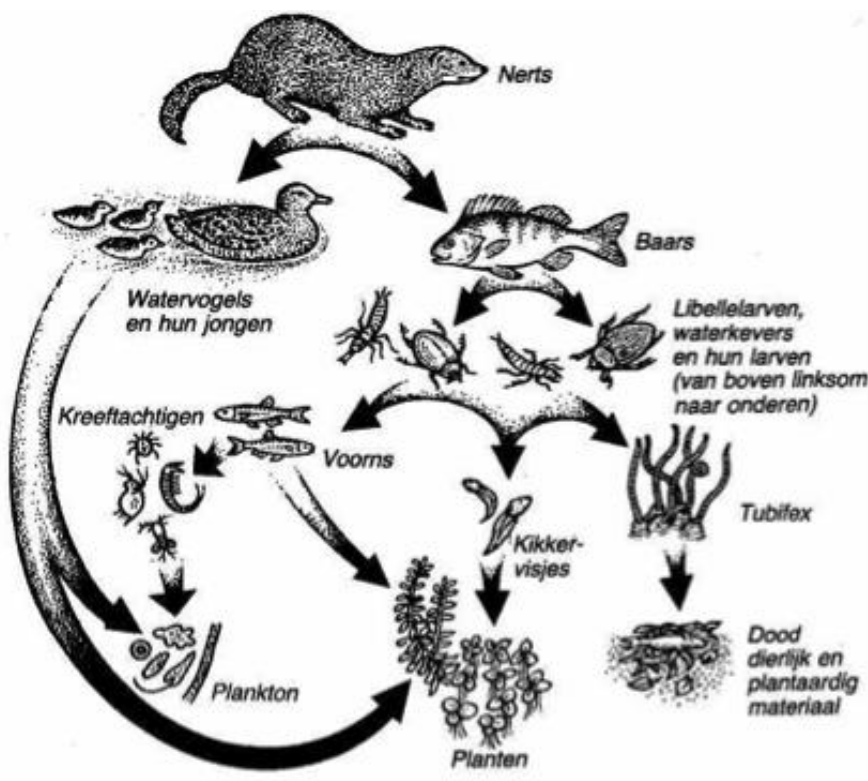
omdat de hoeveelheid te winnen warmte afhangt van de natuurlijke omstandigheden, vooral van het weer, en er niet in de winter wordt gewonnen. Er wordt in warmere zomers meer energie onttrokken dan in koelere zomers (omdat er meer dagen zijn waarin warm water beschikbaar is). Onttrekking van energie aan water verkleint dus de variatie in watertemperaturen tussen de jaren. Als gevolg van TEO zullen jaren met extreem hoge zomerwatertemperaturen minder vaak voorkomen.

[1] Als de term TEO ook gebruikt wordt voor koudewinning uit oppervlaktewater is dat feitelijk onjuist omdat er in dat geval warmte (energie) aan het water wordt toegevoegd, niet onttrokken. Koudewinning is equivalent met warmte lozen.

4. Schematische weergave

Figuur 3 geeft een beeld van het natuurlijk systeem waarvoor de effecten van koude lozingen beoordeeld moet worden.

- effecten temperatuur op fysisch-chemische processen: oplosbaarheid O₂, pH, effecten temperatuur op de ecologische relaties: primaire productie, effect algen (toename of juist afname plaagalgen?), macrofauna, waterplanten, vis.
- afhankelijk van ontvangend water, zijn er bepaalde doelsoorten die beschermd moeten worden?



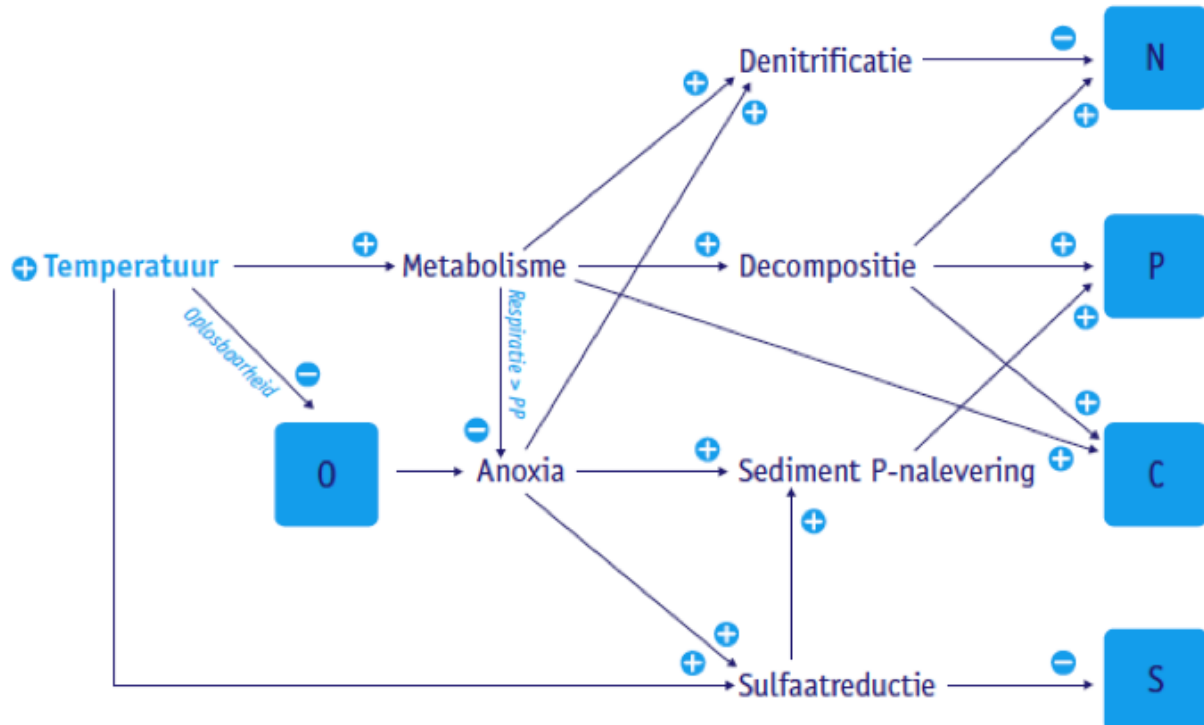
Figuur 3. Onderdelen van een voedselweb in ondiep zoet water.

5. Technische kenmerken

Bij het terugleveren van afgekoeld water zal de watertemperatuur dalen. Dit zal zowel de fysisch-chemische processen ("chemie") als de ecologische relaties ("ecologie") in het ontvangende water beïnvloeden.

Effecten van watertemperatuur op chemie, overgenomen uit Kosten, 2011a, zie figuur 4:

- Zuurstofconcentratie wordt sterk bepaald door watertemperatuur. Er kan meer zuurstof oplossen bij lagere temperatuur en het metabolisme van organismen neemt af bij lagere watertemperatuur (zowel zuurstof productie als consumptie nemen af). Het effect van temperatuur op de zuurstofconcentratie verloopt binnen enkele uren.
- Over het algemeen neemt de respiratie (consumptie) sterker af dan de productie. Samen met een verhoogde oplosbaarheid leidt dit ertoe dat de zuurstofconcentratie in het water stijgt.
- Bij een lagere watertemperatuur zijn er kleinere dag-nacht fluctuaties en een kleinere kans op zuurstofloosheid.
- Bij lagere watertemperatuur is er een lagere interne belasting (vrijkomen uit sediment) van fosfaat en stikstof, en lagere CO₂ concentratie in het water.



Figuur 4. Gesimplificeerd schema van een temperatuurstijging op de concentraties zuurstof (O), stikstof (N), fosfor (P), koolstof (C) en zwavel (S) in de waterkolom. PP verwijst naar primaire productie. Overgenomen uit Kosten, 2011a. Effecten van temperatuurdaling is hieraan omgekeerd evenredig

Effecten op ecologie:

Tabel 1 geeft een overzicht van de mogelijke effecten van een koudelozing op componenten van het aquatisch ecosysteem. Hiervoor is gebruik gemaakt van beschikbare reviews, gericht op het voor de Nederlandse situatie beschikbaar onderzoek naar effecten van een hogere temperatuur op zoetwater ecosystemen. In deze reviews zijn wetenschappelijke artikelen en grijze literatuur gebruikt. Dit zijn meestal studies naar effecten van koelwaterlozingen. Voor deze deltafact is de ondergrens van de optimale temperatuurrange van belang en zijn deze referenties zodoende toch bruikbaar. Op dit moment is nog geen literatuur beschikbaar die specifiek effecten van koudelozingen behandelt.

		Bron
Algen fotosynthese	Fotosyntheseactiviteit neemt af bij lagere T, voor de meeste soorten met een factor 2 bij een ΔT van 10 °C. Echter, in een natuurlijke situatie is de fotosynthese meestal onafhankelijk van de T, en zijn licht en nutriënten in het algemeen de limiterende factoren.	a
Algen groeisnelheid	De meeste soorten hebben een breed temperatuur bereik waarin ze kunnen groeien, 10 – 25 °C.	a
Algen biomassa	De graasdruk van zoöplankton op fytoplankton neemt af bij lagere T. T heeft hierdoor mogelijk per saldo geen effect op de fytoplankton biomassa.	
Algen soortensamenstelling en diversiteit	De soortensamenstelling kan beïnvloed worden door de watertemperatuur. Over het algemeen domineren blauwalgen bij hogere T (> 20 °C), gevolgd door groenalgen, en diatomeeën bij lagere T (< 14 °C). Dit hangt ook af van beschikbare nutriënten en licht. Uit onderzoek naar meren met warmtelozingen, bleek dat het meer met de hoogste T een stabiel aantal soorten had. Uit onderzoek in spaarbekkens en infiltratieplassen blijkt dat een hogere watertemperatuur leidt tot een groter aandeel Cyanobacteriën in ondiepe infiltratieplassen en diepere beluchte spaarbekkens (Biesbosch)	a, d
Waterplanten fotosynthese	Fotosyntheseactiviteit neemt voor de meeste soorten lineair af bij lagere T. Veel soorten kunnen zich aanpassen aan wisselende T.	a
Waterplanten groeisnelheid	T heeft een grote invloed op groei van waterplanten. Een ΔT van +3 °C heeft al grote positieve effecten op biomassa, bladlengte, en timing van ontwikkeling.	a
Waterplanten soortensamenstelling en diversiteit	De start van het groeiseizoen in het voorjaar wordt voor sommige soorten gestuurd door de watertemperatuur. Bijvoorbeeld: de wortelstokken van Schedefonteinkruid beginnen uit te lopen bij een watertemperatuur boven de 8 °C. Voor andere soorten is daglengte bepalend. Een verlaging in T kan voor de eerste groep een vertragend effect hebben op de start van het groeiseizoen. Er zijn ook soorten, zoals de Brede waterpest, die geen rustperiode nodig hebben. Het verschil in start van het groeiseizoen kan een effect hebben op de competitie tussen waterplanten. Echter, de temperatuurverlaging door TEO vindt plaats bij een watertemperatuur die al hoger is dan de drempelwaarde. De TEO heeft daarmee alleen effect op de groeisnelheid en niet op de start van het groeiseizoen. Als dit effect op groeisnelheid verschilt tussen soorten, zal dit een effect	a

	hebben op de competitie tussen waterplanten onderling én tussen waterplanten en algen. De grootte van dit effect kan verder onderzocht worden met behulp van modellering.	
Macrofauna groei en ontwikkeling	Fysiologische processen zijn afhankelijk van de temperatuur. In het algemeen is de groeisnelheid lager bij lagere T, wat leidt tot minder generaties per jaar. De meeste soorten kunnen zich aanpassen aan een andere T, de mate waarin verschilt per soort. Van alle omgevingsfactoren correleert watertemperatuur het beste met abundantie van macrofauna. De optimum T van veel macrofauna soorten ligt tussen 10 en 23 °C.	a, b
Macrofauna levenscyclus	Temperatuur heeft een effect op de levenscyclus van insecten. In het voorjaar komt T boven drempelwaarde (waarboven groei en ontwikkeling kan plaatsvinden. Binnen het groeiseizoen ligt een tweede drempelwaarde waarboven de ontwikkeling tot adult plaatsvindt. Bepaalde insecten overbruggen een periode met lage T door middel van een diapauze (periode van inactiviteit).	a
Macrofauna soortensamenstelling en diversiteit	Een hogere T heeft slechts beperkt effect op soortensamenstelling. Bij hogere T kan er een verandering in soortensamenstelling optreden naar soorten die ongevoelig zijn voor zuurstofarme condities.	a, c
Vissen groei en ontwikkeling	Bij hogere T is meer energie nodig voor het metabolisme, en blijft er minder energie over voor groei en reproductie. In de optimumrange (thermische functionele niche) verlopen de fysiologische functies optimaal, dit is meestal +/- 2 °C rond de optimum T. De optimum T verschilt per soort.	a
Vissen soortensamenstelling	Vissen variëren sterk in optimum T en zuurstofbehoefte.	a
Gezondheidsrisico's door watergebonden pathogenen.	Effect van een lagere T op gezondheidsrisico hangt af van de herkomst van de pathogenen. Fecale pathogenen (bijv. norovirus, <i>Campylobacter</i>) kunnen alleen overleven maar niet vermeerderen in oppervlaktewater. In het algemeen is de overleving van fecale pathogenen langer bij lagere T, het gezondheidsrisico neemt daarmee toe. Pathogenen die van nature in oppervlaktewater voorkomen, zoals <i>Vibrio</i> en <i>Clostridium botulinum</i> , groeien in het algemeen harder bij een hogere T. <i>C. botulinum</i> is een anaerobe bacterie, bij zuurstofloze en warme condities (> 20 °C) kan deze bacterie snel groeien. Bij een lagere T neemt het gezondheidsrisico dus af.	e, f

Tabel 1. Wat is bekend? Overzicht uit literatuur

a) Verdonschot et al., 2007

b) van der Grinten et al., 2008

c) Kosten, 2011a

d) Kosten et al., 2011b

e) Schets, 2011

f) Sterk, 2016

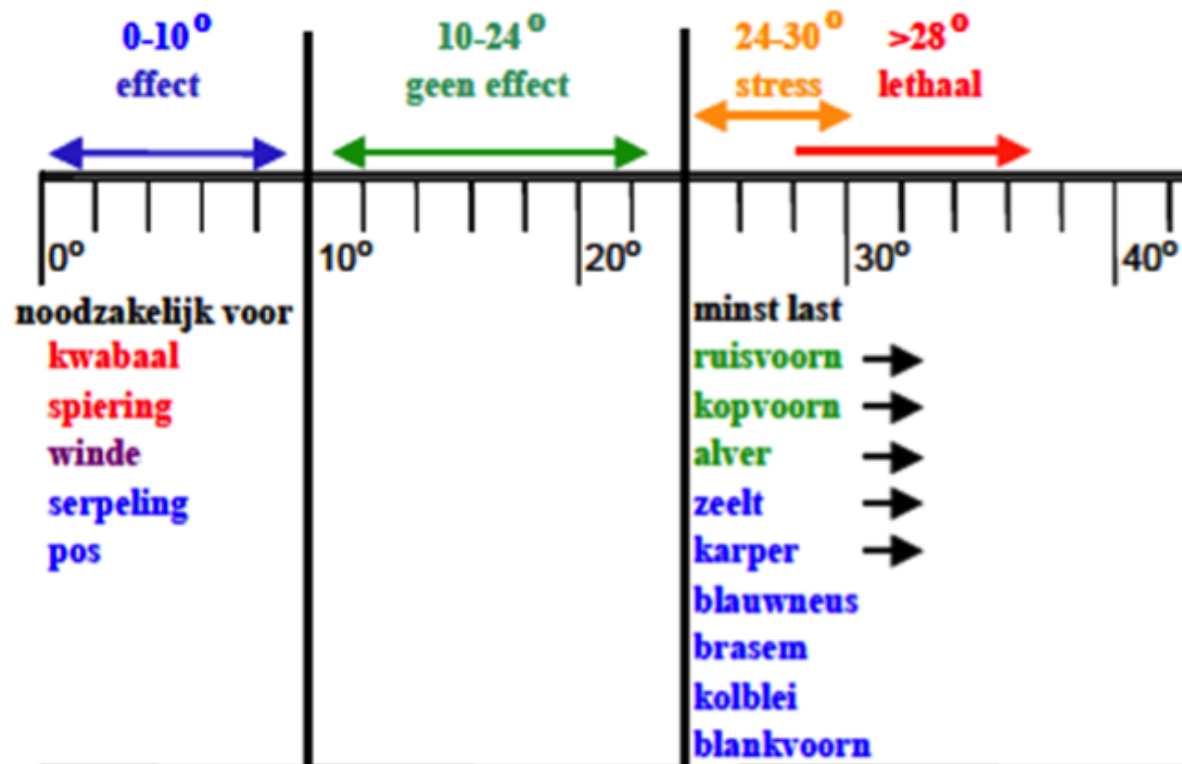
Algen	<ul style="list-style-type: none"> • Er is weinig tot geen effect op fotosynthese en een beperkt effect op groeisnelheid zolang T niet lager dan 12 °C wordt. Bij lagere T is de kans op dominantie van blauwalgen kleiner. • In een natuurlijk systeem is er een fluctuatie van soorten in het seizoen. Als de T meer constant is door continue koudelozing, wordt een nivellerend effect op de diversiteit verwacht. • Afhankelijk van de timing in het seizoen, zal een verkorting van het groeiseizoen optreden.
Waterplanten	Fotosynthese en groeisnelheid zijn lager en er is minder biomassa ontwikkeling bij lagere T. Verwacht wordt dat een ΔT van -3 °C al effect zal hebben op deze processen. Afhankelijk van de timing in het seizoen, zal een verkorting van het groeiseizoen optreden.

Macrofauna	Geen eenduidig beeld. Belangrijk om te weten zijn de drempelwaarde voor start ontwikkeling en adulte ontwikkeling. Dit is een kennisleemte.
Vissen	Voor veel vissoorten zijn de optimum T en zuurstofbehoefte bekend. Hiermee kan een inschatting van effecten gemaakt worden, zie tabel 3. Figuur 5 (deels overlappend met Tabel 3) laat zien welke benthivore en herbivore soorten tussen 24 en 30 °C stress ondervinden bij reproductie. Voor een aantal is 28°C lethaal. Temperaturen in de range van 10-24°C hebben geen effect.

Tabel 2. Verwachte effecten koudelozing

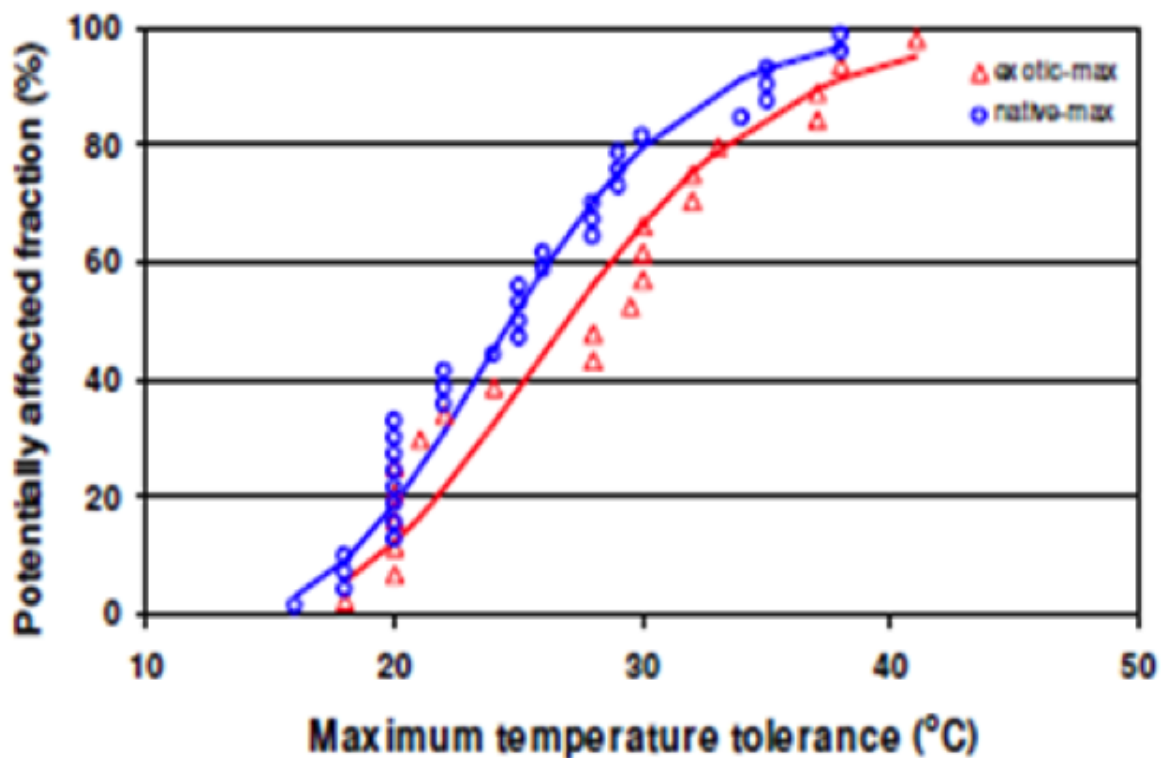
Soort	paaitijd (maand)	temperatuur (°C)			zuurstof (mg/l)	
		paai	optimum	maximum	optimum	minimum
Baars	4 - 6	7 - 16				
Bittervoorn	4 - 6	14 - 20	14 - 20			
Blankvoorn	5	8 - 19	20 - 25	30	6 - 10	1
Ruisvoorn	5 - 7	18 - 24	8 - 28	> 30	> 4	
Brasem	4 - 6	16 - 18	8 - 28	30	> 6	2
Kolblei	5 - 6	14 - 15		29		5
Snoek	3 - 4	6 - 14	19 - 24	29		1
Zeelt	5 - 8	> 19	20 - 26	38		

Tabel 3. Temperatuur en zuurstofbehoefte karakteristieken van zoetwater vissoorten die verwacht kunnen worden in stadswateren. Gebaseerd op Verdonschot et al. (2007) en Sportvisserij Nederland.



Figuur 5. Watertemperatuur eisen voor reproductie van sommige vissoorten (Rood: Piscivore vis-, Blauw: Benthivore vis, Paars: Piscivore / Benthivore vis, Groen: Herbivore / Benthivore vis). Zwarte pijlen geven aan dat een soort watertemperaturen hoger dan 28 °C kan tolereren (Kerkum et al., 2004).

In de Rijn is het aantal exotische soorten sterk gestegen in de laatste decennia. Een mogelijke oorzaak van deze toename van exoten in de Rijn-fauna is de verhoogde watertemperatuur. Volgens de studie (Leuven et al., 2007) hebben exotische vissoorten een hogere maximum temperatuurtolerantie dan inheemse vissoorten. Figuur 6 laat het percentage soorten zien dat potentieel verdwijnt bij toename van de watertemperatuur. Te zien is dat het voordeel dat exoten (rood) hebben teniet gedaan wordt door een verlaging van de maximum watertemperatuur met ongeveer 3°C (pijl).



Figuur 6. Gevoeligheidsverdeling voor maximum watertemperatuur. Toleranties van inheemse en exotische vissoorten in de Rijn. Curven vertegenwoordigen een lognormale verdeling met gemiddelde en standaardafwijking op basis van data punten. Cijfers van Leuven et al. (2007)

De meeste kennis van temperatureffecten op waterkwaliteit en ecologie is gebaseerd op klimaatonderzoek waarin toename van de (lucht)temperatuur (en andere aspecten van het klimaat) gedurende het hele jaar een rol speelt met een verwachte gemiddelde temperatuurstijging van 1.0 tot 2.3°C in de zomers rond 2050 ten opzichte van de periode 1980-2010 (KNMI'14). Effecten van koudelozingen zijn beperkt tot het warme deel van het jaar (late voorjaar, zomer en vroege herfst), op een lokale schaal, met een verwacht afkoelend effect van 3 – 5 °C. Bij de interpretatie van de effecten moeten omvang en duur van de afkoeling worden meegewogen.

Bij de omvang zijn de afkoeling (DT) en de resulterende minimumtemperatuur van belang en daarnaast de ruimtelijke schaal waarop dat plaatsvindt (volume, oppervlak, lengte watergang). Bij de duur van de afkoeling speelt mee of het om een continue of fluctuerende lozing gaat en of de afkoeling bijvoorbeeld al in het voorjaar begint of pas in de zomer. Koudelozingen door TEO veranderen het temperatuurregime van het watersysteem:

- verkleinen de variatie in watertemperatuur binnen een jaar, omdat er alleen in het zomer halfjaar afkoeling plaatsvindt,
- verkleinen de variatie in watertemperaturen tussen verschillende jaren. Er wordt in warmere zomers meer energie onttrokken dan in koelere zomers (omdat er meer dagen zijn waarin warm water beschikbaar is), tijdens koude zomers wordt nauwelijks warmte onttrokken,
- extreem warm water of temperatuur boven de norm (28°C) komen minder vaak voor,
- de "biologische zomer" wordt uitgesteld en verkort en de "herfst" begint eerder.

6. Governance

In Nederland bestaat een wettelijke eis dat de bodem gemiddeld over een aantal jaren niet mag opwarmen of afkoelen. WKO installaties moeten daarom thermisch in balans zijn.

In Nederland ontbreekt landelijke regelgeving voor koudwaterlozingen. Er worden geen eisen aan de minimale watertemperatuur gesteld, wel aan de maximale watertemperatuur (Tabel 4).

Kwaliteitsniveau	MEP	GEP	Gemiddeld/ Matig	Matig/On- toereikend	Slecht
Temperatuur (°C)	≤ 23	≤ 25	25-27.5	27.5-30	>30

Tabel 4. Gewenste watertemperatuur (Van Megchelen, 2017). Gebaseerd op MEP en GEP waarden en maatlat temperatuur voor sloten en kanalen (STOWA, 2012).

De bestaande Nederlandse richtlijnen voor warmtelozingen (RWS, 2004) zijn gebaseerd op drie aspecten van warmtelozingen: effecten als gevolg van de inname van water, de gevolgen van de opwarming tijdens het mengproces in de mengzone en de gevolgen van de opwarming na volledige menging ten opzichte van de achtergrondtemperatuur. Deze drie aspecten zijn ook van belang bij koudelozingen. Voor de afweging kan voorts een onderscheid gemaakt worden in type watersysteem

en verwachte kwetsbaarheid voor koudelozingen (waterplanten gedomineerd, kroos gedomineerd, (blauw)alg gedomineerd). Dit zou verder uitgewerkt moeten worden. Qua vergunningverlening is mogelijk ook lering te trekken uit de regelgeving rondom het lozen van bronneringswater. Hoewel lozing van grondwater tijdelijk van aard is en over andere kwaliteitselementen gaat (chloride, ijzer etc.) zijn lozingen van bronneringswater meestal (in ieder geval 's zomers) ook kouder ten opzichte van het oppervlaktewater. Dit type lozingen is vanaf ongeveer 100 m³/uur (per waterschap verschillend) vergunningplichtig.

7. Kosten en baten

De twee ons bekende praktijkvoorbeelden (Hoog Dalem en Wageningen) leveren per jaar ongeveer een besparing van 100.000 m³ aardgas op, het equivalent van 1 miljoen kWh, overeenkomende met een CO₂ emissie vermindering van ruwweg 180 ton.

Dit betekent een maatschappelijke meerwaarde. TEO kan een rol spelen in het streven om Nederland aardgas vrij te krijgen. TEO biedt ook kansen om bij te dragen aan vermindering van de broeikasgasuitstoot. Daarnaast kan het als onderdeel van ruimtelijke adaptatie strategieën helpen om potentieel ongunstige effecten van klimaatverandering te op te vangen (overmatige opwarming water, hittestress).

Er waren in 2015 slechts 10 TEO-installaties in bedrijf. Tegelijkertijd zijn er 1.100 WKO-installaties binnen een kilometer van een watergang geïnstalleerd die uitgebreid kunnen worden met een TEO-installatie waardoor de capaciteit ervan vergroot wordt en waardoor ze makkelijker thermisch in balans gebracht kunnen worden. TEO is een duurzamere methode om WKO installaties te vergroten en of in balans te brengen dan alternatieven zoals zonnecollectoren of luchtkoelers.

bron: <http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/energie-uit-oppervlaktewater>

8. Praktijkervaring en lopend onderzoek

Er wordt in Nederland nog niet veel energie gewonnen uit oppervlaktewater. Er waren in 2015 circa 10 TEO-installaties in bedrijf.

In de grachten van Wageningen wordt warmte gewonnen voor verwarming van woningen en appartementen (plan Torckdael). Het systeem maakt gebruik van warmte-koude opslag in de bodem maar in het voor- en najaar kan de stadsgracht

ook direct warmte leveren aan de aangesloten huishoudens. De watertemperatuur in de gracht is gemiddeld 3°C verlaagd. Door lozing van het afgekoelde water stroomt het doorgaans stilstaande grachtwater. Daardoor gaan drijfvlagen en zwerfvuil zich op specifieke plekken ophopen, waardoor ze eenvoudig te verwijderen zijn.

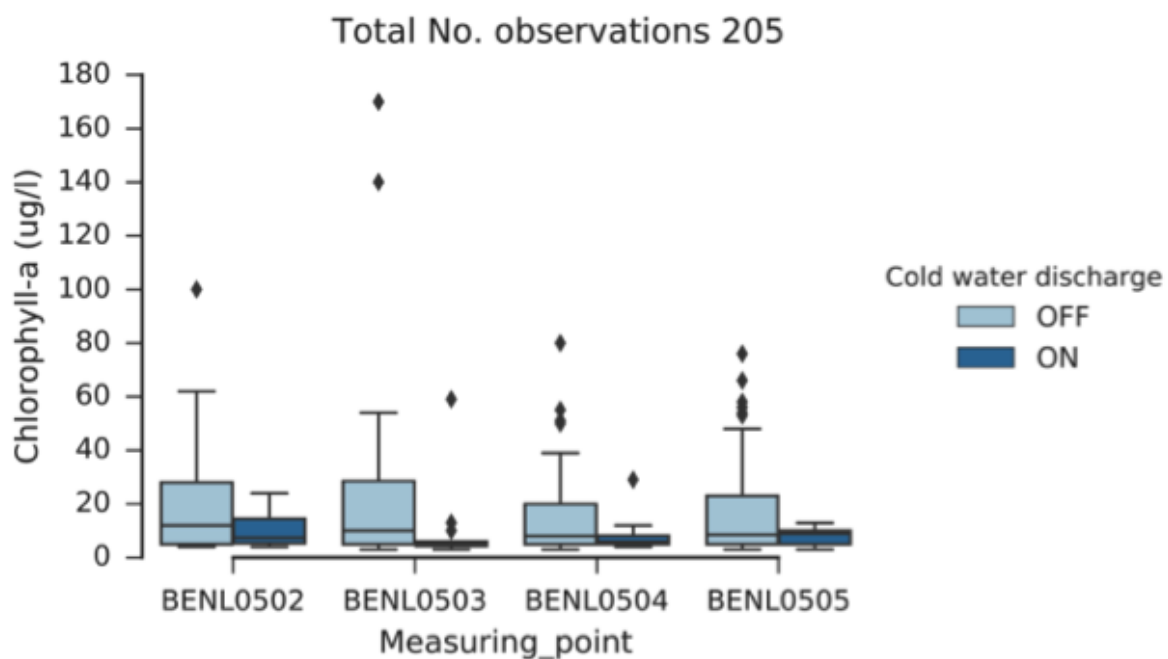
Er zijn ons geen meetgegevens van de effecten op ecologie bekend maar volgens ontwerpers van het systeem levert de afkoeling een positieve bijdrage aan de waterkwaliteit (website IF Technology): meer opgelost zuurstof waardoor vissterfte en botulisme worden tegengegaan.

In Gorinchem worden nu ongeveer 200 huizen 's winters verwarmd met warmte die 's zomers onttrokken is aan nabijgelegen sloten Bij dit project heeft Eneco samen met WSRL een vijftal jaren de waterkwaliteit en ecologie gemonitord. Het is de enige dataset waarin ecologische effecten van TEO in praktijk zijn gemeten (van Megchelen, 2017). Hieronder zijn de voorlopige bevindingen beschreven (Van Geest en Boderie, 2017 in prep).

In het slootsysteem ontstaat als gevolg van een koudelozing een ruimtelijke gradiënt in de watertemperatuur: nabij de lozing is het water na menging 5°C koeler dan onder natuurlijke omstandigheden, na 1.5 km is dit temperatuurverschil door opwarming vanuit de atmosfeer weer verdwenen. De door de installatie geïnduceerde waterstroming (150 m³/h) veroorzaakt een geringe stroming (1-3 cm/s). De meeste bevindingen zijn in lijn met wat op grond van theorie verwacht mag worden.

- Er wordt een acuut effect van temperatuurverandering op de pH, bicarbonaat en zuurstof gemeten wat een gradiënt in ruimte en diepte creëert.
- Door doorstroming van de sloot verdwijnt de verticale temperatuurgradiënt sneller, dat leidt tot minder zuurstofloze condities bij de bodem.
- Dichtheden aan algen (gemeten als chlorofyl-concentraties) lager op ogenblikken dat de koudelozing aanstond. Deze resultaten laten zien dat de lagere watertemperatuur (t.g.v. koudelozing) tot een lagere primaire productie leidt (Figuur 7)
- De dag-nacht cyclus van in het veld gemeten parameters zoals de pH en het zuurstofgehalte reageren duidelijk op de koudelozingen. Door lagere fotosynthetische activiteit van algen en waterplanten bij een lagere watertemperatuur is bicarbonaat, pH en zuurstof verzadiging lager.

- Langjarige effecten op waterplanten en macrofauna zijn niet aantoonbaar. Dat komt naar verwachting omdat beide al gevestigd en merendeels uitgegroeid zijn op het moment van de start van de koudelozing in juni.
- Er kon geen duidelijke relatie gelegd worden tussen de koudelozing en soortensamenstelling, abundantie en ecologische kwaliteit van de vegetatie- en macrofaunagemeenschap in de sloten. Waarschijnlijk heeft de lagere temperatuur wel invloed, maar vallen de effecten hiervan weg in de ruis van andere omgevingsfactoren, zoals verschillen in tijdstip van aanleg van de sloten, breedte van de watergangen, aan- of afwezigheid van een kwelscherm op de bodem en beschaduwing.
- Amfibieën en vissen zijn in de recent aangelegde sloten nauwelijks aanwezig waardoor er geen conclusies getrokken kunnen worden over het effect van koude lozingen op deze soortgroepen mogelijk is.



Figuur 7. Gemeten chlorofyl-A gehalte in sloten Hoog Dalem met en zonder koudelozing

9. Kennisleemtes

Een veilige ondergrens voor de verlaging van de watertemperatuur ontbreekt. De tot nu toe bekende de praktijkvoorbeelden van koudelozingen (Wageningen en Hoog Dalem case) blijken veilig maar onbekend is (1) of dat ook het geval zou zijn als er eerder in het voorjaar [1] al afgekoeld wordt of (2) als er in de zomer sterker afgekoeld wordt dan nu het geval is (3-5°C).

Voor vissen is in verband met paai de timing in het seizoen van belang en de ondergrens van hun temperatuurrange. Dit is soortspecifiek. Ook voor waterplanten lijkt de timing van belang. Soort specifieke informatie is niet volledig.

Meer algemeen is een systematische analyse van de volgende effecten van koudelozingen nodig (Lugg, 1999):

1. Zomeronderdrukking - temperatuurverlaging in vergelijking met natuurlijke omstandigheden,
2. Seizoen verplaatsing - de vertraging van natuurlijke temperaturen pieken, dalen, patronen, vertraagde biologische lente etc.,
3. Jaarlijkse amplitudevermindering - de vermindering van het verschil tussen de jaarlijkse maximum- en minimumtemperatuur van het water.

Systematische fysische modellering van de verspreiding van het geloosde water en van de interactie met de weersomstandigheden en andere omgevingsfactoren die leidt tot opwarming na lozing kan in combinatie met methodieken als temperatuursommen uit de fenologie en mogelijk ook PAF-curves uit helpen om de deze aspecten van koudelozingen in kwantitatieve zin te beoordelen.

[1] *Dus als warmtewinning bijvoorbeeld al vanaf een watertemperatuur van 12°C zou starten.*

10. Bronnen & links

- <http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/energie-uit-oppervlaktewater>
- De Boer, Scholten (IF Technology), Boderie en Pothof (Deltares) op 22 juni 2015. Kansenskaart voor energie uit oppervlaktewater. See more at [H2O](#)
- Van Geest en Boderie, 2017. Advies Koudelozing Hoog Dalem (in prep).
- Grinten, van der E., F.C.J. van Herpen, H.J. van Wijnen, C.H.M. Evers, S. Wuijts & W. Verweij. 2008. [Afleiding maximumtemperatuurnorm goede ecologische toestand \(GET\) voor Nederlandse grote rivieren](#). RIVM rapport 607800004/2008.
- Kosten, S. 2011a. [Een frisse blik op warmer water?](#) STOWA -rapportnummer 2011-20.
- Kosten, S., E. Kardinaal, E. Faassen, J. Netten and M. Lüring (2011). [Klimaat en waterkwaliteit. Klimaatinvloed op waterkwaliteit en het voorkomen van cyanobacterie toxines](#). Kennis voor Klimaat rapport 043.

- Kerkum, L.C.M., A. bij de Vaate, D. Bijstra, S.P. de Jong and H.A. Jenner (2004) [Effecten van koelwater op het zoete aquatische milieu](#). RIZA 2004.
- Leuven, R.S.E.W., N.A.H. Slooter, J. Snijders, M.A.J. Huijbregts and G. van der Velde (2007) The influence of global warming and thermal pollution on the occurrence of native and exotic fish species in the river Rhine. Van Os, A.G. (Ed.). Proceedings NCR-days 2007.
- Lugg, A. (1999). Eternal winter in our rivers: addressing the issue of cold water pollution. Nowra: SW Fisheries.
- Van Megchelen, C. Cool water effects on shallow surface water by Cara van Megchelen. MsC thesis TUD. Electronic version of this thesis is available at <http://repository.tudelft.nl/>.
- Peeters ETHM, Van Zuidam JP, Van Zuidam BG, Van Nes EH, Kosten S, Heuts PGM, Roijackers RMM, Netten JJC & Scheffer M. 2013. Changing weather conditions and floating plants in temperate drainage ditches. Journal of Applied Ecology 50: 585-593. doi: 10.1111/1365-2664.1206
- Rijkswaterstaat. (2004). [CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen](#). Rijkswaterstaat.
- Schets, F.M. (2011) [The microbiological safety of bathing water –Waterborne pathogens beyond bathing water legislation](#). Proefschrift Utrecht University.
- Sportvisserij Nederland. Zoetwatervissen en hun omgeving. https://www.sportvisserij nederland.nl%2Ffiles%2Fhandboek-visstandbeheer-h2_5311.pdf
- Sterk, A. (2016) [The effects of climate change on the risk of infection by water-transmitted pathogens](#). Proefschrift Utrecht University.
- STOWA. (2012). [Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021](#). Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).
- Verdonschot, R.C.M., H.J. de Lange, P.F.M. Verdonschot & A. Besse. 2007. [Klimaatverandering en aquatische biodiversiteit. 1. Literatuurstudie naar temperatuur](#). Alterra-rapport 1451.
- De Hoop, Huisman, Bouwhuis, Matthews en Leuven. See more at: <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/441-gevoeligheid-van-aquatische-doelsoorten-voor-klimaatadaptatie-maatregelen-van-concept-naar-ruimtelijke-vertaling>

- See more at: <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/441-gevoeligheid-van-aquatische-doelsoorten-voor-klimaatadaptatie-maatregelen-van-concept-naar-ruimtelijke-vertaling#sthash.xOzkINN6.dpuf>.

Deze Deltafact is opgesteld door Wageningen Environmental Research en Deltares, juni 2017.

Auteurs

- Marieke de Lange
- Cor Jacobs (WEnR)
- Pascal Boderie (Deltares)

11. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en informatie zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs, STOWA en de evt. opdrachtgever van dit factsheet kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.