Deltares

Monitoringsplan Ecologische Effecten Thermische Energie Oppervlaktewater

uitgevoerd onder WarmingUp



Monitoringsplan Ecologische Effecten Thermische Energie Oppervlaktewater
uitgevoerd onder WarmingUp

Auteur(s)
Rick Wortelboer
Valesca Harezlak

Monitoringsplan Ecologische Effecten Thermische Energie Oppervlaktewater
uitgevoerd onder WarmingUp

Opdrachtgever	WarmingUp
Contactpersoon	Ida de Groot-Wallast
Referenties	11205155 T3B
Trefwoorden	Aquathermie, TEO, Thermische Energie uit Oppervlaktewateren, Ecologie, Effecten, Monitoring

Documentgegevens	
Versie	0.1
Datum	31-03-2020
Projectnummer	11205155-001
Document ID	11205155-001-BGS-0001
Pagina's	40
Status	definitief

Auteur(s)		
	Rick Wortelboer	
	Valesca Harezlak	
	Ida de Groot – Wallast	

Doc. Versie	**Auteur**	**Controle**	**Akkoord**	**Publicatie**
0.1	Rick Wortelboer	Ruurd Noordhuis	Henriette Otter	
	Valesca Harezlak			
	Ida de Groot – Wallast			

Samenvatting

Dit rapport is een product van het onderzoeksprogramma WarmingUp. WarmingUp heeft als doel de grootschalige toepassing van warmtenetten mogelijk te maken zodat warmtenetten substantieel kunnen bijdragen aan de energietransitie. Een van de mogelijke bronnen van warmtenetten is aquathermie: warmte onttrokken aan afval-, drink- of oppervlaktewater. De onttrekking van warmte aan oppervlaktewater en het daarna weer lozen van het koudere water wordt ook wel Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) genoemd. Momenteel is er nog weinig bekend over het effect van koudelozingen op het ecologisch functioneren van oppervlaktewateren. Door de kennis te vergroten, kunnen ecologische randvoorwaarden beter in beeld gebracht worden en kan voorkomen worden dat kennisgebrek een showstopper voor TEO wordt.

Het doel van dit rapport is het voorzien in een monitoringsplan van koudelozingen: wat te monitoren om effecten van TEO op het ecologisch functioneren van oppervlaktewateren in beeld te brengen? Wat te monitoren is afhankelijk van de verwachte omvang van de koudelozing, de verwachte gevoeligheid van het ontvangende oppervlaktewater en de mate van interesse in kennis-ontwikkeling. Hiervoor zijn drie typen van monitoring gedefinieerd:

Type 1: Basismonitoring
Deze monitoring richt zich op de bedrijfstechnische aspecten van de TEO-installatie (positie, debieten, temperaturen van inlaat en lozing, draaiuren), de waterbalans van het watersysteem en de fysisch-chemische parameters temperatuur, doorzicht, pH, zuurstof, nutriënten en daarnaast de chlorofyl-a concentratie.

Type 2: KRW-plus monitoring
Dit is een uitbreiding van de standaard KRW-monitoring door waterbeheerders waarbij zowel op meer plaatsen als op meer tijdstippen gemonitord wordt. Hiermee is het ecologisch functioneren van het watersysteem te volgen. De ligging van de monitoringspunten is gerelateerd aan de positie van de TEO-installatie. Welke biologische kwaliteitselementen gemonitord worden hangt af van het watertype.

Type 3: Monitoring van directe effecten op soorten en hun ontwikkeling
Dit betreft het volgen van fenologische veranderingen bij verschillende soortgroepen. Bovenop de biologische kwaliteitselementen van de KRW zijn dit ook effecten op amfibieën, vogels en zoogdieren. Voorbeelden van te monitoren effecten zijn het later uitsluipen van libellen, het later in bloei komen van waterplanten, als ook verminderde groeisnelheid van waterplanten, macrofauna, amfibieën en vissen. Deze monitoring geeft zicht op de directe effecten op korte termijn op soorten. Daarnaast leidt het monitoren van directe effecten tot snellere kennisontwikkeling van de effecten van TEO op het ecologische functioneren van oppervlaktewateren.

Er worden 3 niveaus van monitoring onderscheiden:
Niveau 1: Basismonitoring (monitoring type 1): voor het volgen van het functioneren van de TEO-installatie, de omvang van het effect van de lozingen (effectgebied en water-temperatuur) alsmede basale waterkwaliteitsparameters. Toe te passen op de wateren die ongevoelig zijn voor een koudwaterlozing (grote wateren met grote watervolumina ten opzichte van het volume van de lozing, sterke menging en grote debieten);
Niveau 2: Basismonitoring + KRW-Plus monitoring (monitoring type 1 + 2): voor het volgen van het ecologisch functioneren van watersystemen. De monitoringsresultaten kunnen dienen bij het toepassen van het voorzorgsprincipe (vinger aan de pols) voor gevoelige watersystemen. De basismonitoring levert de noodzakelijke achtergrondinformatie om de ecologische effecten te kunnen duiden;

Niveau 3: Basismonitoring + KRW-Plus monitoring + Monitoring van directe effecten op soorten en hun ontwikkeling (monitoring type 1 + 2 + 3): voor het ontwikkelen van kennis op het gebied van effecten van TEO op soorten en ecologie en de wisselwerking daartussen. Toe te passen op plaatsen waar ecologische effecten worden verwacht en waar kennisontwikkeling het doel is. De basismonitoring en de KRW-Plus monitoring leveren de informatie over de fysisch-chemische toestand en het ecologische functioneren van het watersysteem.

Dit monitoringsplan is bedoeld als ondersteunend document bij de vergunningverlening van TEO's, zie Kruitwagen et al (in prep.). Dit monitoringsplan is een eerste versie en kan op basis van (praktijk)ervaringen worden aangepast. Praktijkervaring wordt komende jaren opgedaan in samenwerkingen met waterbeheerders van bestaande en te ontwikkelen warmte-onttrekkingen.
Wij horen graag uw ervaringen met dit monitoringsplan (zie contactpersoon schutblad), zodat wij deze kunnen meenemen in een volgende versie van dit plan.

Inhoud

	Samenvatting	**4**
1	**Inleiding**	**7**
1.1	WarmingUp	7
1.2	Behoefte aan monitoringsplan TEO	7
2	**Koude lozingen, temperatuur, en mogelijke effecten op het watersysteem**	**9**
2.1	TEO en koudelozingen	9
2.2	Temperatuur: natuurlijke variatie	9
2.3	Effecten op de ecologie	10
2.4	Temperatuureffecten op fenologie van soorten en ecologische relaties	11
2.5	Overige effecten van TEO	13
3	**Opzet van de monitoring**	**14**
3.1	Drie typen van monitoring	14
3.2	Drie monitoringsniveaus	14
3.3	Indeling en gevoeligheid per watertype	15
3.4	Basismonitoring: monitoring van bedrijfsgegevens, waterbalans, fysica en chemie	17
3.4.1	Inzicht in de bestaande en toekomstige situatie	17
3.4.2	Referentie en nulmeting	18
3.4.3	Opzet van de metingen	18
3.4.4	Samenvattend schema Basismonitoring	20
3.5	KRW-Plus monitoring: monitoring van ecologische effecten	20
3.5.1	Inzicht in de bestaande en toekomstige situatie	20
3.5.2	Referentie en nulmeting	21
3.5.3	Opzet van de metingen	21
3.5.4	Samenvattend schema KRW-Plus monitoring	22
3.6	Monitoring van directe effecten op soorten en hun ontwikkeling	22
3.6.1	Inleiding	22
3.6.2	Waterplanten	24
3.6.3	Macrofauna	25
3.6.4	Amfibieën	26
3.6.5	Vissen	26
3.6.6	Vogels	27
3.6.7	Zoogdieren	27
3.6.8	Samenvattend schema Monitoring directe effecten op soorten en hun ontwikkeling	28
3.7	Referentie en nulmeting	28
4	**Conclusies**	**30**
5	**Literatuur**	**32**
A	**Gesprekverslagen van overleggen met SOVON, EIS, RAVON en FLORON**	**33**
A.1	SOVON	33
A.2	FLORON	33
A.3	Naturalis / EIS	34
A.4	RAVON	36
B	**Aanvulling meetmethoden watertemperatuur**	**38**

1 Inleiding

1.1 WarmingUp

Dit rapport is een product van het onderzoeksprogramma WarmingUp. WarmingUp heeft als doel de grootschalige toepassing van warmtenetten mogelijk te maken zodat warmtenetten substantieel kunnen bijdragen aan de energietransitie. WarmingUp is opgebouwd uit 6 thema's. Een van de thema's, thema 3, richt zich op de mogelijkheden van de toepassing van aquathermie (het onttrekken van warmte aan oppervlakte-, drink- en/ of afvalwater) als één van de bronnen voor de warmtenetten. Het doel van thema 3 is onder andere om duidelijkheid te scheppen in de effecten van aquathermie op de natuurlijke omgeving zodat het inzetten van aquathermie in de energietransitie gemakkelijker wordt en de randvoorwaarden ervoor duidelijker. Daarnaast ligt er de vraag hoe om te gaan met aquathermie in de regelgeving en vergunningverlening.

Voor thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) zijn 2 onderzoekssporen opgezet. Eén spoor richt zich op inzicht in de ecologische effecten van TEO. Het andere spoor richt zich op het benodigd beleidskader voor aquathermie uit oppervlaktewater. De sporen zijn nauw met elkaar verbonden. Het effectenonderzoek zal leiden tot meer kennis waarmee het beleidskader aangescherpt kan worden.
Dit document is een (handreiking voor een) monitoringsplan om de effecten van TEO op de ecologie in beeld te brengen en is als zodanig onderdeel van het spoor Ecologische effecten TEO. De uitwerking voor regelgeving en vergunningverlening voor TEO is terug te vinden in Kruitwagen et al. (in prep.).

1.2 Behoefte aan monitoringsplan TEO

Eerdere metingen aan de effecten van TEO zijn slechts voor een beperkt aantal projecten systematisch opgezet en uitgevoerd. Een bekend voorbeeld is het onderzoek naar temperatuur en ecologische effecten van koude lozingen bij de wijk Hoog Dalem in Gorinchem. Hier werd TEO toegepast in een rondstromend slootsysteem voor verwarming van de huizen in de wijk in combinatie met ondergrondse warmteopslag.

Uit de monitoring bij Hoog Dalem bleek dat TEO over het algemeen bijdroeg aan een minder frequente normoverschrijding van de watertemperatuur, en een betere zuurgraad, doorzicht en nutriëntenconcentraties in termen van KRW-doelstellingen. Daarbij bleek ook dat de QuickScan methode (Keizer et al, 2013) goed inzicht gaf in de effecten van TEO op macrofauna. Echter, voor meer eenduidige gegevens zou de monitoring verbeterd kunnen worden. Zo was er weinig zicht op inlaat van gebiedsvreemd water en de aanwezigheid van kwel of infiltratie, en leidde de beschaduwing van meetapparatuur en beschadiging ervan door slootonderhoud tot extra ruis in de data. Verder bleek ook dat het meten van verandering in plantengroei door TEO lastig was omdat de waterplanten in het effectgebied van TEO bedekt raakten door flab en draadalg (Boderie et al, 2018).

Monitoring vergroot het inzicht in de effecten van TEO op watersystemen. Dit inzicht is nodig om te voorkomen dat onduidelijkheden omtrent de effecten van TEO een 'showstopper' vormen voor toepassing van TEO bij het verder verduurzamen van de energievoorziening. Daarom is het voorliggende monitoringsplan opgesteld: het is bedoeld om vergunningverleners en -aanvragers en partijen die de monitoring uitvoeren een handvat te bieden. Daarbij help dit monitoringsplan informatie over mogelijke ecologische effecten van TEO op een structurele manier te verzamelen, zodat kennis over effecten kan worden opgebouwd. Dit monitoringsplan is een eerste versie en kan op basis van praktijkervaring worden aangepast. Praktijkervaring wordt opgedaan in samenwerkingen met waterbeheerders van bestaande en in de nabije toekomst te ontwikkelen warmte-onttrekkingen.

Afkadering:
Dit monitoringsplan is te gebruiken voor het monitoren van de effecten van onttrekkingen van warmte en de resulterende koudelozingen, niet voor onttrekking van koude en de resulterende warmtelozing.

2 Koude lozingen, temperatuur, en mogelijke effecten op het watersysteem

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) is en wat mogelijke effecten van temperatuursveranderingen zijn op de ecologie. Ook wordt achtergrondinformatie gedeeld over het gebruik van verschillende watertypen in relatie tot TEO-installaties.

2.1 TEO en koudelozingen

Het water dat wordt onttrokken uit oppervlaktewateren kan op twee manieren worden gebruikt:

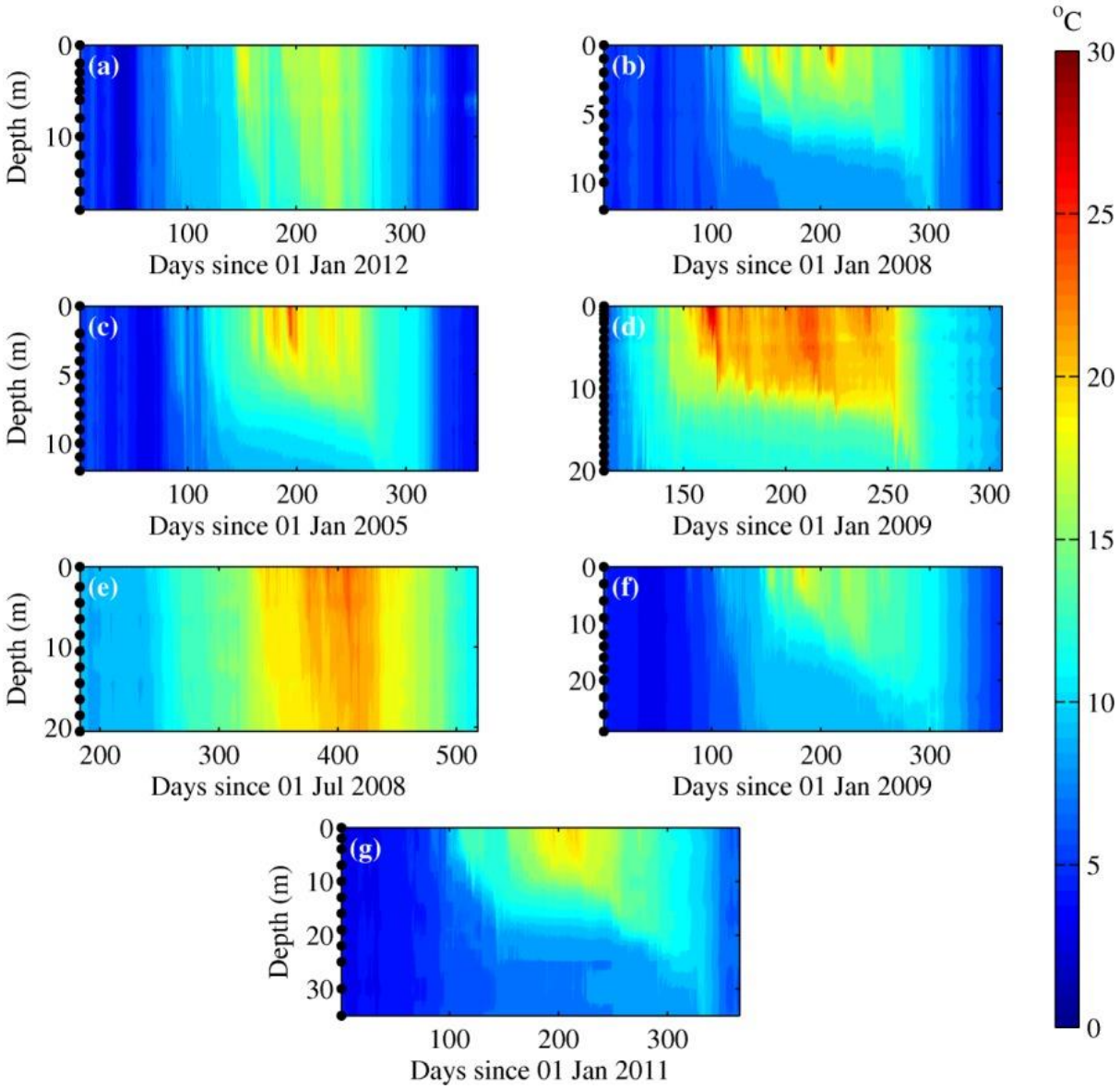
1. Winning van koude: de koude uit het oppervlaktewater wordt gebruikt voor afkoeling en er wordt warmer water geloosd (een warmwaterlozing of koelwaterlozing). Hiervoor is reeds een beoordelingssysteem beschikbaar (zie HelpdeskWater, 2012).
2. Winning van warmte: de warmte uit het oppervlaktewater wordt gebruikt voor verwarming; warmte wordt onttrokken aan het water en er wordt kouder water geloosd (een koudwaterlozing). Hiervoor is momenteel geen beoordelingssysteem beschikbaar.

Dit rapport gaat in op 'TEO' voor de tweede manier van gebruik: het onttrekken van warmte en het lozen van koude.

De koudelozing in het kader van TEO leidt dus tot een verschil in temperatuur (ΔT) tussen het water dat wordt ingenomen en het water dat wordt geloosd. Op het lozingspunt komt het afgekoelde water terug in het watersysteem, waar het zich maar ten dele met het al aanwezige water mengt, omdat het vooral naar de bodem zakt of, zoals in een gestratificeerd meer, naar een waterlaag met gelijke temperatuur. De mate van menging van het geloosde en ontvangende water is afhankelijk van de omvang van het watersysteem, de mate van stroming, de invloed van de wind, de uitwisselingen met andere wateren en de omvang van de koudelozing en het temperatuurverschil. De mate van menging bepaalt de intensiteit en de schaal waarop ecologische effecten van aquathermie in oppervlaktewater kunnen optreden, waarbij ook van belang is of de temperatuurveranderingen kortstondig, frequent of permanent van aard zijn.

2.2 Temperatuur: natuurlijke variatie

De temperatuur van een watersysteem is van nature niet constant en niet homogeen (Wetzel, 2001). Seizoensinvloeden zorgen voor een sinusoïdaal verloop van de gemiddelde temperatuur door het jaar heen waarbij afwisselende perioden van koude en warmte deze seizoenscurve moduleren. Daarnaast verandert de temperatuur met een dag-nachtritme. Afhankelijk van het type watersysteem kan de watertemperatuur gepaard gaan met temperatuurstratificatie: een temperatuurverschil tussen oppervlakkige waterlagen en dieper gelegen waterlagen. Temperatuurstratificatie bemoeilijkt de menging over de verticaal tussen waterlagen en leidt daarom ook vaak tot stratificatie van opgeloste stoffen, zoals zuurstof en nutriënten, en chlorofyl-a concentraties (algen). Tijdens stratificatie kunnen in de diepere waterlagen lage(re) zuurstofconcentraties ontstaan door remming van de aanvoer van zuurstof vanuit de oppervlakkige waterlagen (door stratificatie) en voortgaande consumptie van zuurstof door afbraakprocessen in het sediment van de diepere waterlagen. Figuur 2.1 illustreert de aanwezigheid van stratificatie in een aantal meren.



Figuur 2.1: Stratificatie gedurende de zomer in verschillende diepe meren: a: Bassenthwaite Lake, 2012; b: Blelham Tarn, 2008; c: Esthwaite Water, 2005; d: Lake Mendota, 2009; e: Rotorua, 2008–2009; f: Llyn Tegid, 2009 en g: Windermere, 2011. De diepte van de continue temperatuursensoren zijn aangegeven met zwarte stippen op de Y-as. Aan het oppervlakte verandert de temperatuur van koud (blauw) in de winter naar warm (oranje en rood) in de zomer, naar koud in de winter. De afwisseling van rood-oranje-geel aan de oppervlakte geeft de warmere en koudere perioden aan. De spronglaag (de lichtblauwe zone) vormt de grens tussen het warmere water (groen) en het koudere diepere water (donkerblauw). De stratificatie tussen meren verschilt als gevolg van o.a. verschillen in grootte, diepte, wind, stroming en instraling. Bron: Woolway et al, 2014.

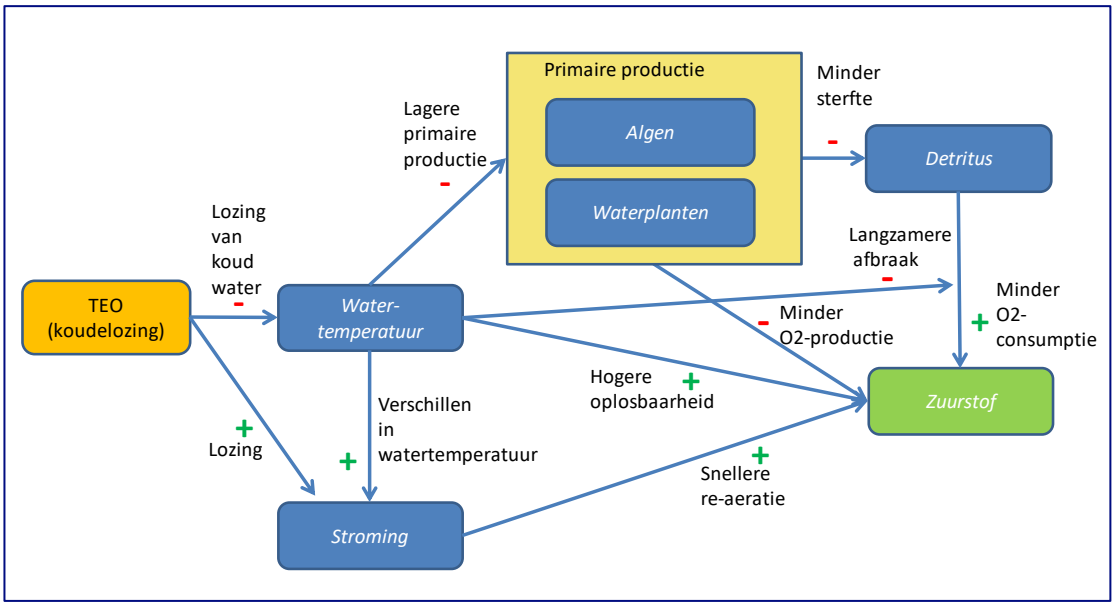
2.3 Effecten op de ecologie

De ecologie van oppervlaktewateren kan door koudelozingen beïnvloed worden wat betreft zowel de seizoensmatige verandering in watertemperatuur als het ruimtelijke en temporele effect. Algemeen leidt een verlaging in temperatuur tot (Stumm & Morgan, 1981; Fenchel et al, 2013):

- Trager verloop van chemische reacties;
- Verschuiving van chemische evenwichten;
- Langzamere groei van organismen (groeisnelheid van bijvoorbeeld fytoplankton en vegetatie halveert bij een temperatuurverlaging van 10 °C);
- Tragere afbraak (door bacteriën) van organisch materiaal ;
- Hogere oplosbaarheid van zuurstof in water.

De verschillende effecten van een koudelozing beïnvloeden elkaar en kunnen elkaar versterken. In Figuur 2.2 is dit weergegeven:

- Een lozing van water veroorzaakt meer stroming: zowel direct doordat water in het systeem gepompt wordt als indirect doordat temperatuurverschillen (turbulente) stroming veroorzaken. Stroming is positief voor de re-aeratie (opname van zuurstof uit de lucht). Hieruit volgt een positief effect op het zuurstofgehalte.
- Een lozing van koud water veroorzaakt een lagere watertemperatuur. Dit heeft 3 gevolgen:
    - Water met een lagere temperatuur kan meer opgelost zuurstof bevatten. Dit heeft een positief effect op het zuurstofgehalte.
    - Een lagere temperatuur zorgt ervoor dat afbraakprocessen langzamer verlopen. Dit heeft een positief effect op het zuurstofgehalte.
    - Een lagere watertemperatuur zorgt voor langzamere groei en dus ook een lagere primaire productie. Dit heeft 2 effecten:
        - Algen en waterplanten produceren overdag minder zuurstof. Dit heeft een negatief effect op het zuurstofgehalte.
        - Minder primaire productie betekent minder biomassa, die bij sterfte dus ook minder detritus (door organisch materiaal) oplevert dat met zuurstof afgebroken kan worden. Dit heeft een positief effect op het zuurstof-gehalte.



Figuur 2.2: Effecten van een koudelozing op fysisch-chemische en biologische processen en de zuurstofconcentratie. Zie toelichting in de tekst.

2.4 Temperatuureffecten op fenologie van soorten en ecologische relaties

TEO kan effecten hebben op soorten, hun ontwikkeling gedurende de verschillende levensstadia en voedselrelaties binnen het watersysteem.

Onderzoek naar relaties met temperatuur zijn veelal uitgevoerd in relatie tot veranderingen in het klimaat, met name temperatuurstijging in plaats van temperatuurdaling zoals bij TEO het geval is (Vannote & Sweeney, 1980; Mooij et al, 2005; Verdonschot et al, 2007; Suhling et al, 2015; Rosenblatt & Schmittz, 2016; McCauley et al, 2018, Dallas & Ross-Gillespie, 2018; Cheney et al, 2019). Hieruit komt een scala aan processen naar voren die door de watertemperatuur beïnvloed worden. Effecten van een verlaging van de watertemperatuur kunnen gezien worden als een omkering van de effecten van een hogere watertemperatuur. De maximale watertemperatuur waarbij soorten kunnen leven (of doodgaan) is in verband met TEO niet van belang. De minimale watertemperatuur is over het algemeen ook geen issue omdat voor TEO watertemperaturen

Hieronder worden voorbeelden uit bovenstaande literatuur gegeven die wel voor de toepassing van TEO relevant zijn.

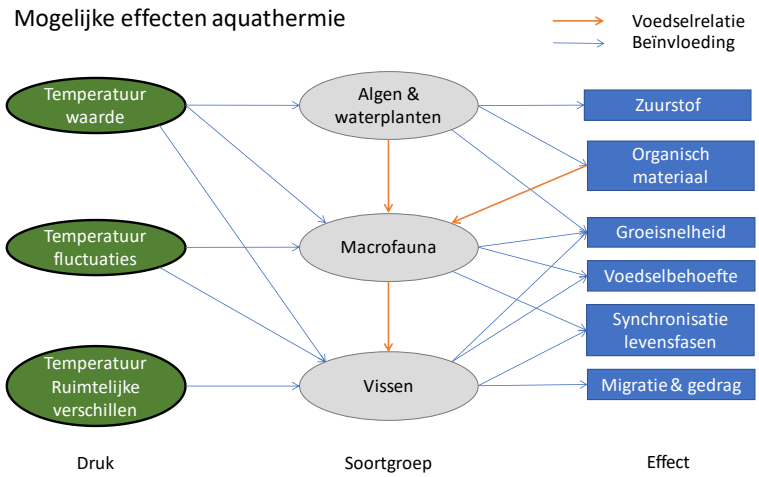
Door het trager verloop van chemische, en daarbij dus ook biochemische, processen heeft een temperatuurverlaging ook effect op de timing van het kiemen van zaden, de start van de bloei, het rijpen van zaden, de start van het voortplantingsseizoen van bijvoorbeeld amfibieën en vissen, het moment van uitkomen van eieren, de overgang tussen levensfasen (larvale stadia bij insecten) en het uitsluipen van libellen-larven. Naar een deel van deze relaties met temperatuur is onderzoek gedaan. Zo zijn diverse relaties gevonden met temperatuurdagen en temperatuursommen: het aantal dagen met een bepaalde temperatuur of de som van daggemiddelde temperaturen die een soort nodig heeft voor de groei om een volgende levensfase te kunnen bereiken.

Doordat de ontwikkeling van een individu afhankelijk is van de temperatuur, kan een plotselinge verandering van de watertemperatuur (zoals kan optreden bij het opstarten en stoppen van de koudelozingen) een verstorend effect hebben. Met name zijn hiervoor gevoelig de overgangen in levensfasen: van ei naar larve, van larve naar juveniel, van juveniel naar adult.

Een verlaging in watertemperatuur is niet alleen van belang voor een individuele soort, maar ook voor de voedselrelaties in het land-water voedselweb. Omdat TEO slechts ingrijpt op een deel van de omgeving, het water, kan er een mismatch in timing van levensfasen ontstaan tussen soorten die leven in het water en soorten die leven op het land. Dit kan leiden tot voedseltekort dan wel een overtal aan individuen van een soort (plaag). Een mogelijk voorbeeld is het later uitkomen van larven van vliegende insecten die onderwater leven en de soorten boven water die voor hun voedsel afhankelijk zijn van de volwassen vliegende individuen, zoals karekieten die leven van eendagsvliegen. Dit kan ook de andere kant op uitwerken, zoals een verminderde beschikbaarheid van dazen (landlevend) als voedsel voor libellen (als larve in het water levend) als het volwassen stadium van de libellen later begint.

Verder kan de ruimtelijke temperatuurgradiënt die in een oppervlaktewater mogelijk door TEO ontstaat, invloed hebben op vistrek. Trekvissen bepalen mede aan de hand van de watertemperatuur hun migratieroute. Treedt er halverwege de route een verandering in de temperatuur op, dan kan dit de migratie en daarmee de voortplanting verstoren. Aan de andere kant kunnen vissen ook het begin van de trek aanpassen op basis van een veranderde watertemperatuur (Kuczynski et al, 2017).

Figuur 2.3 toont een overzicht van de aantal mogelijke effecten van TEO op het ecologisch functioneren van een water-landsysteem.



Figuur 2.3: Mogelijke effecten op het ecologisch functioneren en het voedselweb van oppervlaktewateren door toepassing van TEO.

2.5 Overige effecten van TEO

Hierboven is vooral de focus gelegd op de effecten van veranderingen van de watertemperatuur op het watersysteem. Er kunnen echter bij de toepassing van TEO ook andere effecten optreden. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Het rondpompen van water, waardoor meer stroming optreedt: voor stilstaande wateren kan dit een belangrijke verandering van het karakter van het watersysteem inhouden;
- Het oppompen van water waardoor dieren worden opgezogen. Voor vissen, macrofauna en zoöplankton zullen mogelijk maatregelen moeten worden getroffen om sterfte te voorkomen;
- Het gebruik van hulpstoffen (chemicaliën, bestrijdingsmiddelen) om aangroei in de TEO-installatie te voorkomen.
- Het vaker of minder vaak optreden van de vorming van nevel (mist) boven water met een afwijkende watertemperatuur.

Deze effecten spelen naast de effecten als gevolg van temperatuurverandering. Eventuele ecologische verschuivingen in de monitoringsgegevens na installatie van TEO kunnen dus ook door deze factoren ontstaan zijn. Dit is een aandachtspunt bij de interpretatie van de monitoringsgegevens

3 Opzet van de monitoring

Voor het in kaart brengen van de effecten van koude lozingen op de ecologie van een oppervlaktewateren, moeten die parameters gemonitord worden die het ecologisch functioneren van dit systeem kunnen weergeven. Omdat watersystemen van elkaar verschillen qua ecologisch functioneren zullen deels andere parameters meegenomen moeten worden in verschillende watersystemen en kan de opzet van de monitoring anders zijn. Bijvoorbeeld, in een meer verspreidt een koude lozing zich anders dan in een sloot, de waterplantensamenstelling is anders in een rivier dan in een meer en een kanaal biedt een andere leefomgeving aan vissen dan een sloot. Door te kijken naar het huidig beleid voor het ecologisch functioneren van watersystemen, zoals de Kader Richtlijn Water (KRW) en de Vogel- en Habitatrichtlijn (Natura2000), kan er voor verschillende watersystemen een focus qua monitoring worden aangebracht. Er wordt bij de hier voorgestelde monitoring gekeken naar effecten op verschillende delen van het watersysteem. Er wordt hier geen uitspraak gedaan hoe eventuele optredende effecten beoordeeld moeten worden of wat kritische waarden zijn waarbij een TEO-installatie stopgezet moet worden.
Dit hoofdstuk sluit af met een paragraaf over het vergelijken van een situatie met TEO met een geschikte referentie-situatie.

3.1 Drie typen van monitoring

Er wordt onderscheid gemaakt in 3 typen van monitoring die elk een ander doel hebben:
In de paragrafen 3.4, 3.5 en 3.6 worden deze drie typen van monitoring uitgebreider beschreven.

Type 1: Basismonitoring
Deze monitoring richt zich op de bedrijfstechnische aspecten van de TEO-installatie (positie, debieten, temperaturen van inlaat en lozing, draaiuren), de waterbalans van het watersysteem en de fysisch-chemische parameters temperatuur, doorzicht, pH, zuurstof, nutriënten en daarnaast de chlorofyl-a concentratie.

Type 2: KRW-plus monitoring
Dit is een uitbreiding van de standaard KRW-monitoring door waterbeheerders waarbij zowel op meer plaatsen als op meer tijdstippen gemonitord wordt. Hiermee is het ecologisch functioneren van het watersysteem te volgen (vinger aan de pols). De ligging van de monitoringspunten is gerelateerd aan de positie van de TEO-installatie. Welke biologische kwaliteitselementen gemonitord worden hangt af van het watertype.

Type 3: Monitoring van directe effecten op soorten en hun ontwikkeling
Dit betreft het volgen van fenologische veranderingen bij verschillende soortgroepen. Bovenop de biologische kwaliteitselementen van de KRW zijn dit ook effecten op amfibieën, vogels en zoogdieren. Voorbeelden van te monitoren effecten zijn het later uitsluipen van libellen, het later in bloei komen van waterplanten, als ook verminderde groeisnelheid van waterplanten, macrofauna, amfibieën en vissen. Deze monitoring geeft zicht op de directe effecten op korte termijn op soorten en hun ontwikkeling. Daarnaast leidt het monitoren van directe effecten tot snellere kennisontwikkeling van de effecten van TEO op het ecologische functioneren van oppervlaktewateren.

In de volgende paragraaf wordt besproken hoe met deze drie typen de monitoring opgezet kan worden op drie niveaus die stapsgewijs een steeds breder beeld geven van de ecologische effecten van TEO.

3.2 Drie monitoringsniveaus

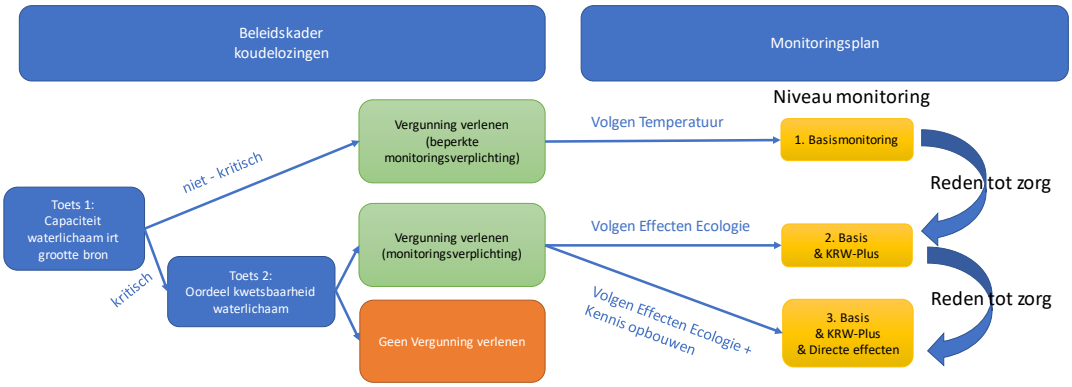
Het beleidskader omtrent TEO (Kruitwagen et al., in prep.), houdt rekening met de omvang van de TEO en de kwetsbaarheid van het watersysteem waarop geloosd wordt (zie Figuur 3.1). Uitgangspunt is dat er combinaties van wateren en omvang van koudelozingen vastgesteld kunnen worden waarbij het watersysteem wel of niet ‘at risk’ is. Bij het wel of niet ‘at risk’ zijn, hoort logischer

wijs ook een andere monitoringsinspanning. Hierbij is ook de ruimtelijke resolutie van de monitoring afhankelijk van de verwachte gevoeligheid van het ontvangende water. Het verschil in monitoringsinspanning wordt in dit monitoringsplan ondervangen door gebruik te maken van drie niveaus van monitoring:

Niveau 1: Basismonitoring
Worden watersystemen slechts licht belast, dan kan met een eenvoudige fysisch-chemische monitoring worden volstaan (monitoringstype 1). Bedrijfsgegevens maken hier ook onderdeel van uit. Dit wordt gezien als een basis om voor een watersysteem de vinger aan de pols te houden. Aan de hand van de watertemperatuur wordt bepaald wat het gebied is waarover een verandering van de watertemperatuur optreedt en dus waar zich mogelijke ecologische effecten zouden kunnen optreden;

Niveau 2: Niveau 1 & Monitoring ecologische effecten KRW-Plus
Zijn er gronden die het aannemelijk maken dat een oppervlaktewater effecten kan ondervinden, dan dient de niveau 1 monitoring te worden uitgebreid met een ecologische component: KRW-Plus monitoring (monitoringstype 2). Dit houdt in een intensivering van de standaard monitoring die in het kader van de KRW gebeurt, vaker en op meer plaatsen, gericht op de effecten van TEO;

Niveau 3: Niveau 2 & Monitoring directe effecten
Voor (sneller) inzicht krijgen middels directe effecten en kennisontwikkeling is er extra monitoring van direct effecten op soorten en hun ontwikkeling nodig (monitoringstype 3). Hierbij wordt gekeken naar de meest gevoelige aspecten van een oppervlaktewater als indicator voor effecten van TEO. De standaard KRW-bemonsteringen zijn hiervoor niet toereikend omdat daarbij vooral op de soortensamenstelling (als eindresultaat van verschillende processen) wordt gemonitord.



Figuur 3.1 Schema van de 3 niveaus van monitoring in relatie tot het vergunningenkader voor TEO.

Vanaf paragraaf 3.3 worden de verschillende typen van monitoring, die samen de niveaus van monitoring vormen, beschreven:

- Paragraaf 3.3: Monitoringstype 1: Basismonitoring van bedrijfsgegevens, waterbalans, fysica en chemie;
- Paragraaf 3.4: Monitoringstype 2: Monitoring KRW-Plus van ecologische effecten;
- Paragraaf 3.5: Monitoringstype 3: Monitoring van directe effecten op soorten en hun ontwikkeling

3.3 Indeling en gevoeligheid per watertype

Het effect van TEO op het ecologisch functioneren van watersystemen is afhankelijk van het type water (meer, sloot, rivier etc) en de omvang van een TEO. Het vaststellen van de kwetsbaarheid van een oppervlaktewater voor TEO is in grote lijnen verkend op basis van het zogenaamde stoplicht-model (Boderie & Wortelboer, 2018, Wortelboer, 2018).

Op basis van omvang en de kunstmatigheid van een oppervlaktewater en de gevoeligheid van de kenmerkende flora en fauna en ligging in Natura 2000-gebieden is in Boderie & Wortelboer (2018) een indeling gemaakt in categorieën voor de potentie voor TEO vanuit ecologisch perspectief.

Voortbouwend op deze methodiek volgt hier een wat meer gedetailleerde indeling, waarbij een link gemaakt is met de KRW-watertypen:

1. Grote wateren (Rijksmeren, grote rivieren, delta-wateren) zijn zo groot en hebben een zo groot debiet, dat geen verandering van de watertemperatuur te verwachten is bij aansluiten van een TEO-installatie met de capaciteit voor een groot kantoorgebouw. Hier kan de monitoring tot de basismonitoring (Monitoringsniveau 1) beperkt blijven. Bij stapeling van effecten door meerdere TEO-installaties of bij het aansluiten van bijvoorbeeld een warmtenet van een complete stad, zullen ook in de grote wateren effecten optreden en zal er nader onderzoek gedaan moeten worden (Monitoringsniveau 2). (KRW-watertypen o.a. M20, M21, R7, R8, O2.)
2. Kanalen, vaarten, weteringen en boezems zijn kunstmatige wateren waarin veelal menging optreedt door scheepvaart (beroepsvaart en recreatievaart), met geen of beperkte doelstellingen voor de KRW en Natura 2000. De ecologische risico's van TEO worden hiervoor vooralsnog als beperkt ingeschat. De monitoring kan in deze wateren plaatsvinden op Monitoringsniveau 1 bij wateren zonder KRW-doelstelling en Monitoringsniveau 2 bij wateren met KRW-doelstelling. (KRW-watertypen o.a. M3, M4, M6, M7, M3, M10.)
3. Wateren zoals diepe meren, matig grote en grote ondiepe meren hebben een groter volume en/of een grotere doorstroming. De watersystemen zijn hydrologisch sterk veranderd ten opzichte van een natuurlijke situatie of de watersystemen zijn voor de KRW aangemerkt als kunstmatig. De ecologische risico's worden vooralsnog als matig ingeschat, waarbij de effecten gevolgd moeten worden (Monitoringsniveau 2). (KRW-watertypen o.a. M14, M15, M19, M23, M24, M27, M29; geïsoleerde grotere of diepe niet-KRW-wateren.)
4. Kunstmatige wateren als slootsystemen, stadswateren en vijvers zijn in principe gegraven en zijn kunstmatig. De ecologische risico's van TEO worden voor stadswateren vooralsnog als beperkt ingeschat (Monitoringsniveau 1), maar de effecten op biodiverse slootsystemen kunnen aanzienlijk groter zijn (Monitoringsniveau 2). (KRW-watertypen o.a. M1, M2, M8; niet-KRW-wateren binnen de bebouwde kom.)
5. Grotere beken, riviertjes en kleine ondiepe meren hebben beperkte capaciteit voor winning van warmte/koude. De soorten die hierin voorkomen (en dus het ecosysteem) hebben een matige gevoeligheid voor temperatuurveranderingen. Onder voorwaarden (o.a. afhankelijk van te winnen warmte/koude, debiet, enz) kunnen deze wateren (beperkt) ingezet worden voor TEO. Hier is echter nog veel te onderzoeken, bijvoorbeeld middels een monitoringsverplichting (Monitoringsniveau 2 of 3). (KRW-watertypen o.a. R5, R6, R12, R14, R15, R18.)
6. Kleine wateren zoals vennen, bronnen, moerassen en bovenloopjes van beken bevatten veel temperatuur-gevoelige en temperatuur-kritische soorten, relatief weinig volume/debiet, zijn deels aangewezen als natuurlijk water voor de KRW en liggen veelal in Natura 2000-gebieden. De ecologische risico's van TEO worden bij voorbaat als groot ingeschat (waarbij effecten op het niveau van het gehele watersysteem snel kunnen optreden). Voor de ze wateren wordt hier geen monitoringsniveau gegeven, aangezien toepassing van TEO in deze wateren als niet-opportuun beschouwd wordt. (KRW-watertypen o.a. M12, M13, M25, M26, R1, R2, R3, R4, R9, R11, R13, R17, R19, R20; kleine niet-KRW-wateren zoals ondiepe poelen.)

Bovenstaande is een voorlopige risico-inschatting. De totale omvang van de lozingen in combinatie met de kwetsbaarheid van het waterlichaam bepaalt welk risico een watersysteem uiteindelijk loopt. Het beleidskader koudelozingen (Kruitwagen et al., in prep.) biedt ook handvatten voor deze risico-inschatting.

3.4 Basismonitoring: monitoring van bedrijfsgegevens, waterbalans, fysica en chemie

Om de basismonitoring vorm te geven is deze opgezet in 2 delen. Eerst moet inzicht worden verkregen in de huidige situatie en de te verwachten effecten (paragraaf 3.4.1). Op basis van die kennis kunnen de juiste meetlocaties worden vastgesteld. Vervolgens wordt aan de hand van die locaties de vinger aan de pols gehouden voor wat betreft ecologische effecten. De daarvoor benodigde opzet van de monitoring (parameters, frequentie) worden in de paragraaf 3.4.3 toegelicht.

- Inzicht in de bestaande en toekomstige situatie
    a. Vaststellen effectgebied
    b. Keuze van de representatieve meetlocaties
    c. Keuze van de representatieve referentielocatie(s)
- Opzet van de metingen

3.4.1 Inzicht in de bestaande en toekomstige situatie

Het effectgebied van TEO is in kaart te brengen met behulp van niveau 1 monitoring. Hiervoor is de volgende basisinformatie nodig:

1. Omvang van het watersysteem:
   de omvang van het watersysteem waarop geloosd gaat worden (lengte, breedte, diepte, ruimtelijke ligging, verbindingen met andere wateren).
2. Waterbalans:
   het opstellen van een waterbalans op basis van minimaal maandgegevens voor een overzicht van de wateruitwisselingen met andere systemen (inlaat, uitlaat, kwel, inzijging, verdamping, neerslag)
3. Bedrijfsgegevens
   Dagelijkse bedrijfsgegevens over:
    a. het aantal operationele uren en operationele periode gedurende de 24 uur.
    b. het debiet (m^3/uur)
    c. de temperatuur van het ingenomen water (°C, daggemiddelde van uur-metingen)
    d. de temperatuur van het geloosde water (°C, daggemiddelde van uur-metingen)
    e. daggemiddelde ΔT

   In het geval dat er meerdere instroom- dan wel uitstroompunten in gebruik zijn, de waarden van de bovengenoemde variabelen per punt.

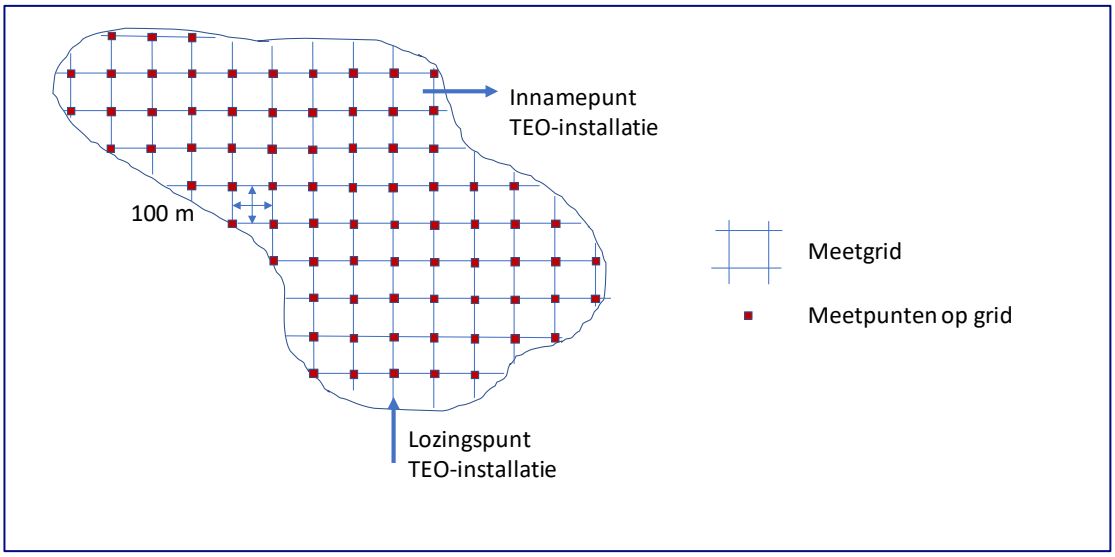
Vaststellen effectgebied

Het effectgebied van de TEO-installatie kan vervolgens geschat worden op basis van:

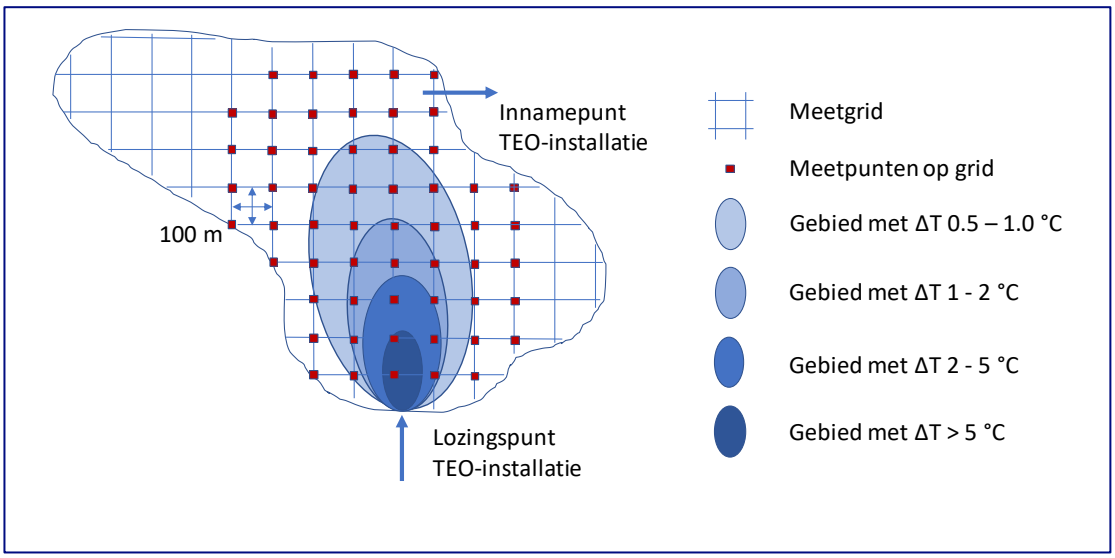
- modelberekeningen van de verspreiding van de temperatuur in het watersysteem,
- een met argumenten onderbouwde schatting op basis van expertkennis.

Op basis van de uitkomsten kan een initieel meetnetwerk worden aangelegd (Figuur 3.2), waarbij de eerste meetrondes dienen ter validatie van het geschatte effectgebied.

Voor het monitoren van temperatuur verandering door TEO wordt geadviseerd de volgende isolijnen (lijnen met gelijke waarden) van ΔT vast te stellen op basis van de gemiddelde en maximale temperatuuronttrekking: 10°C, 5°C, 2°C, 1°C en 0.5°C (Figuur 3.3). Let op dat de basistemperatuur van een watersysteem, inclusief de variatie daarin, van te voren bekend moet zijn. Dit kan gemeten worden zoals hieronder voorgesteld voor de ΔT-isolijnen, maar dan zonder een in bedrijf zijnde TEO-installatie. Deze controlemetingen moeten, indien van toepassing, plaats vinden in verschillende perioden in relatie tot fluctuaties in de waterbalans. De ΔT-isolijnen kunnen vastgesteld worden door op evenredig van elkaar liggende punten (bijvoorbeeld de snijpunten van het initiële meetgrid) de temperatuur te meten en middels interpolatie de punten met gelijke ΔT met elkaar te verbinden (Figuur 3.3).



Figuur 3.2 Voorbeeld van een meer met een koudelozing door een TEO-installatie en positionering van initieel grid van meetpunten voor de monitoring van het effectgebied qua watertemperatuur. De afstand tussen de meetpunten is afhankelijk van lokale omstandigheden, waaronder grootte van de lozing en grootte van het ontvangend water.



Figuur 3.3 Voorbeeld van een meer met koudelozing door een TEO-installatie met ΔT van 8 °C na vaststelling van effectgebied voor de watertemperatuur en met een gereduceerd aantal meetpunten voor de maandelijkse scan van de watertemperatuur.

3.4.2 Referentie en nulmeting

Zowel voor de temperatuurmonitoring als voor de monitoring van de ecologische effecten is het van groot belang om een referentiekader te hebben: Wat is de normale toestand? Wat is de normale variatie tussen meetpunten? Wat is de normale variatie in de tijd? Hiervoor zijn meetgegevens van een referentiesituatie of nulmeting noodzakelijk. Zie verder paragraaf 3.7.

3.4.3 Opzet van de metingen

Check op effectgebied

Het effectgebied kan in de tijd variëren als gevolg van enerzijds de natuurlijke variaties in het watersysteem, anderzijds vanwege veranderingen in de (omvang van de) lozing. Daarom wordt aanbevolen:

1. Maandelijks het effectgebied te monitoren op basis van de watertemperatuur (Figuur 3.3). Wanneer de waterbalans grote fluctuaties binnen een maand heeft, door verandering in bijvoorbeeld instroming of doorstroming, wordt geadviseerd tweewekelijks te meten (of meer indien dit nodig wordt geacht). De ruimtelijke meetresolutie voor het juist kunnen schatten van de lijnen met gelijke ΔT (isolijnen) is afhankelijk van de omvang (debiet en ΔT) van de lozing en omvang van en stroming in het ontvangende watersysteem. Op basis van de schatting van het effectgebied en de ΔT-isolijnen wordt een initieel meetnet opgesteld, dat bijgesteld kan worden aan de hand van de verzamelde temperatuurdata.
2. Dagelijkse bedrijfsgegevens te monitoren:
    a. het aantal operationele uren en operationele periode gedurende de 24 uur;
    b. het debiet (m^3/uur);
    c. de temperatuur van het ingenomen water (°C, daggemiddelde van uur-metingen);
    d. de temperatuur van het geloosde water (°C, daggemiddelde van uur-metingen).

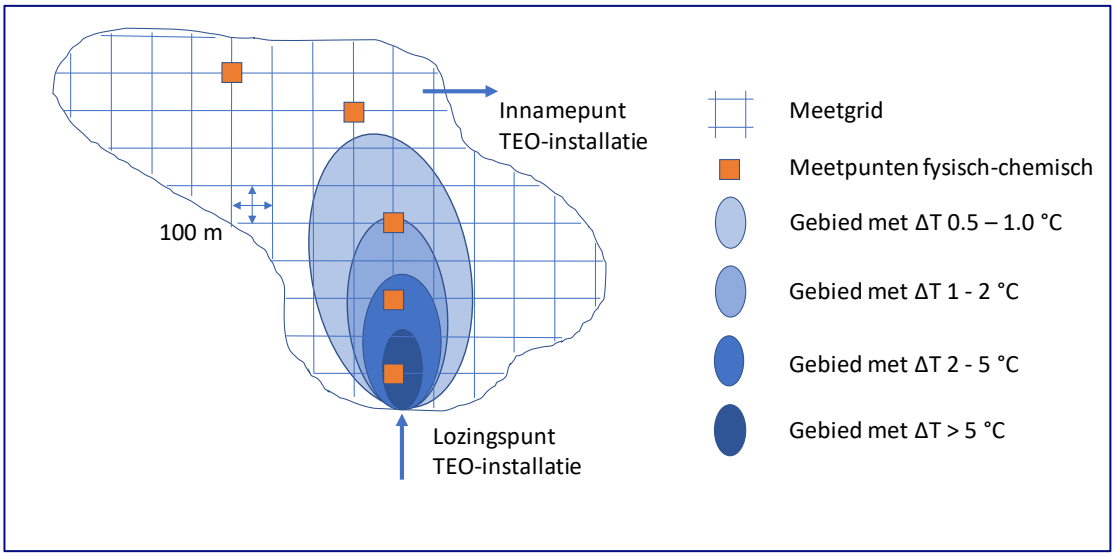
    In het geval dat er meerdere instroom- dan wel uitstroompunten in gebruik zijn, de waarden van de bovengenoemde variabelen per punt.

Vinger aan de pols

Om daadwerkelijk de vinger aan te pols te kunnen houden wat betreft effecten zijn de volgende metingen noodzakelijk:

1. Wekelijks de temperatuur te meten op minimaal 5 meetpunten die een goede indicator voor het effectgebied zijn (ΔT-isolijnen) om een vinger aan de pols te houden voor temporele variatie (Figuur 3.4).

    Omdat het mogelijk is dat een koudwaterlozing zich naar de bodem verplaatst, dienen temperatuurmetingen uitgevoerd te worden op 0.5 m boven de bodem en op elke gehele meter gerekend vanaf het wateroppervlak: dus bij een waterdiepte van 3 m: op 1 m, 2 m en 2.5 m diepte; bij een waterdiepte van 3.25 m dus op 1 m, 2 m en 2.75 m diepte. Bij wisselende waterstanden kan de diepte van de onderste meting eveneens wisselen, maar is wel steeds 0.5 m boven de bodem.
2. Naast het meten van de temperatuur, moeten ook zuurstof, pH, doorzicht en chlorofyl-a wekelijks worden gemeten op de (minimaal) vijf indicator-meetpunten (Figuur 3.4). Voor zuurstof en pH geldt dezelfde verdeling over de diepte van de metingen als bij temperatuur. Chlorofyl-a wordt alleen 1 m onder het wateroppervlak gemeten en doorzicht betreft 1 meting (verticaal gemeten) per meetpunt. Zuurstof is een belangrijke parameter voor het biologisch leven in de plas. Doorzicht, pH en gehalte aan chlorofyl-a geven een indicatie van de biomassa van de drijvende algen (fytoplankton) in het water en de intensiteit van de primaire productie (verhoogde primaire productie geeft een stijging van de pH). Het tijdstip van de metingen wordt per monster geregistreerd.
3. Metingen van nutriënten, totaal stikstof, nitraat, ammonium, kjeldahl-stikstof, totaal fosfaat en orthofosfaat, moeten eens in de 4 weken uitgevoerd worden op de 5 indicator-meetpunten (Figuur 3.4Figuur 3.5), en op één meter onder het wateroppervlakte. Deze parameters geven mogelijk een indicatie of er aan de voedselrijkdom in de plas iets verandert als gevolg van TEO (denk aan veranderingen in de nalevering van nutriënten vanuit de bodem).



Figuur 3.4 Voorbeeld van een meer met koudelozing door een TEO-installatie na vaststelling van effectgebied voor watertemperatuur met een 5-tal meetpunten voor wekelijkse metingen van fysisch-chemische parameters (temperatuur, zuurstof, pH, doorzicht en chlorofyl-a) en maandelijkse metingen van nutriënten (totaal stikstof, nitraat, ammonium, kjeldahl-stikstof, totaal fosfaat en orthofosfaat).

3.4.4 Samenvattend schema Basismonitoring

Tabel 3.1 Samenvattend schema Basismonitoring

Type	Basismonitoring
Niveau	Monitoringsniveau 1, 2 en 3
Doel	Vaststellen kenmerken lozing
Wanneer	Gedurende looptijd TEO
	+ Nulmeting!
Waar	TEO-vergunningen voor alle watertypen
	Beinvloedingsgebied en/of 5 indicatorlocaties en referentielocatie

		Categorie watertype				
Wat		Grote wateren	Sloten	Vaarten, Boezems	Beken, Riviertjes	Meren
Bedrijfsgegevens	Draaiuren (storingen)	✓	✓	✓	✓	✓
	Debiet	✓	✓	✓	✓	✓
	T-inlaat	✓	✓	✓	✓	✓
	T-uitlaat	✓	✓	✓	✓	✓
Fysica	Waterbalans	✓	✓	✓	✓	✓
	Temperatuur	✓	✓	✓	✓	✓
	Doorzicht	✓	✓	✓	✓	✓
Chemie	Zuurstof	✓	✓	✓	✓	✓
	pH	✓	✓	✓	✓	✓
Nutrienten	Nutriënten	✓	✓	✓	✓	✓
Biologisch	Chlorofyl-a	✓	✓	✓	✓	✓

3.5 KRW-Plus monitoring: monitoring van ecologische effecten

3.5.1 Inzicht in de bestaande en toekomstige situatie

Voor de monitoring van effecten in de meer gevoelige oppervlaktewateren wordt voorgesteld om in aanvulling op de basismonitoring aan te sluiten bij de monitoring zoals uitgevoerd voor de Kaderrichtlijn Water (KRW). Omdat de gangbare monitoringsfrequentie en ruimtelijke meetpunten voor de KRW onvoldoende is om op korte en middellange termijn (<9 jaar) veranderingen in het watersysteem als gevolg van TEO te detecteren, wordt hier een uitbreiding van de standaard KRW-monitoring voorgesteld: KRW-Plus. Dit betreft een intensivering in de tijd (jaarlijkse metingen) en in de ruimte (meerdere locaties in het watersysteem per installatie voor TEO) ten opzichte van de gangbare KRW-monitoring.

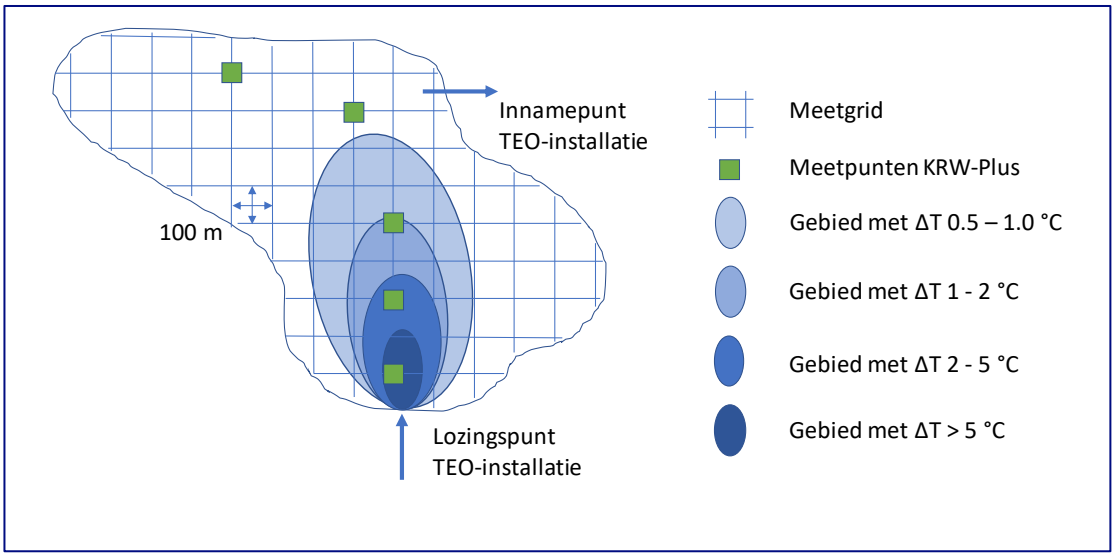
3.5.2 Referentie en nulmeting

Voor de monitoring van de ecologische effecten is het van groot belang om een referentiekader te hebben: Wat is de normale toestand? Wat is de normale variatie tussen meetpunten? Wat is de normale variatie in de tijd? Bestaande KRW-monitoring zou hiervoor kunnen dienen. Hiervoor zijn meetgegevens van een referentiesituatie of nulmeting noodzakelijk. Zie verder paragraaf 3.7.

3.5.3 Opzet van de metingen

Bestaande standaard meetpunten en monsterpunten voor de KRW kunnen een onderdeel vormen van deze meetinspanning. Het aantal monsterpunten bedraagt *minimaal* vier punten per TEO-installatie: twee in het door TEO beïnvloede gebied en twee in niet-beïnvloede gebied (Figuur 3.5Figuur 3.5). Wanneer het watersysteem rechtlijnig is en rondstroming optreedt, zoals in een slotensysteem, is een monitoringsopzet van 4 vergelijkbare monsterpunten op een lijn vanaf het lozingspunt tot aan het innamepunt mogelijk een betere invulling. De elementen die meegenomen worden in deze KRW-Plus monitoring zijn die biologische kwaliteitselementen voor de KRW die van belang zijn voor het betreffende watertype.

Indien een watersysteem geen KRW-watertype toegewezen heeft gekregen vanuit de waterbeheerder, dan wordt een meest-gelijkend KRW-watertype gekozen op basis van een voorafgaande scan van hydro-morfologische en ecologische kenmerken.



Figuur 3.5 Voorbeeld van een meer met koudelozing door een TEO-installatie na vaststelling van effectgebied voor watertemperatuur met meetpunten voor KRW-Plus monitoring voor het volgen van de ecologische toestand van de biologische kwaliteitselementen voor de KRW.

Wanneer van toepassing, wordt geadviseerd in de verzamelde data extra aandacht te besteden aan toe- of afname van temperatuur-kritische soorten (dit zijn soorten met een beperkte range aan watertemperaturen waarbij ze kunnen overleven), omdat deze soorten goede indicatoren zijn van eventuele temperatuurveranderingen. Per watersysteem dient vastgesteld te worden of deze soorten aanwezig zijn voorafgaand aan de inwerkingtreding van de TEO-installatie.

Macrofauna is een bewerkelijke soortgroep wat betreft de monitoring. Determinatie tot op soortniveau is vaak lastig en tijdrovend. Om dit te verhelpen is een quickscan-methode voor macrofauna opgezet. Deze methode is getest op sloten en beken (Vlek et al, 2013; Verdonschot & Verdonschot, 2019). De resultaten van deze methode lijken sterk op die van de normale manier van uitzoeken en determineren. De quickscan-methode is bij uitstek geschikt voor de bemonsteringen op meerdere punten om een ruimtelijk beeld te verkrijgen zoals nodig is voor het beoordelen van de effecten van aquathermie.

Vissen worden als belangrijke soortgroep voor de monitoring van de effecten van TEO op het ecologisch functioneren van een oppervlaktewater gezien. Hiervoor dienen aparte bestands-schattingen gemaakt te worden, minimaal één voor het wel en één voor het niet door TEO beïnvloede gebied.

De formele regels voor de toetsing en beoordeling voor de KRW (o.a. over ligging van meetpunten en aggregatie van gegevens naar een waterlichaam) zijn ***niet*** van toepassing.
Zowel voor de temperatuurmonitoring als voor de monitoring van de ecologische effecten is het van groot belang om een referentiekader te hebben: Wat is de normale toestand? Wat is de normale variatie tussen meetpunten? Wat is de normale variatie in de tijd? Zie verder paragraaf 3.7.

3.5.4 Samenvattend schema KRW-Plus monitoring

Tabel 3.2 Samenvattend schema KRW-Plus monitoring

Type	KRW-Plus					
Niveau	Monitoringsniveau 2 en 3					
Doel	Volgen van ecologische toestand					
Wanneer	Gedurende looptijd TEO + Nulmeting!					
Waar	TEO-vergunningen voor locaties waar ecologische					
	Effectgebied; ca 4 locaties in de pluim + ca 2 referentielocaties					
		Categorie watertype				
Wat		Grote wateren	Sloten	Vaarten, Boezems	Beken, Riviertjes	Meren
KRW-Plus	Fytoplankton	✓ (meren, kustwateren)				✓
	Macrofyten (waterplanten)	✓	✓	✓	✓	✓
	Fytobenthos	✓ (rivieren)			✓	
	Macrofauna	✓	✓	✓	✓	✓
	Vis	✓	✓	✓	✓	✓

3.6 Monitoring van directe effecten op soorten en hun ontwikkeling

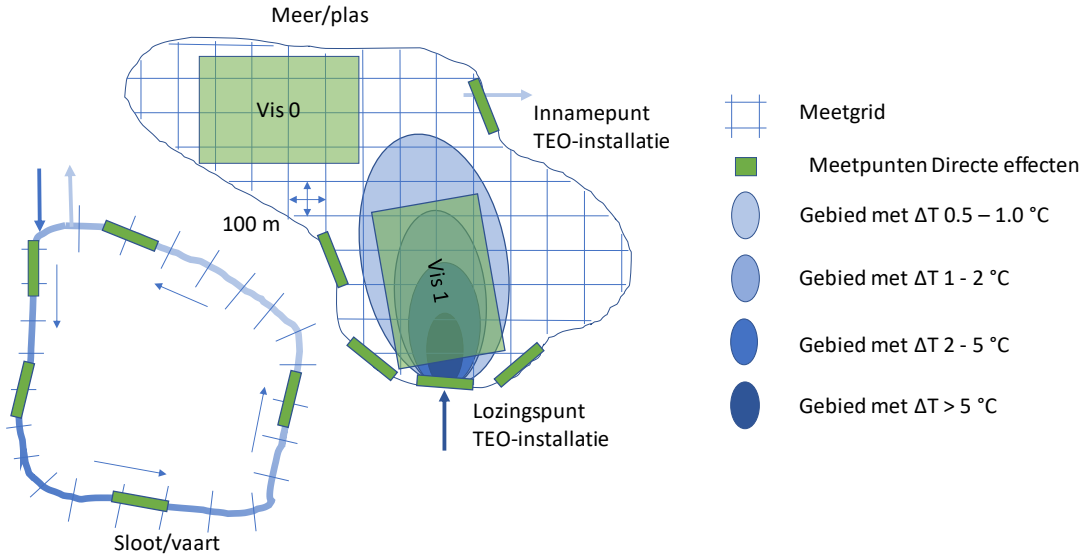
3.6.1 Inleiding

Monitoringsniveau 3 is gericht op extra kennisvergaring (middels het uitvoeren van onderzoek), waarbij bovenop monitoringniveau 2 specifiek wordt gekeken naar de ontwikkeling van soorten, met name van bepaalde indicatorsoorten hun ontwikkeling van ei tot volwassen dier door het seizoen heen. De effecten van de monitoring worden onderverdeeld in directe en indirecte effecten. Een verminderde groeisnelheid van waterplanten is een direct effect, het sneller gegeten worden van soorten die meer last hebben van de koude (bijvoorbeeld langzamer bewegen en daardoor gemakkelijker te vangen zijn) is een indirect effect. Verder is er een onderverdeling tussen sessiele (vastzittende) en mobiele soorten. De effecten van TEO op sessiele soorten is makkelijker te meten dan die op mobiele soorten, omdat sessiele soorten niet weg kunnen trekken vanuit een gebied met een koudelozing. Om deze reden wordt geadviseerd om bij monitoring van Niveau 3 te kijken naar sessiele soortgroepen (waterplanten, macrofauna) en voor meer mobiele soorten een heldere afweging te maken tussen wat het monitoren ervan oplevert en de inspanning die het kost. Bij de meer mobiele soortgroepen (amfibieën, vissen, vogels) is gekeken naar indicatoren die afhankelijk zijn van lokale omstandigheden (ontwikkeling van eieren, larven en jonge vis en nestsucces). Per soortgroep wordt voorgesteld om minimaal 2 indicatoren te monitoren.

Een eerste effectschatting op mobiele soorten kan gedaan worden aan de hand van response curves van fysisch-chemische parameters en de aanwezigheid van deze soorten. Op basis van deze response curves kunnen kaarten gemaakt worden die aangeven hoe koudelozingen bijvoorbeeld een vertragend effect hebben op de eileg en het uitkomen van vissen- en amfibieën-eieren.

Opzet van de metingen

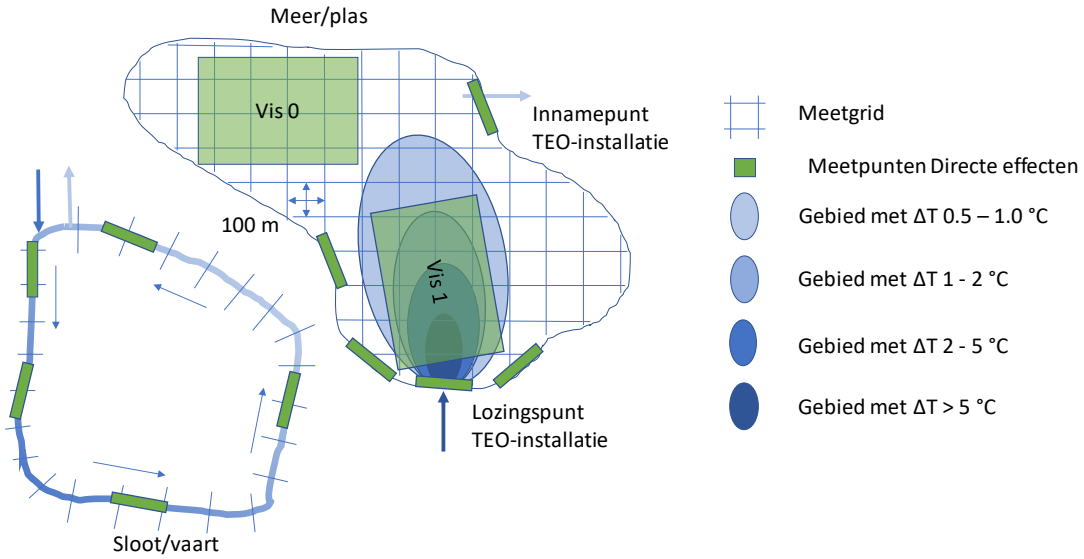
De ligging van de meetpunten ten opzicht van de lozings- en innamepunten van de TEO-installatie is maatwerk.



Figuur 3.6 geeft een voorbeeld van de ligging van meetpunten voor Monitoringsniveau 3 voor een meer en een slootsysteem.

Verschillen tussen watertypen

De gebruikte soorten en soortgroepen kunnen per watertype verschillen. De selectie van soorten voor het detecteren van directe effecten van TEO is tot stand gekomen door interviews met EIS/Naturalis, RAVON, FLORON en SOVON (zie Hoofdstuk 7). De indicatorsoorten zijn gericht op het detecteren van effecten van koudelozingen op de levenscyclus van planten en dieren. Per soortgroep wordt hieronder een beknopte beschrijving gegeven van een selectie van mogelijke indicatoren alsmede voor welke watertypen dit relevant is om te monitoren. Per watersysteem dient afgewogen te worden welke indicatoren binnen het effectgebied (voldoende) aanwezig zijn en gemonitord kunnen worden.



Figuur 3.6 Voorbeeld van de ligging van meetpunten voor de monitoring van d directe effecten op soorten en hun ontwikkeling voor een meer en een slootsysteem met koudelozing door een TEO-installatie na vaststelling van effectgebied voor watertemperatuur. Aangegeven is hoe naast de KRW-Plus vis-monitoring binnen en buiten het effectgebied (respectievelijk Vis 1 en Vis 0) langs de oevers specifieke monitoring voor effecten op waterplanten, macrofauna en vis uitgevoerd kan worden. In een sloot of vaart betreft de monitoring de gehele breedte van het watersysteem.

Verdere uitwerking nodig

Deze handreiking gaat niet in op de uitwerking van bemonsteringsstrategieën voor de betreffende indicatoren (zoals periode, tijd en plaats van monitoring, methode van bemonstering en gebruik van materialen). Hiervoor zullen experts geraadpleegd moeten worden.

De monitoring van momenten (begin bloei etc.) kan lastig zijn en een grote monitoringsinspanning vergen. Wellicht dat volstaan kan worden om regelmatig het stadium te beschrijven en het percentage bloeiende planten te registreren. Dit vergt verdere uitwerking en testen in het veld.

Referentie en nulmeting

Ook voor de monitoring van de effecten op soorten is het van groot belang om een referentiekader te hebben: Wat is de normale aanwezigheid en ontwikkeling van soorten? Wat is de normale variatie in deze parameters tussen meetpunten? Wat is de normale variatie in de tijd? Om hier een idee van te krijgen, zijn meetgegevens van een referentiesituatie of nulmeting noodzakelijk. Zie verder paragraaf 3.7.

Hieronder worden de specifieke indicatoren die gebruikt kunnen worden voor de monitoring van de effecten op soorten per soortgroep kort toegelicht.

3.6.2 Waterplanten

Over effecten van TEO op macrofauna is gesproken met Michiel Verhofstad van FLORON (zie voor een gespreksverslag de bijlagen).

Waterplanten kunnen directe effecten ondervinden van een lagere watertemperatuur wat zich kan uiten in een lagere groeisnelheid, het later en minder in bloei komen en mogelijk (wellicht pas op langere termijn) de soortensamenstelling. Tabel 3.3 geeft per watertype aan welke aspecten van waterplanten gemeten kunnen worden.

Tabel 3.3 Indicatoren voor het monitoren van directe effecten van TEO op waterplanten.

Categorie	Grote wateren	Sloten	Vaarten, boezems	Beken, riviertjes	Meren
Voorkomen					
Soortensamenstelling		X	X	X	X
Groei					
Moment van verschijnen eerste blad boven water		X	X	X	X
Gemiddelde stengelhoogte boven water van emerse soorten		X	X	X	X
Bedekking per groeivorm (submers, drijfblad, emers)		X	X	X	X
Bloei				X	
Begin bloeiperiode		X	X	X	X
Bloeirijkheid (aantal bloemen, grootte bloemhoofdje)		X	X	X	X

3.6.3 Macrofauna

Over effecten van TEO op macrofauna is gesproken met Bram Koese van EIS/Naturalis (zie voor een gespreksverslag de bijlagen).

Macrofauna-soorten zijn voor hun activiteit afhankelijk van de watertemperatuur. Directe effecten op macrofauna zijn te verwachten op de groeisnelheid en de levenscyclus van de dieren.

Van libellen zijn de huidjes waar de larven uitgekropen (uitgeslopen) zijn zichtbaar in de oeverplanten. Hiermee kan bijgehouden worden wanneer de larven de gedaantewisseling doormaken naar adulten en of dit door TEO beïnvloed wordt. Bij waterkevers en waterwantsen zijn de larvestadia goed te onderscheiden en kan de ontwikkeling van de juveniele fase aan de hand van deze stadia gevolgd worden om het effect van koudelozingen op de ontwikkeling ervan te duiden.
Haften in meren maken de gedaantewisseling van larve naar volwassen individu vaak massaal door op warme zomeravonden. In meren komen soorten van het geslacht Caenis voor die dit gedrag vertonen. Vlak na de gedaanteverwisseling gaan ze dichtbij de oever nogmaals vervellen en kunnen deze lege huidjes geteld worden.
Vlokreeften (gammariden) komen veelvuldig voor in redelijk schoon tot schoon, stilstaand en stromend water. Door de grootte van de dieren te volgen kan een eventueel effect op de ontwikkeling (groeisnelheid) gedetecteerd worden.
In grotere wateren zijn slakken en tweekleppigen dominanter aanwezig. Daarvan geeft de grootte-verdeling een idee van de groeisnelheid van de dieren.

Bronnen en kleine bovenlopen van beken zijn watersystemen die voor een groot deel gevoed worden vanuit opkwellend grondwater. Hierdoor is de watertemperatuur in deze watersytemen door het naar heen nagenoeg gelijk aan die van het grondwater (circa 10-12 °C). Hier leven soorten die specifiek zijn aangepast aan deze omstandigheden, sterk afhankelijk zijn van een hoog zuurstofgehalte, en bij hogere watertemperaturen niet zouden kunnen overleven (zogenaamde temperatuur-kritische soorten). Goede indicatorsoorten zijn die soorten die sterk reageren op verandering in de temperatuur, zoals bijvoorbeeld larven van steenvliegen (*Plecoptera*), haften (*Ephemeroptera*) en schietmotten (*Trichoptera*). Vaak zijn dit ook zeldzame soorten, die niet in alle watersystemen voorkomen. Daar waar ze wel voorkomen zijn ze indicatoren per uitstek om de effecten van koudelozingen te monitoren. Per locatie dient gekeken te worden welke soorten in voldoende mate aanwezig zijn om gemonitord te kunnen worden. Op andere plaatsen kunnen andere soorten geselecteerd worden. Bij voorkeur wordt een niet-destructieve bemonsterings-methode gebruikt.

Tabel 3.4 geeft een overzicht van welke indicatoren voor macrofauna te monitoren zijn in welke watertypen.

Tabel 3.4 Indicatoren voor het monitoren van directe effecten van TEO op macrofauna.

Categorie	Grote wateren	Sloten	Vaarten, boezems	Beken, riviertjes	Meren
Insecten					
Uitsluipen larven libellen		X	?	?	
Larve-stadia waterkevers & waterwantsen		X	X	X	
Uitvliegen haften (*Caenis*)					X
Kreefachtigen					
Grootte vlokreeften (*Gammarus*)		X		X	
Mollusken					
Grootte-verdeling slakken & tweekleppigen		X	X		X

3.6.4 Amfibieën

Over effecten van TEO op vissen is gesproken met Annemarieke Spitzen en Thijs Schippers van RAVON (zie voor een gespreksverslag de bijlagen).

Directe effecten van een lagere watertemperatuur op amfibieën zullen zich met name voordoen in de fase met eieren (kikker- en paddendril) en gedurende het opgroeien van de larven (kikker- en paddenvisjes). Als eieren zich te traag ontwikkelen, kunnen ze vatbaarder zijn voor aantasting door schimmels. De groei van kikker- en paddenvissen verloopt trager bij lagere temperaturen. Doordat ze overdag actief warmere plekken in het water opzoeken (bijvoorbeeld ondiepe oevers) kunnen ze effect van lagere watertemperaturen door TEO mogelijk ontlopen.
Een indirect effect is dat kikker- en paddenvisjes bij lagere temperaturen zich trager bewegen waardoor ze als gevolg van TEO een gemakkelijker prooi voor warmbloedige dieren (zoals vogels) zouden kunnen vormen.

Figuur 3.7 geeft een overzicht van welke indicatoren voor vissen te monitoren zijn in welke watertypen.

Figuur 3.7 Indicatoren voor het monitoren van directe effecten van TEO op amfibieën.

Categorie	Grote wateren	Sloten	Vaarten, boezems	Beken, riviertjes	Meren
Voorkomen					
Soortensamenstelling		X	X	X	
Aantal dieren per soort		X	X	X	
Voortplanting					
Verschijnen eerste dril/snoer		X	X	X	
Percentage uitgekomen eieren		X	X	X	
Lengte-ontwikkeling kikkervisjes en paddenvisjes		X	X	X	

3.6.5 Vissen

Over effecten van TEO op vissen is gesproken met Annemarieke Spitzen en Thijs Schippers van RAVON (zie voor een gespreksverslag de bijlagen).

De activiteit van vissen wordt mede bepaald door de temperatuur van het water. Directe effecten op vissen kunnen optreden doordat bij een lagere watertemperatuur de groeisnelheid van de jonge vissen lager is. Hierdoor kan het zijn dat de vis onvoldoende groot is, en daardoor aan het eind van

het zomerseizoen onvoldoende voedselvoorraad heeft om de winter door te komen. Als er effecten waarneembaar zijn, vissen zijn mobiel, dan zullen die waarneembaar zijn in de kleinere watersystemen op soorten die langer op dezelfde plaats verblijven.
Een indirect effect kan optreden als vissen door een lagere watertemperatuur langzamer reageren op predatoren (bijvoorbeeld warmbloedige, visetende vogels) en daardoor een hogere sterfte optreedt. Mogelijk dat dit effect in de monitoring zichtbaar wordt in de onderlinge verhoudingen tussen jaarklassen.
Tabel 3.5 geeft een overzicht van welke indicatoren voor vissen te monitoren zijn in welke watertypen.

Tabel 3.5 Indicatoren voor het monitoren van directe effecten van TEO op vissen

Categorie	Grote wateren	Sloten	Vaarten, boezems	Beken, riviertjes	Meren
Voorkomen					
Soortensamenstelling		X	X	X	X
Aantallen per lengteklasse		X	X	X	X
Grootte-verdeling van jaarklassen		X	X	X	X

3.6.6 Vogels

Over effecten van TEO op vissen is gesproken met van Ruud Foppen van SOVON (zie voor een gespreksverslag de bijlagen).

De inschatting is dat vogels weinig directe effecten ondervinden van koudelozingen zelf. Indirecte effecten kunnen verstoring van broed-, rust- en foerageerplaatsen door onderhoud van de TEO-installaties op verstoringsgevoelige plaatsen zijn. Een andere indirect effect van koudelozingen op vogels is de mogelijk latere ontwikkeling van vegetatie als gevolg van kouder water, waardoor er minder nestmateriaal beschikbaar is of de verankering van nesten slechter is. Dit kan gemonitord worden door het aantal broedplaatsen van vogels te tellen. De verwachting is als dit al voorkomt, dit zich vooral voordoet in sloten, vaarten en boezems en meren.
Tabel 3.6 geeft een overzicht van welke indicatoren voor vogels te monitoren in welke watertypen.

Tabel 3.6 Indicatoren voor het monitoren van directe effecten van TEO op vogels.

Categorie	Grote wateren	Sloten	Vaarten, boezems	Beken, riviertjes	Meren
Voorkomen					
Soortensamenstelling van waterbroeders en rietbroeders		X	X		X
Aantal broedpaar van waterbroeders en rietbroeders		X	X		X
Voortplanting					
Broedsucces van waterbroeders en rietbroeders		X	X		X

3.6.7 Zoogdieren

Het effect van TEO op zoogdieren is naar verwachting klein, omdat er relatief weinig soorten zoogdieren in het water leven, deze soorten ook op land leven en deze soorten zeer mobiel zijn. Echter, een speciale groep om te monitoren is vleermuizen. Niet omdat verwacht wordt dat vleermuizen direct zullen reageren op de effecten van koudelozingen, maar om dit juist uit te kunnen sluiten en discussies hierover voor te zijn. Directe effecten zijn te verwachten via de water- en luchttemperatuur. Vleermuizen zijn gevoelig voor de temperatuur van de lucht. Indirecte effecten zijn mogelijk via een verandering in het voedselaanbod van insecten als gevolg van TEO-installaties. Voor vleermuizen zijn met name de watertypen vaarten en boezems en meren van belang als foerageerplaatsen (Tabel 3.7). Monitoring van vleermuizen vindt plaats door vliegende dieren te tellen.

.

Tabel 3.7 Indicatoren voor het monitoren van directe effecten van TEO op vleermuizen.

Categorie	Grote wateren	Sloten	Vaarten, boezems	Beken, riviertjes	Meren
Voorkomen					
Soortensamenstelling			X		X
Gebruik vliegroute			X		X
Gebruik foerageergebied			X		X

3.6.8 Samenvattend schema Monitoring directe effecten op soorten en hun ontwikkeling

Tabel 3.8 Samenvattend schema monitoring directe effecten op soorten en hun ontwikkeling

Type	Monitoring directe effecten					
Niveau	Monitoringsniveau 3					
Doel	Signaleren effecten + kennis opbouwen					
Wanneer	Mogelijk tijdelijk + Nulmeting!					
Waar	TEO-vergunningen voor locaties waar ecologische effecten te verwachten zijn					
	Beinvloedingssgebied; afhankelijk van te monitoren soorten + ca 2 referentielocaties					
		Categorie watertype				
Wat		Grote wateren	Sloten	Vaarten, Boezems	Beken, Riviertjes	Meren
Directe effecten	Waterplanten		✓	✓	✓	✓
	Macrofauna		✓	✓	✓	✓
	Amfibieën		✓	✓	✓	
	Vissen		✓	✓	✓	✓
	Vogels		✓	✓		✓
	Vleermuizen			✓		✓

3.7 Referentie en nulmeting

Zowel voor de temperatuurmonitoring als voor de monitoring van de ecologische effecten is het van groot belang om een referentiekader te hebben: Wat is de normale toestand? Wat is de normale variatie tussen meetpunten? Wat is de normale variatie in de tijd?

Om de metingen na inwerkingtreding van een TEO-installatie op een goede manier te kunnen interpreteren is een goed beeld nodig van hoe de situatie er uit zou zien zonder de koudelozingen. Hiervoor zijn verschillende strategieën beschikbaar:

1. Historische referentie of nulmeting: hiervoor dient voorafgaand aan de aanleg en het inwerkingtreding van een TEO een duidelijk beeld verkregen te worden hoe een watersysteem er uitziet, wat de ‘normale’ waarden (en ranges) zijn van de watertemperatuur, fysisch-chemische parameters en de ecologie. Dit vergt minimaal één jaar (een geheel groeiseizoen van april t/m september) voorafgaand aan de uitvoering van de plannen. Probleem bij een historische referentie is dat er beïnvloedende factoren zijn die geen relatie hebben met de TEO-installatie (zoals klimaat en weer, veranderend landgebruik, enz.). Bestaande KRW-monitoring kan dienen als referentie voor de KRW-Plus monitoring.
2. Onafhankelijke referentie van een ander watersysteem: hiervoor dient een vergelijkbaar watersysteem in de buurt van het watersysteem waarin de lozingen plaats gaan vinden, gevonden te worden. Dit is niet altijd gemakkelijk, omdat watersystemen van elkaar verschillen in bijvoorbeeld omvang, diepte, ligging ten opzichte van de windrichting, grondwaterinstroming, landgebruik in de omgeving en gevestigde soorten. Ook is er geen

variabiliteit tussen watersystemen te herleiden als voor één watersysteem als referentie gekozen wordt.

3. Meetpunten in hetzelfde watersysteem die niet direct beïnvloed worden door de koudwaterlozingen, kunnen dienen als referentie voor de wel-beïnvloede delen van het watersysteem. Probleem hierbij is dat de meetpunten die buiten het gebied met veranderde watertemperaturen liggen wel indirect door de lozingen beïnvloed kunnen worden (concentraties van nutriënten worden mede bepaald door de menging in het watersysteem, vissen zwemmen in het gele watersysteem heen en weer, enz.). In de meetopzet van de hier beschreven monitoring (Basismonitoring en KRW-Plus monitoring) is deze benadering van een referentie meegenomen.

Idealiter zijn alle drie de typen van referenties beschikbaar bij het evalueren van de effecten van een TEO-installatie op een watersysteem. Als minimum is in deze handreiking gekozen voor referenties binnen het watersysteem ten tijde van de koudwaterlozingen (referentie-type 3) door middel van het monitoren van een gradiënt aan effecten (van lozingspunt tot inlaatpunt).

4 Conclusies

Voor het volgen van de effecten van een TEO-installatie (koudwaterlozingen) op een watersysteem zijn 3 typen monitoring gedefinieerd:

- Type 1: Basismonitoring voor het volgen van fysisch-chemische toestand van het watersysteem in relatie tot de bedrijfsgegevens;
- Type 2: KRW-Plus monitoring voor het volgen van de ecologische toestand binnen het watersysteem;
- Type 3: Monitoring van de directe effecten op soorten en hun ontwikkeling.

De grootte van de lozing in relatie tot de grootte van het watersysteem waarop wordt geloosd, het gehanteerde temperatuurverschil van de lozing, de hydrologische eigenschappen van het watersysteem en de gevoeligheid van de soorten binnen het watersysteem bepalen de intensiteit waarmee gemonitord moet worden om de eventuele veranderingen in het watersysteem te kunnen volgen. Daarom wordt hier een systeem van 3 niveaus van monitoring (stapeling van monitoringsinspanning) voorgesteld (zie Tabel 4.1):

- Niveau 1: Basismonitoring;
- Niveau 2: Basismonitoring + ecologische monitoring volgens KRW-Plus;
- Niveau 3: Basismonitoring + ecologische monitoring volgens KRW-Plus + monitoring van directe effecten op soorten en hun ontwikkeling.

Bij grote wateren en een lage lozingsintensiteit (klein lozingsvolume ten opzichte van het stromingsdebiet of volume van het watersysteem en/of kleine watertemperatuur-verandering ΔT) kan volstaan worden met de Basismonitoring (Monitoring Niveau 1).

Wanneer het optreden van effecten waarschijnlijk is (kleinere wateren, groter lozingsvolume ten opzichte van debiet of watervolume en/of grotere watertemperatuur-verandering ΔT, aanwezigheid van gevoelige soorten) dan dient de vinger aan de pols gehouden te worden middels de ecologische monitoring naast de basis-monitoring (Monitoring Niveau 2).

Om kennis te ontwikkelen van het optreden van directe effecten op soorten (effecten die een voor-waarschuwing kunnen geven voor het nadien optreden van effecten op het ecosysteemniveau) dient naast de basis-monitoring en de KRW-Plus monitoring ook gekeken te worden naar de indicatoren voor directe effecten op soorten en hun ontwikkeling (Monitoring Niveau 3).

Het gebruik maken van deze handreiking voor een monitoringsplan geeft de mogelijkheid gestructureerd de juiste data te verzamelen. Dit ondersteunt de kennisontwikkeling over mogelijke effecten van TEO.

Voorliggend document is een eerste versie van het monitoringsplan. Wij horen graag uw ervaringen met dit monitoringsplan (zie contactpersoon schutblad), zodat wij deze kunnen meenemen in een volgende versie van dit plan.

Openbaarheid van gegevens

Het inzicht krijgen in de effecten van TEO op het ecologisch functioneren van oppervlaktewateren wordt versneld wanneer de monitoringsgegevens openbaar gedeeld worden en dus ook door derden bekeken en geanalyseerd kunnen worden. Ervaringen met andere nieuwe technologieën leert dat het opnemen van een artikel hierover in het beleidskader noodzakelijk is om dit te bewerkstelligen.

Tabel 4.1 Samenvattend schema van de drie monitoringsniveaus en hun invulling.

Monitoringsniveau	**1**	**2**	**3**
Omschrijving	**Basismonitoring**	**Basismonitoring + KRW-Plusmonitoring**	**Basismonitoring + KRW-Plusmonitoring + Monitoring directe effecten**
Doel	vaststellen kenmerken lozing	volgen van ecologische toestand	signaleren effecten + kennis opbouwen
Wanneer	Gedurende looptijd TEO + Nulmeting!	Gedurende looptijd TEO + Nulmeting!	mogelijk tijdelijk + Nulmeting!
Waar	TEO-vergunningen voor alle watertypen	TEO-vergunningen voor locaties waar ecologische effecten te verwachten zijn	TEO-vergunningen voor locaties waar ecologische effecten te verwachten zijn
Wat			
Bedrijfsgegevens	Draaiuren (storingen)	Draaiuren (storingen)	Draaiuren (storingen)
	Debiet	Debiet	Debiet
	T-inlaat	T-inlaat	T-inlaat
	T-uitlaat	T-uitlaat	T-uitlaat
Fysica	Waterbalans	Waterbalans	Waterbalans
	Temperatuur	Temperatuur	Temperatuur
	Doorzicht	Doorzicht	Doorzicht
Chemie	Zuurstof	Zuurstof	Zuurstof
	pH	pH	pH
Nutriënten	Nutriënten	Nutriënten	Nutriënten
Biologisch	Chlorofyl-a	Chlorofyl-a	Chlorofyl-a
KRW-Plus		Fytoplankton	Fytoplankton
		Macrofyten	Macrofyten
		Fytobenthos	Fytobenthos
		Macrofauna	Macrofauna
		Vissen	Vissen
Directe effecten			Waterplanten
			Macrofauna
			Amfibieën
			Vissen
			Vogels
			Vleermuizen

5 Literatuur

Boderie, P., Van Geest, G. en Van Megchelen, C., 2018. “Effecten koud water lozing slootsysteem Hoog Dalem”, Deltares rapport 1205909-000-ZWS-0020.

Boderie, P. & R. Wortelboer, 2018. Effecten van Thermische Energie uit oppervlaktewater. Deltares rapport 11200544-000-BGS-0002.

Cheney, K.N., Al.H. Roy, R.F. Smith & R.E. DeWalt, 2019. Effects of stream temperature and substrate type on emergence patterns of *Plecoptera* and *Trichoptera* from Northeastern United States headwater streams. Environmental Entomology, 48(6), 2019, 1349–1359.

Dallas, H.F. & V. Ross-Gillespie, 2018. Sublethal effects of temperature on freshwater organisms, with special reference to aquatic insects. Review. http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v41i5.15

Fenchel, T., G.M. King & T.H. Blackburn, 2012. Bacterial biogeochemistry. The ecophysiology of mineral cycling. Elsevier.

HelpdeskWater, 2012. Beoordelingssystematiek koelwaterlozingen. https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/afvalwater/koelwater/artikel/

Kaandorp, V., 2019. Understanding the dynamics of travel times, nutrients and temperature. Proefschrift Universiteit Utrecht. ISBN: 978-90-6266-544-0.

Kruitwagen, G. et al, in prep. Beoordelingskader koudelozingen. Witteveen+Bos in opdracht van STOWA.

Keizer, H., R. Gylstra, R. Verdonschot & P. Verdonschot, 2013. KRW QuickScan macrofauna ‘overige wateren’. H2O-online, 7 juni 2013.

Kuczynski, L.C.M, P. Laffaille, M. Legrand & G. Grenouillet, 2017. Indirect effect of temperature on fish population abundances through phenological changes. PLoS ONE 12(4): e0175735.https://doi.org/10.1371/journal. pone.0175735

McCauley, S.J., J.I. Hammond & K.E. Mabry, 2018. Simulated climate change increases larval mortality, alters phenology, and affects flight morphology of a dragonfly. Ecosphere9(3):e02151.10.1002/ecs2.2151

Mooij, W.M., S. Hülsmann, L.N. De Senerpont Domis, B.A. Nolet, P.L.E. Bodelier, P.C.M. Boers, L. Miguel Dionisio Pires, H.J. Gons, B.W. Ibelings, R. Noordhuis, R. Portielje, K. Wolfstein & E.H.R.R. Lammens, 2005. The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. Aquatic Ecology (2005) 39:381–400. DOI 10.1007/s10452-005-9008-0

Rosenblatt, A.E. & O.J. Schmitz, 2016. Climate Change, Nutrition, and Bottom-Up and Top-Down Food Web Processes. Trends in Ecology & Evolution, December 2016, Vol. 31, No. 12, http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.009

Suhling, F, I. Suhling & O. Richter, 2015. Temperature response of growth of larval dragonflies – an overview. International Journal of Odonatology, Vol. 18, No. 1, 15–30, http://dx.doi.org/10.1080/13887890.2015.1009392

Verdonschot, R.C.M., Verdonschot P.F.M. (2019) QuickScan macrofauna Sterkselsche Aa, 2018. Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.

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.

Wetzel, R.G., 2001. Limnology. Lake and river ecosystems. San Diego, Academic Press, 1006 pp.

Woolway, R.I., S.C. Maberly, I.D. Jones & H. Feuchtmayr, 2014. A novel method for estimating the onset of thermal stratification in lakes from surface water measurements. Water Resources Research 50, 5131–5140. doi:10.1002/2013WR014975.

Wortelboer, R., 2018. Aanvulling berekeningen effecten van thermische energie uit oppervlaktewater. Deltares memo 11202197-008-BGS-0001.

A Gesprekverslagen van overleggen met SOVON, EIS, RAVON en FLORON

A.1 SOVON

Op 10 februari heeft Rick gesproken met Ruud Foppen (SOVON) over monitoring van effecten van aquathermie op vogels.
Monitoring van vogels is over het algemeen vinger aan de pols (hand aan de kraan) bij grote projecten. Het betreft dan veelal indirecte effecten. Voor Wind op Zee wordt tracking van vogels ontwikkeld (UVABITS, http://www.uva-bits.nl/). Voor ons een stap te ver. Voor zon op water misschien een optie.
Effecten op vogels over het algemeen indirect:

- Via voedsel
- Via omgeving, bijvoorbeeld het later in blad komen van vegetatie waar vogels tussen broeden. Hypothese zou kunnen zijn: lagere temperatuur vegetatie ontwikkelt zich later vogels (fuut, meerkoet, karrekiet) gaan later broeden (bouwen hun nest van plantenmateriaal dat ze verzamelen c.q. afbijten en verankeren hun nest tussen de opgaande vegetatie (emerse planten))

Het aantonen van indirecte effecten is altijd lastig doordat er veel interacties optreden (milieu variabel, wat komt nu sec door aquathermie, wat door andere factoren?).
Temperatuur en vaker dichtvriezen van wateren in de winter als gevolg van aquathermie: dit zou voor vogels een beperking kunnen zijn voor het rustgebied en foerageergebied waardoor dit wel significante effecten voor de Wet natuurbescherming kunnen zijn. Lastig is hierbij dat het in beginsel gaat om een proces dat ingaat tegen een ‘autonoom’ proces van opwarming van het water door klimaatverandering. Hoe dit dan te beoordelen? Negatief (effect) of positief (minder effect klimaatverandering)?
Studie opzetten naar effecten is ook lastig. Of professioneel via vraag aan NWO/NWA, maar vergt grote investering, bouwen van wetenschappelijk consortium en duurt dan meerdere jaren. En onzekerheid over toekenning. Wij hebben al consortium en (deels?) financiering. Inzetten van student is onzeker omdat beschikbaarheid van geschikte student onzeker is en de termijn waarop ze onderzoek doen relatief kort (6 maanden). Onvoldoende voor vergelijking voor en na aanleg. Hoewel studie naar situatie vóór aanleg mogelijk op basis van beschikbare data kan gebeuren. Dan dus alleen terugkijken. Hier moeten we verder over nadenken.
Ruud vertelde van een workshop met RWS en deskundigen van alle PGO’s eind 2019 over natuurinclusief bouwen van zonnevelden op land en een monitoringsprotocol daarvoor. Alex Schotman (WEnR) heeft dit georganiseerd voor RWS (de naam Rik Jonker kwam hem bekend voor). (Ik heb Alex vanochtend gesproken en hij stuurt mij het verslag van de workshop. Hier kunnen we wat aan hebben voor aquathermie.)

A.2 FLORON

Op 20 februari hebben Rick en Valesca gesproken met Michiel Verhofstad (FLORON) over monitoring van effecten van aquathermie op waterplanten.
Rick had al eerder via de email contact gehad met Michiel. We komen elkaar nu tegen in Natuurplaza Nijmegen.
Valesca verhaalt haar zoektocht naar invasieve waterplanten. In recente literatuur wordt de term macrophytes gebruikt, in vroegere literatuur aquatic weeds. Invasieve soorten blijven relevant, is de ene soort Cabomba op de lijst van invasieve soorten van de EU geplaatst, komen de tuincentra met een nieuwe (mogelijk eveneens invasieve) soort op de proppen.
Waterplanten verschijnen relatief laat met de groei en stoppen ook al weer voor het eind van het groeiseizoen. Ze hebben dus een relatief kort groeiseizoen. Daarnaast kunnen ze zich zowel generatief (via bloemen en zaad) als vegetatief (via wortels, wortelstokken en knollen) vermeerderen.

De triggering van de start van het groeiseizoen van propagulen (knollen) in de waterbodem is een reactie op de temperatuur, niet op licht.

➔ Van belang is om de start van de winning van warmte te weten: voor of na de start van de groei

Waterplanten groeien optimaal bij 30-33 °C (dit is de temperatuur waarbij optimale enzymwerking optreedt), indien er verder geen limitatie optreedt.
Waterplanten concurreren met fytoplankton:

- Algen winnen competitie om licht (dichter bij het wateroppervlak)
- Waterplanten winnen competitie om nutriënten (dichter bij of in de bodem).

Waterplanten concurreren ook met epiphyton (aangroei op de bladeren en stengels van waterplanten) en herbivoren (planteneters):

- Bij hogere temperaturen snellere groei van epiphyton (beschaduwen de planten meer en sneller) en herbivoren (eten de planten sneller op).
- Meer herbivorie →meer verlies plantenbiomassa → meer vrijkomen van nutriënten → meer algen en epiphyton

Bij lagere temperaturen dus wellicht meer voordeel voor waterplanten.
Door temperatuurverandering kan ook de kieming van zaden op een ander moment plaatsvinden (seed dormancy loss).
Als de bodem minder warm wordt → minder snelle afbraak van organisch materiaal minder nutriënten voor
Effect van lagere temperaturen is eigenlijk te vergelijken met omgekeerde effect van klimaatverandering. Naar dit laatste wordt al veel onderzoek gedaan. Je zou ook naar fenotypische veranderingen kunnen kijken: lagere temperatuur planten in Nederland lijken meer op planten in Denemarken.
We verwachten een effect op waterplanten en drijfbladplanten wat betreft groei en bloei. Hier kan je monitoring op loslaten. Gedacht wordt aan:

- Ontkieming: verschijnen eerste blad;
- Uitlopen: verschijnen eerste blad of verschijnen van eerste blad boven water;
- Bloei: moment van in bloei komen, bloeirijkheid;
- Afsterven: door overwoekeren door epiphyton sterven bladeren sneller af;
- Afstand tussen internodiën: bij lagere temperaturen wellicht slungelige planten, minder compacte groei;
- SLA: Specific Leaf Area index;
- Stoïchiometrie: balans van stoffen in de plant (P, N, macro-ionen).

Bij kroos treedt als gevolg van veel licht en lage (water)temperaturen roodkleuring op: de planten kunnen hun koolstof uit de fotosynthese niet kwijt, waardoor overmaat aan rode pigmenten wordt aangemaakt. Dit zou je ook kunnen monitoren.
Michiel stuurt ons nog een aantal referenties naar onderzoeken die voor ons interessant kunnen zijn.

A.3 Naturalis / EIS

Op 24 februari heeft Rick gesproken met Bram Koese (EIS/Naturalis) over monitoring van effecten van TEO op ongewervelde waterdieren.
We zijn eerst wat globaler gebleven, daarna de diepte in gegaan.
Kansrijk om effecten op ongewervelde dieren te monitoren zijn de wateren waar een goed ontwikkelde vegetatie aanwezig is. Daar tref je de meeste insecten (larven, onderwater) aan. Daarnaast effecten te meten op mollusken (schelpdieren en slakken) en crustaceeën (kreeftachtigen).
Onderverdeling in:

- Insecten-watersystemen (sloten, vaarten, beken)
- Mollusken/crustaceeën – watersystemen (plassen)

Van belang is ook zuurstofgehalte van water dat geloosd wordt: als dit koud, zuurstofloos water is, dan veel meer negatief effect te verwachten dan als het zuurstofrijk, koud water is. Dus altijd lozingswater beluchten of over cascade laten stromen. Meten van zuurstofverzadiging in geloosd water.
Even uitgaand van Casus Hoog Dalem: Delta-T van -5 graden valt in natuurlijke variatie van watersysteem (variatie door de tijd, verschil zonnig – beschaduwd). Hierdoor geen effect te verwachten op bulk-parameter als totale biomassa aan insecten.
Meer kan verwacht worden van fenologisch onderzoek: verandering in timing als gevolg van verandering in temperatuur.
Het gaat veelal om een lineair experiment: in de ruimte over de lengtegradiënt van het temperatuurverschil. Controle meting dus binnen het systeem. Wel opletten voor vergelijkbaarheid binnen het systeem (bij Hoog Dalem: verschil van sloottype aan begin en eind van het traject maakte vergelijkbaarheid lastig).
Bedrijfsvoering van belang of effecten gemeten kunnen worden: wanneer begint lozing, wanneer stop deze, wat is het temperatuurverschil?
Opties voor monitoring van effecten in het veld:

Insecten

- Komen vooral voor **in oevers met vegetatie**
- **Libellen**: Huidjes (exuviae) van larven waar adult uitgekropen is**:**
    - Monitoring: tellen van aantallen huidjes op stengels boven water
    - Gemakkelijk te vinden
    - Kunnen verzameld worden en achteraf gedetermineerd (Fotogids larvenhuidjes libellen)
    - Met hoge frequentie (elke dag / paar dagen) uit te voeren om goed tijdbeeld te krijgen
    - Libellen sluipen uit in mei-juni; bij juffers (larven eenjarig) eventueel effect alleen te meten als koudelozing vroeg in het jaar begint; bij libellen (larven meerjarig) is effecten over verschillende jaren te meten.

- **Waterkevers en waterwantsen**: de larven hebben door het zomerseizoen heen verschillende larve-stadia die goed beschreven zijn en goed van elkaar te onderscheiden zijn: goed te monitoren of en hoe een vertraging van de groei optreedt.
  Monitoring: larven bemonsteren met schepnet en scoren van ontwikkelingsstadium per soort.
- **EPT-soorten** (kenmerkende soorten in orde van *Ephemeroptera* (E: haften, eendagsvliegen), *Plecoptera* (P: steenvliegen) en *Trichoptera* (T: kokerjuffers, schietmotten)
- E: haften: leven als larve in het water, kruipen eruit als sub-imago om daarna nog een laatste keer te vervellen tot imago.
  Monitoring: Op plakval of ruwe wand **langs het water** kunnen de **huidjes van de sub-imago's verzameld en geteld worden**.
  Soorten: *Caenis robusta* en *Caenis horaria* zijn veel voorkomende soorten; zwermen 's avonds; beide vliegen maar 5 minuten als sub-imago rond; zeer geschikt
  In meren: *Caenis lactuosa*; zwermt 's ochtends; vliegt ook maar kort als sub-imago.
  Cloeon spec: opportunist voor temperatuur, kan 1 dag als sub-imago rondvliegen, minder locatie-gebonden, minder geschikt.
  Epheron virgo (Riviersneeuw); zwermt 's avonds langs grote rivieren. Temperatuur-effect in grote rivieren slechts gering.
  P: steenvliegen: maar één (1) steenvliegsoort in Nederland (in schone beken)
  T: kokerjuffers. Lastig te monitoren, behalve *Triaenodes bicolor* die een kokertje van plantenmateriaal heeft en door het water zwemt
    - Monitoring: met schepnet kokerjuffers verzamelen, uit hun huisje peuteren en lengte opmeten.
- Dansmuggen (*Chironomidae*): huidjes van ontpoppen drijven op wateroppervlak.
  Monitoring: 'afromen' van wateroppervlak voor huidjes en tellen van aantallen; determinatie tot op soort is lastig.

Mollusken (slakken en schelpdieren) en

- Komen voor in **oever en open water**
- Mollusken: Bemonstering met schepnet: meten van verdeling van grootte-klassen

Crustaceeën (kreeftachtigen):

- Komen voor in **oever en open water**
- *Gammarus pulex* is algemene soort vlokreeft, zwemt op zijn/haar zij, leeft van organisch materiaal, heeft voldoende zuurstof nodig
  Grootte hangt samen met leeftijd en groeisnelheid

Bemonstering: door knikker-korf op te hangen/te plaatsen: is lok-substraat: vlokreeften verstoppen zich in holtes tussen knikkers. Gemakkelijk te bemonsteren. Lengte handmatig meten per individu door ze in alcohol te stoppen en op lab uit te zoeken. Officieel wordt zoveelste lid van spriet gemeten. Andere, snellere methode verzinnen? Lengte-verdeling halen uit foto van verzamelbak? Meten van oppervlakte vlokreeft en delen door aantal vlokreeften voor gemiddelde oppervlak (= gemiddelde grootte)? Automatisch scannen van foto? Platte schaal met glasplaat?

Bram en ik houden contact over verdere uitwerking.

A.4 RAVON

Op 20 februari hebben Rick en Valesca gesproken met Annemarieke Spitzen en Thijs Schippers (RAVON) over monitoring van effecten van aquathermie op amfibieën.
We hebben eerst uitgelegd wat aquathermie precies inhoudt. Dat het niet alleen maar opwarming is in de zomer, maar dat afkoeling van oppervlaktewater in de zomer waarschijnlijker is (combinatie met WKO in de bodem).
Er zijn beschermde soorten als rugstreeppad, knoflookpad, kamsalamander, poelkikker en heikikker. Hieronder temperatuur-opportunisten zoals rugstreeppad. En soorten die van tijdelijke wateren gebruik maken voor de voortplanting (Knoflookpad). Heikikker wil naast vennen ook nog wel eens voorkomen in sloten bij nieuwbouwprojecten.
De kleine watersalamander is gevoelig voor de ontwikkeling van de onderwaterplanten in het voorjaar vanwege het afzetten van eieren op de blaadjes van bijvoorbeeld smalle waterpest.
Voor monitoring van directe effecten zullen we ons moeten richten op de algemene soorten zoals gewone pad, bruine kikker en groene kikkercomplex (poelkikker, basterdkikker en grote groene kikker). Deze komen op voldoende plaatsen en in voldoende mate voor om te kunnen bemonsteren en meten.
Bij de start van het voortplantingsseizoen lijkt daglengte een belangrijkere sturende factor te zijn dan temperatuur. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen landtemperatuur (veel padden en kikkers overwinteren in de grond) en de watertemperatuur.
Maarten Schrama (Leiden Universiteit) doet laboratorium-onderzoek naar temperatuur-effecten op soorten. Echter: in het laboratorium wordt niet gewerkt met wilde dieren (beschermd, lastiger voortplanting).
Bij de gemeente Breda is Wouter Schuitema werkzaam als ecoloog en bekend met amfibieën.
Voor amfibieën is een beperkte set van watertypen relevant:

- Sloten
- Vaarten en boezems
- Beken met natuurvriendelijke oevers.

Monitoring amfibieën

Amfibieën zijn voor ontwikkeling van eieren en larven afhankelijk van oppervlaktewater. De ontwikkeling van kikkervissen is goed te monitoren door op verschillende plekken de ontwikkeling wekelijks te meten (lengte-metingen). Ze grazen op algen op bodem en planten en zonnen in ondiep water. Bij hogere temperatuur groeien ze sneller (bij voldoende voedsel).
Zuurstof: Het water moet niet te warm zijn vanwege zuurstofgehalte. → Van belang of het lozingswater voldoende zuurstof bevat.

Tijdens ontwikkeling van kikkervis naar kruipende pad/kikker is een overgang van plantaardig naar dierlijk voedsel. Van grazen naar jagen. Hiervoor moet temperatuur voldoende zijn (voor mobiliteit) en moet er voldoende voedsel aanwezig zijn (watervlooien).
De plek met kikkerdril in het voorjaar is dan de monsterplaats. Kikkervissen zwemmen wel maar verplaatsen zich niet over grote afstanden (als het water niet te hard stroomt). Voor sloten en natuurvriendelijke oevers is beken lijkt dit een geschikte methode. Bij vaarten en boezems lastiger te bemonsteren (wat als kikkervissen naar de overkant zwemmen?).

Vissen

Voor vissen is bemonstering van trajecten van 50 m met een schepnet (voor grote modderkruiper wordt 100 m bemonsterd) geschikt om de aanwezige vissen te vinden. Annemieke en Thijs verwachten een duidelijk verband tussen lengte van de (jonge) vissen in een jaarklasse en de temperatuur. Voor sloten lijkt dit erg geschikt om uit te voeren.

Voor **waterplanten** contact opnemen met Michiel Verhofstad (FLORON).

B Aanvulling meetmethoden watertemperatuur

Monitoring van de temperatuur in watersystemen kan op verschillende manieren gebeuren. Er kan onderscheid gemaakt worden in:

- Statisch, 1 punt: om op een punt een momentopname of een langdurige reeks te monitoren;
- Statisch, meerdere punten: om in de tijd een gradiënt te monitoren;
- Mobiel, 1 punt: voor het monitoren van gradiënten op 1 punt in de tijd (bijvoorbeeld onderwater-drones);
- Mobiel, meerdere punten: voor zover bekend nog niet gedaan. Meerwaarde?

De temperatuursensoren kunnen opgenomen zijn in een multi-parameter sonde voor een puntmeting van meerdere waterkwaliteitsparameters (figuur x) of gekoppeld zijn in een buis voor het direct meten van gradiënten (figuur 4). Bij dit laatste levert het langdurig meten veel informatie over het veranderen van de gradiënt door de tijd (Figuur 5). Voor het meten van de effecten van TEO op de temperatuur lijkt deze laatste benadering het meest zinvol. Deze methode is toegepast in een stuk van een beek. Hoe dit in een watersysteem in meer dimensies (lengte, breedte en diepte) toegepast kan worden, is nog een vraag die uitgezocht moet worden.



Figuur B.1. Sonde met meerdere sensoren voor het meten van o.a. watertemperatuur.



Figuur B.2. Meetkast (links) en aanbrengen van 1.5 km glasvezelkabel in een beek voor het continu meten van de watertemperatuur. Bron: Vince Kaandorp, Deltares.

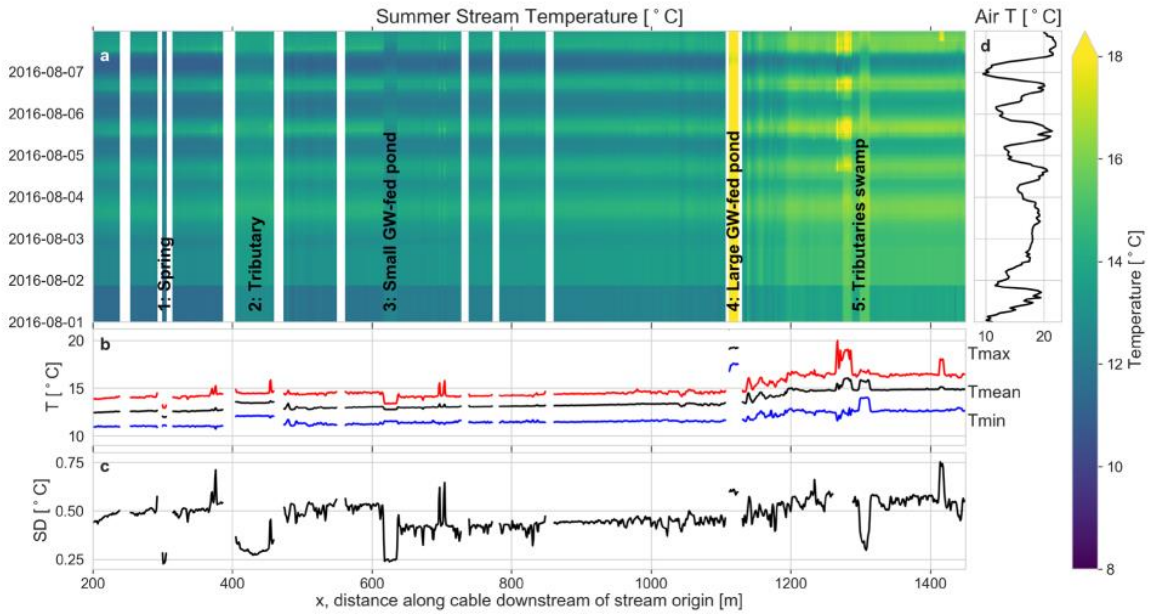


Figure 5.3. Temperatures in the Springendalse Beek measured in a summer week (panels a-c) and in a winter week (panels e-g). Note that the legend colours are different between panels a and e. Streamflow is from left to right and the air temperature at a nearby meteorological station is given in panels d and h for the summer and winter period respectively. Maximum, average daily mean and minimum temperatures during the shown periods are given in panels b and f, and the average daily standard deviation in panels c and g. Thermal anomalies appear as warmer or colder vertical bands in panels a and e, of which locations 1-5 are indicated and listed in Table 5.1. Locations where the cable was known to be exposed to the air are filtered out and appear as white vertical lines.

Figuur B.3. Watertemperatuur in de Springendalsebeek in de zomer van 2016, gemeten met een 1500 m lange buis met temperatuursensoren. Bron: Kaandorp. 2019, pag. 97.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl