

Vraag, aanbod en verdeling van aquathermie

Balanceren tussen energie en ecologie

Syntheserapport WarmingUP-project 3A & cases Nijmegen, Holland Rijnland en Breda

WarmingUp, project 3A & 3M
21 december 2022

Vraag, aanbod en verdeling van aquathermie Opschaling van collectieve warmtesystemen

Auteurs

Deltares

Rutger van der Brugge

Ronald Roosjen

Ida de Groot -Wallast

Anton de Fockert

The Deltares logo consists of the word "Deltares" in a bold, dark blue, sans-serif font. The letters are closely spaced, and the overall style is clean and professional.

21 december 2022

Reviewer: Bonne van der Veen

Dit project is uitgevoerd als onderdeel van het Innovatieplan WarmingUP. Dit is mede mogelijk gemaakt door subsidie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) in het kader van de subsidieregeling Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIP), bij RVO bekend onder projectnummer TEUE819001. WarmingUP geeft invulling aan MMIP-4 – Duurzame warmte en koude in gebouwde omgeving en levert daarmee een bijdrage aan Missie B – Een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050.

[Projectnummer](#)

11205154

[Keywords](#)

Aquathermie, modellering

[Jaar van publicatie](#)

2022

[Meer informatie](#)

Rutger van der Brugge

T 06 10 40 63 15

E Rutger.vanderBrugge@deltares.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1. Inleiding	7
1.1. De opgave	7
1.2 Aanpak	7
1.3 Leeswijzer	9
2. Stap 1 Potentie van Aquathermie als warmtebron	10
2.1 Aquathermie: warmte uit oppervlaktewater	10
2.2 Technische potentie bepalen met de Aquathermieviewer	11
2.3 Betrouwbaarheid van de warmtebron	12
2.4 Voorbeeld Casus Holland Rijnland	14
2.5 Samengevat	15
3. Stap 2. Haalbaarheid en grootschalige toepassing	16
3.1 Haalbaarheid	16
3.2 Potentiële aquathermie-warmtekavels	19
3.3 Samengevat	21
4. Stap 3. Waar ligt de balans tussen energie en ecologie	22
4.2 Randvoorwaarden voor de ecologie	22
4.1 Gebruik van hydrologische rekenmodellen	23
4.3 Scenario's en iteraties	24
4.3 Cumulatieve effecten op de watertemperatuur	25
4.4 Samenvatting	31
5. Stap 4. Wat zijn de implicaties voor het beleid rond Aquathermie?	32
5.1 Waterenergievisie	32
5.2 Aandachtsgebieden	33
5.3 Vergunningverlening via Waterenergieplan	34
5.4 Maatgevende debieten	34
5.5 Additionele maatregelen: tijdelijke beperkingen	34
5.6 Bijdrage aan transitiebeleid Aardgasvrij	35
5.7 Samenvatting	35

Samenvatting

Dit syntheserapport beschrijft de overall aanpak en resultaten van WarmingUp project 3A, vraag, aanbod en verdeling. De verschillende deelonderzoeken, de aquathermieviewer en case studie Nijmegen, Hollands Rijnland en Breda worden hierin samengebracht. Deze onderdelen vormen samen een aanpak waarmee gemeenten en waterschappen de rol van aquathermie in de energietransitie vorm kunnen gaan geven.

Het doel van dit project is om handvatten te bieden voor de doorontwikkeling van het beleid rondom aquathermie. Er dient daarvoor een aanpak ontwikkeld te worden waarmee gemeenten en waterschappen kunnen anticiperen op een toekomst waarin aquathermie zal opschalen. Deze opschaling vormt mogelijk een risico voor het water- en ecosysteem, maar tegelijkertijd is die opschaling nodig om de klimaatdoelen te halen. Dit vraagt om een balans tussen enerzijds de warmte uit het water winnen ten behoeve van de energietransitie, anderzijds het waarborgen van de ecologische waarde van het watersysteem. Hoe vinden we die balans? Kortom, hoe gaan we om met vraag, aanbod en verdeling?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn vier stappen doorlopen:

Stap 1. Wat is de potentie van Aquathermie als warmtebron?

Stap 2. Is grootschalige toepassing technisch en ruimtelijk gezien mogelijk?

Stap 3. Wat zijn de (cumulatieve) effecten van meervoudige onttrekking op de watertemperatuur?

Stap 4. Wat zijn de implicaties daarvan voor het beleid rond Aquathermie?

Om inzicht in stap 1 te krijgen is de aquathermievviewer (door)ontwikkeld. Deze webviewer laat voor alle oppervlaktewateren, afvalwaterzuiveringen en grote drinkwaterleidingen zien hoeveel warmte er gewonnen zou kunnen worden ten behoeve van de energietransitie. Hieruit blijkt dat aquathermie in potentie aanzienlijk kan bijdragen aan het aardgasvrij maken van de bebouwde omgeving. Aan de hand van de casus Nijmegen blijkt dat er geen technische belemmeringen zijn om aquathermie grootschalig toe te passen. De verschillende systeemcomponenten zijn op te schalen. Dit vraagt echter wel om (ondergrondse) ruimte en die moet wel beschikbaar zijn. De belangrijkste beperking voor grootschalige toepassing is de mogelijke impact die aquathermie heeft op de ecologie. Een aquathermie-installatie beïnvloedt het watersysteem door afkoeling, filtering van water en de introductie van stroming. De handreiking vergunningverlening Koudelozingen stelt eisen aan toelaatbare onttrekkingsdebieten, lozingstemperaturen en de periode van lozing om temperatuurverlaging te beperken. De handreiking veronderstelt temperatuurverandering als belangrijkste indicator van ecologische verandering in het watersysteem.

In de casus Holland Rijnland en Breda is daarom onderzoek gedaan naar daling van de watertemperatuur als gevolg van meerdere aquathermiesystemen langs een watergang. Er is een aanpak ontwikkeld waarmee gezocht kan worden naar de hoeveelheid warmte die binnen de randvoorwaarden voor temperatuurdaling gewonnen kan worden ten behoeve van de energietransitie. De resultaten van de case studies impliceren dat het beleid rondom aquathermie doorontwikkeld moet worden om voorbereid te zijn op de verwachte opschaling. Met betrekking tot vergunningverlening is het nodig om de cumulatieve effecten van meerdere koudelozingen mee te nemen. De modelaanpak in deze onderzoeken kan daarvoor gebuikt worden. Daarnaast rijst de

vraag welk debiet van de watergang maatgevend zou moeten zijn, dat van een droog jaar of van een gemiddeld jaar? Ook biedt het uitgangspunt van gemiddeld zomerdebiet geen garanties. In droge periodes kunnen de lage debieten toch tot grote temperatuurdalingen leiden. Dat vraagt wellicht om aanvullend beleidsinstrumentarium waarmee tijdelijk beperkingen opgelegd kunnen worden tijdens (extreme) droogte.

Op basis van dit onderzoek wordt gemeenten en waterschappen aanbevolen om gezamenlijk zogenaamde waterenergievisies op te stellen. In de waterenergievisie zouden *Voorkeursgebieden* met algemene regels, *Aandachtsgebieden* met specifieke regels en *Uitsluitingsgebieden* benoemd kunnen worden. Voor aandachtsgebieden is extra beleid nodig om de cumulatieve effecten van meervoudige onttrekking te reguleren. Dit kan volgens twee principes. Het eerste principe is dat van wie-het-eerst-komt-wie-het-eerst-maakt. Nadeel daarvan is dat als de ecologische grenswaarde is bereikt, de laatste in de rij nog maar een beperkte capaciteit tot zijn beschikking heeft. Dat lijkt onrechtvaardig en werkt bovendien grote vergunningsaanvragen in de hand met onbenutte vergunningsruimte als mogelijk vervolg¹. Een ander principe is vergunningverlening volgens een waterenergieplan: hierin wordt vooraf een referentieplan gemaakt waar aanvragen tegen getoetst worden. Een waterenergieplan zou uit de volgende onderdelen kunnen bestaan:

1. De maximaal toelaatbare cumulatieve warmteonttrekking in de watergang binnen de randvoorwaarden voor temperatuurdaling, toegestaan debiet en afkoeling.
2. Ruimtelijk plan met afspraken over de omvang en grenzen van de aquathermie-warmtekavels en de locaties van de aquathermie-winningen.
3. Gebiedsspecifieke richtlijnen voor vergunningverlening door waterschappen.

Als de aanvraag binnen de range van het waterenergieplan blijft, kan de vergunning verleend worden, maar indien het afwijkt kan de vergunning geweigerd worden. Nadeel van deze aanpak is dat er vooraf zicht moet zijn op hoeveel warmte op welke locaties onttrokken gaat worden. Dit is afhankelijk van de bronnenstrategie en die is in veel gemeenten nog niet concreet uitgewerkt. Er dient daarom een adaptieve aanpak ingebouwd te worden, waarmee het mogelijk is af te wijken van het plan indien er een goede onderbouwing wordt aangedragen. Andersom, waterenergievisies en -plannen kunnen ook juist helpen om de bronnenstrategie en warmtekavels te concretiseren. De bijdrage van aquathermie wordt in beeld gebracht en het resterende deel moet worden ingevuld met andere bronnen. Tot slot, waterenergievisies- en plannen moeten daarom ook gezamenlijk worden opgesteld door de waterschappen, Rijkswaterstaat en de gemeenten. Op de manier kan de balans tussen energie en ecologie worden bewaakt.

¹ Dit zelfde zien we gebeuren met betrekking tot vergunningen voor bodemenergiesystemen in stedelijke gebieden, waarbij voor de zekerheid extra capaciteit wordt aangevraagd voor eventuele uitbreidingen later.

1. Inleiding

1.1. De opgave

Het beleidsprogramma Versnelling verduurzaming Gebouwde Omgeving (BZK, 2022)² stelt zich ten doel tot en met 2030 zo'n 500.000 nieuwe aansluitingen op een warmtenet in de bestaande bouw te realiseren. Dit vereist een enorme opschaling van warmtenetaansluitingen in bestaande woonwijken. Naar verwachting zal daardoor ook het gebruik van aquathermie toenemen. Er zullen meer aquathermie-toepassingen komen en de warmteonttrekkingen zelf zullen groter zijn.

Deze opschaling en daarmee afkoeling van het oppervlaktewater heeft mogelijk ecologische gevolgen voor het watersysteem, maar tegelijkertijd is die opschaling nodig om de klimaatdoelen te halen. Dit vraagt om een balans tussen enerzijds de warmte uit het water winnen ten behoeve van de energietransitie, anderzijds het waarborgen van de ecologische waarde van het watersysteem. Hoe vinden we die balans?

De huidige beleidsaanpak rond aquathermie is op deze vraag (nog) niet toegerust. Het beleid rondom aquathermie stoelt momenteel op twee poten. Enerzijds is het beleid gericht op het voorkomen van ongewenste ecologische gevolgen door de toepassing van aquathermie. Voor oppervlaktewater is daarvoor een *Handreiking Vergunningverlening voor Koudelozingen* opgesteld, waarin richtlijnen en randvoorwaarden worden gegeven. Anderzijds wordt aquathermie gestimuleerd, onder andere door SDE-subsidie. Waterschappen geven in beleidsnota's aan aquathermie te willen stimuleren³. Voor de toetsing op de cumulatieve effecten van meerdere onttrekkingen is geen concrete werkwijze beschikbaar en in principe geldt er een *wie-het-eerst-komt-wie-het-eerst-maakt* principe.

Er dient een beleidsaanpak ontwikkeld te worden waarmee gemeenten en waterschappen kunnen anticiperen op een toekomst waarin aquathermie zal opschalen. Waarin de cumulatieve effecten ook worden meegenomen en de beschikbare warmtecapaciteit op een slimme wijze verdeeld wordt.

Het doel van dit onderzoeksproject is om handvatten te bieden voor de doorontwikkeling van het beleid rondom aquathermie. Er is daarbij aandacht voor zowel het energietransitie-beleid als het waterbeleid. Kortom, hoe balanceren we tussen vraag, aanbod en verdeling?

1.2 Aanpak

Om tot handvatten voor de doorontwikkeling van aquathermie-beleid te komen is een aanpak met vier stappen gevolgd. Hieronder zijn deze stappen kort toegelicht.

² Beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving | Rapport | Rijksoverheid.nl

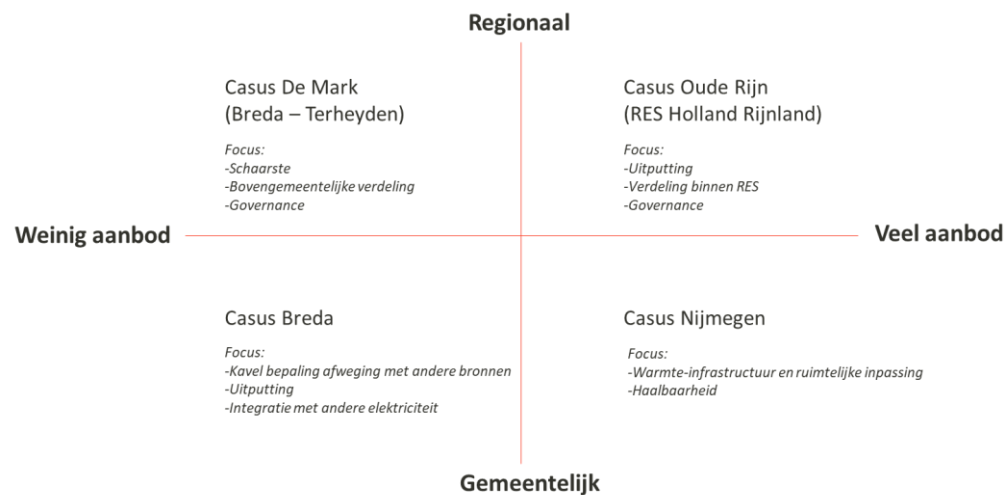
³ De Brabantse waterschappen hebben bijvoorbeeld gezamenlijk een Strategienota opgesteld.

- **Stap 1. Potentie van Aquathermie als warmtebron**
Om inzicht te geven in de potentie van aquathermie is er een webviewer ontwikkeld. Voor alle watergangen, afvalwaterzuiveringen en drinkwaterleidingen is de technische potentie bepaald. De viewer is te gebruiken op www.aquathermieviewer.nl
- **Stap 2. Haalbaarheid en grootschalige toepassing**
In de casus Nijmegen is een verkenning uitgevoerd naar de haalbaarheid van grootschalige toepassing van Aquathermie. Voor de stad Nijmegen zijn vier fictieve grootschalige aquathermie-warmtenetten ingetekend. In het deelonderzoek is gekeken naar technische haalbaarheid, ruimtelijke inpassing en kosten. Voor casus Holland Rijnland en Breda is de potentiële opschaling in beeld gebracht door te identificeren welke buurten potentiële aquathermie-warmtekavels zijn
- **Stap 3. Waar ligt de balans tussen energie en ecologie?**
Met behulp van modelberekeningen zijn de effecten van grootschalige warmte-onttrekking op de watertemperatuur bepaald. Hiermee wordt gezocht naar een balans tussen de omvang van warmte-onttrekkingen ten behoeve van de energietransitie enerzijds en het voorkomen van grote temperatuurdalingen ten behoeve van natuur- en waterbeleid anderzijds.
- **Stap 4. Wat zijn de implicaties voor het beleid rond Aquathermie?**
Op basis van de resultaten zijn de implicaties voor het beleid rondom aquathermie geanalyseerd. Hierbij komen onderwerpen aan de orde als de waterenergievisie en het waterenergieplan, de maatgevende debieten, cumulatieve effecten, de mogelijkheid om tijdelijke beperkingen op te leggen en de concretisering van Transitievisies Warmte en wijkuitvoeringsplannen.

Dit project omvat een aantal cases. De deelonderzoeken zijn te vinden op:

- *Landelijke Aquathermieviewer*: <https://aquathermieviewer.nl>
- *Casus Nijmegen*: <https://www.warmingup.info/documenten/grootschalige-aquathermie-realistische-warmteoptie.pdf>
- *Casus Holland Rijnland*: https://www.warmingup.info/documenten/van-der-brugge-et-al-2022-rapport-casus-hollandrijnland_warmingup_t3p3a.pdf
- *Casus Breda*: <https://www.warmingup.info/documenten/aquathermie-in-breda-balanceren-tussen-energie-en-ecologie.pdf>

De casussen zijn zo gekozen dat ze een beeld geven van de breedte van het spectrum dat in de praktijk verwacht kan worden. De casussen verschillen wat betreft het aanbod van warmte en wat betreft de schaalgrootte. In figuur 1.1 is dit gevisualiseerd. De horizontale as is die van weinig vs. veel warmte-aanbod. Weinig aanbod treedt op in kleinschalige watersystemen die extra gevoelig zijn voor temperatuurdalingen, waardoor de watergang snel wordt overbevraagd. Veel aanbod treedt op bij grote watersystemen waar grootschalig onttrokken kan worden met minder impact op het ecosysteem. De verticale as is die van gemeentelijk vs. regionaal. De beschikbare warmte moet verdeeld worden binnen de gemeente, maar ook regionaal moet over de verdeling van de warmte worden nagedacht en dat vraagt om regionale samenwerking.



Figuur 1.1 Spreiding van de casus over de vier kwadranten.

1.3 Leeswijzer

Bovenstaande stappen worden achtereenvolgens in hoofdstukken 2 t/m 5 behandeld. In hoofdstuk wordt ingegaan op hoe een gemeente, waterschap of warmtebedrijf de potentie van aquathermie in de regio kan bepalen aan de hand van de aquathermieviewer. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de technische en ruimtelijke haalbaarheid van grootschalige toepassing van aquathermie. In Hoofdstuk 4 wordt vervolgens ingegaan op hoe gemeenten en waterschappen kunnen zoeken naar die balans tussen de warmtewinning en de ecologie. Tot slot worden in hoofdstuk 5 de implicaties van deze stappen voor de doorontwikkeling van beleid rond aquathermie uitgelicht.

2. Stap 1 Potentie van Aquathermie als warmtebron

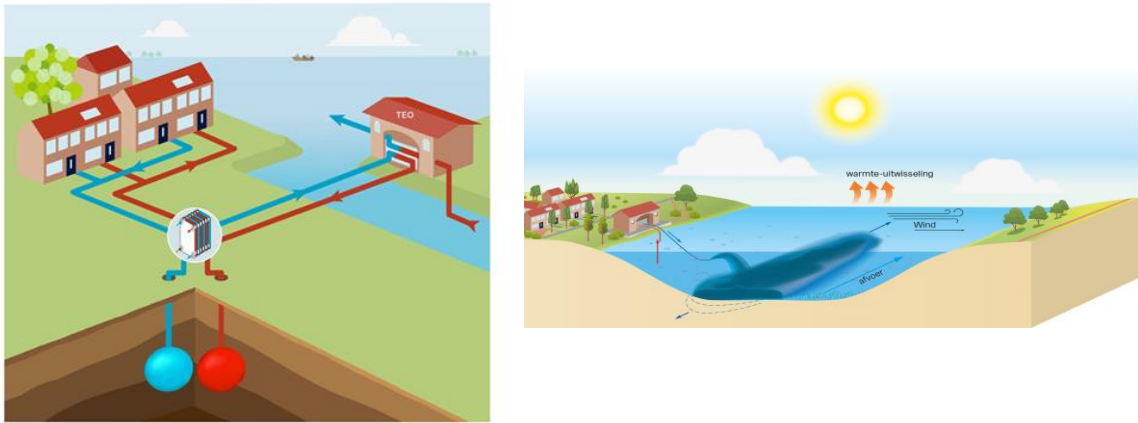
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het bepalen van de technische potentie voor aquathermie binnen een gemeente. Ter ondersteuning daarvoor is de landelijke aquathermieviewer ontwikkeld. Deze webviewer toont voor alle oppervlaktewateren, afvalwaterzuiveringen en drinkwaterleidingen de hoeveelheid warmte die onttrokken zou kunnen worden. De webviewer is te vinden op: www.aquathermieviewer.nl. In de *maptour* worden functionaliteiten van de aquathermieviewer toegelicht.

Het inschatten van de potentie voor aquathermie is de eerste stap in een beleidsaanpak. Met behulp van deze webviewer kan een gemeente snel en eenvoudig een eerste inschatting maken van de technische potentie binnen de gemeentegrenzen. Ook kan de gebruiker een koppeling maken tussen de beschikbare warmte en de warmtevraag van nabij gelegen buurten. Als er veel potentie is, dan is een volgende stap om de kansrijkheid van deze bron nader te onderzoeken zinvol. Indien de potentie voor aquathermie klein is dan zijn andere bronnen in dit gebied wellicht kansrijker. Afhankelijk van de schaarste van bronnen kan de beslissing worden genomen deze bron wel of niet verder te onderzoeken.

Om de technische potentie hoeveelheden te bepalen zijn in de viewer rekenregels toegepast. Die verschillen voor de hoeveelheid thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA) en drinkwater (TED). De manier waarop dat gedaan is, is te vinden in de maptour van de viewer (<https://warmingup.geoapps.nl/aquathermie/maptour>). In dit syntheserapport wordt alleen ingegaan op thermische energie uit oppervlaktewater.

2.1 Aquathermie: warmte uit oppervlaktewater

De thermische energie die in het oppervlaktewater (TEO) aanwezig is, kan gewonnen worden en als warmtebron dienen voor gebouwen en woningen. De warmte uit het oppervlaktewater wordt via warmtewisselaars uit het water gehaald en gebruikt om gebouwen te verwarmen of de warmte wordt, ook via warmtewisselaars, tijdelijk opgeslagen in het grondwater van een warmte-koude opslag (WKO). Met behulp van warmtepompen wordt de temperatuur vervolgens verhoogd naar de vereiste temperatuur voor ofwel de woning of een warmtenet. Indien de geleverde warmte niet voldoende is, dan kan er een piekvoorziening (denk aan gasketels) worden toegepast, die extra capaciteit zou kunnen leveren.



Figuur 2.1. Schematische weergave van de werking van een TEO-systeem. Links met WKO, recht zonder WKO.

TEO kan zonder of in combinatie met een warmte-koude opslag (WKO) systeem worden toegepast (zie figuur 2.1). Energetisch gezien is het voordelig om de warmte in de zomer te winnen en op te slaan in het grondwater (de WKO bron) voor gebruik in de winter. Dit proces wordt in het linker gedeelte van Figuur 2 weergegeven. Bij grote goed doorstromende waterlichamen (denk aan de grote rivieren) is het echter ook mogelijk om het hele jaar warmte uit het water te winnen. Indien het oppervlaktewater niet te ver wordt afgekoeld door de warmtewinning, kan een aquathermie-systeem zonder WKO worden toegepast. Het nadeel hiervan is dat het rendement (COP) van de warmtepomp daalt naarmate de watertemperatuur lager wordt. Tegenover het lagere energetische rendement, staat het voordeel van lagere investeringskosten, de WKO hoeft immers niet aangelegd te worden. Deze ontwerpkeuze is situatieafhankelijk.

2.2 Technische potentie bepalen met de Aquathermievviewer

Op de webviewer is informatie te vinden over de technische potentie aquathermie. Er zijn drie informatielagen:

1. In de laag *Quickscan* is in één oogopslag te zien welke buurten in aanmerking komen voor Aquathermie.

De quickscan TEO laat alle buurten zien die in aanmerking komen voor thermische energie uit oppervlaktewater. Voor elke buurt wordt het percentage van de warmtevrraag getoond dat door TEO kan worden voorzien. Hierbij is een maximale afstand aangehouden van 500m tot de kleinere wateren, 2km tot de middelgrote wateren en 5km tot de grote wateren.

De quickscan TEA laat alle buurten zien die in aanmerking komen voor thermische energie uit afvalwater. Voor elke buurt wordt het percentage van de warmtevrraag getoond dat door TEA kan worden voorzien. Hierbij is een maximale afstand aangehouden van 500m tot de rioolgemalen en leidingen en 2km tot rioolwaterzuiveringen (RWZI's).

De quickscan TED laat alle buurten zien die in aanmerking komen voor thermische energie uit drinkwater. Voor elke buurt wordt het percentage van de warmtevrraag getoond dat door TED kan worden voorzien. Hierbij is aangehouden dat de drinkwaterleidingen in diezelfde buurt liggen.

2. In de laag *Verdieping* is meer informatie te vinden over de potentie van aquathermie en welke factoren een rol spelen

De technische potentie is afhankelijk van meerdere factoren. In de verdieping worden zes factoren getoond die bepalend zijn voor de potentie van aquathermie in een gebied. Dit zijn zowel factoren die het gevolg zijn van ontwerpkeuzes (warmte-onttrekkingsregime) als fysisch-biologische factoren die lokale beperkingen met zich meebrengen (ecologische risico's, wko-capaciteit) als economische factoren waardoor aquathermie niet rendabel is (warmtenet, afstand). Deze gevoeligheidsfactoren zijn als afzonderlijke kaartlagen te bekijken:

- Warmte-onttrekking: toont hoeveel warmte gedurende het jaar gewonnen kan worden
- Ecologisch risico: toont de watergangen waar potentieel ecologische risico's kunnen optreden, waardoor eventueel ter plaatse beperkingen kunnen worden opgelegd.
- WKO-capaciteit: toont op welke plekken de bodem geschikt is voor seizoensopslag van warmte
- Warmtevraag: toont de warmtevraag per buurt
- Warmtenet: toont of een warmtenet economisch haalbaar is per buurt
- Afstand: toont de potentie bij het kleiner of groter maken van het 'zoekgebied' naar aquathermie-bronnen

3. In de laag *Gebiedsanalyse* kunnen gebiedsscenario's doorberekend worden.

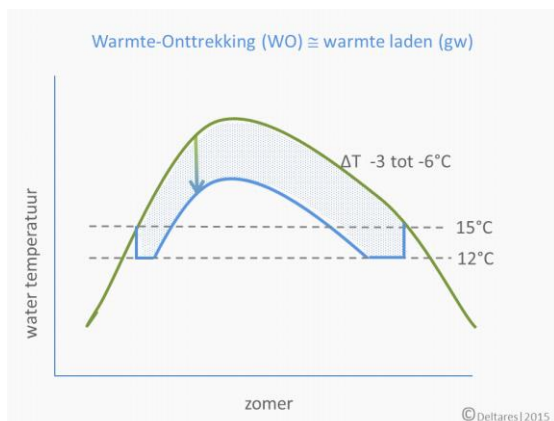
In de gebiedsanalyse kan een willekeurig gebied geselecteerd worden. Voor het geselecteerde gebied kunnen zelfstandig scenario's worden doorgerekend. Per buurt wordt weergegeven uit welke watergang de warmte zou kunnen worden onttrokken en in welke percentage van de warmtevraag van de buurt kan worden voorzien. Hierbij wordt rekening gehouden met meerdere onttrekkingen uit dezelfde watergang, zodat de warmte niet door twee verschillende buurten gebruikt kan worden.

2.3 Betrouwbaarheid van de warmtebron

Een belangrijke vraag met betrekking tot aquathermie is of deze warmtebron betrouwbaar is. De leveringszekerheid is afhankelijk van de installatie zelf en ontwerpkeuzes daarin (bijvoorbeeld overdimensionering en gebruik van WKO), maar ook van beleidsmatige randvoorwaarden (periode, afkoeling) en natuurlijke variaties (temperatuur, debieten) in de bron zelf. In de berekeningen van de technische potentie worden hiervoor aannames gedaan. De omvang van de berekende technische warmtepotentie is afhankelijk van een aantal aannames, zoals:

- vanaf welke watertemperatuur onttrokken mag gaan worden (T_{begin});
- bij welke temperatuur gestopt wordt met onttrekken (T_{eind});
- wat de maximale daling van de watertemperatuur mag zijn (dT); en
- de periode van het jaar waarin de winning plaatsvindt.

Om gevoel te krijgen voor de betrouwbaarheid van de bron is het daarom van belang om het effect van deze aannames te variëren. Voor de berekeningen van de potentie zijn in de webviewer daarom regimes van *warmteonttrekkingen* gebruikt. In tabel 3.1 zijn de variaties weergegeven.



Figuur 2.2 Voorbeeld van randvoorwaarde voor potentieberekeningen (Standaard onttrekkingsregime). De warmtewinning start als de watertemperatuur boven de 15°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 12°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag bij hogere watertemperaturen tot een maximale daling van 6°C van de watertemperatuur leiden.

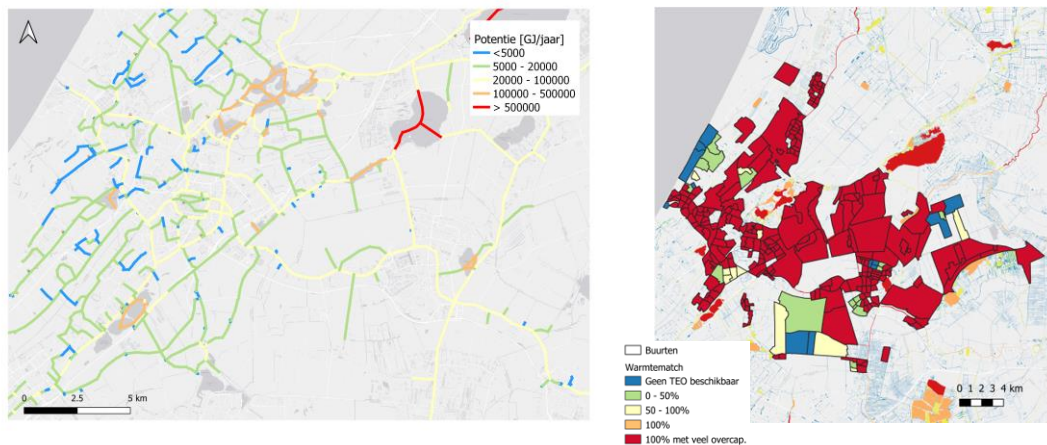
Tabel 3.1 Het standard warmte-onttrekkingsregime en variaties daarop.

	Onttrekkingsregime	Omschrijving
1	Standaard	Warmtewinning als de watertemperatuur boven de 15°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 12°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag (bij hogere watertemperaturen) maximaal tot een daling van 6°C van de watertemperatuur leiden.
2	Kortere periode	Warmtewinning als de watertemperatuur boven de 18°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 15°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag (bij hogere watertemperaturen) maximaal tot een daling van 6°C van de watertemperatuur leiden. Door de hogere start- en eindtemperatuur wordt later in seizoen gestart en eerder gestopt.
3	Hoogzomer	Warmtewinning als de watertemperatuur boven de 21°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 18°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag (bij hogere watertemperaturen) maximaal tot een daling van 6°C van de watertemperatuur leiden. Door de hogere eindtemperatuur blijft de koudelozing op het oppervlaktewater beperkt.
4	Langere periode	Warmtewinning als de watertemperatuur boven de 12°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 9°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag (bij hogere watertemperaturen) maximaal tot een daling van 6°C van de watertemperatuur leiden. Door de lagere start- en eindtemperatuur wordt eerder in seizoen gestart en later gestopt.
5	Kleinere impact	Warmtewinning als de watertemperatuur boven de 15°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 12°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag (bij hogere watertemperaturen) maximaal tot een daling van 3°C van de watertemperatuur leiden. Hierdoor is de eventuele impact op de ecologie kleiner.
6	Jaarrond (zonder WKO)	Warmtewinning als de watertemperatuur boven de 7°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 4°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag (bij hogere watertemperaturen) maximaal tot een daling van 6°C van de watertemperatuur leiden. Er wordt het gehele jaar warmte uit het water onttrokken.
7	Jaarrond (zonder WKO), kleinere impact	Warmtewinning als de watertemperatuur boven de 7°C is. De watertemperatuur mag tot minimaal 4°C worden afgekoeld. De warmteonttrekking mag (bij hogere watertemperaturen) maximaal tot een daling van 3°C van de watertemperatuur leiden. Hierdoor is de eventuele impact op de ecologie kleiner. Er wordt het gehele jaar warmte uit het water onttrokken.

2.4 Voorbeeld Casus Holland Rijnland

Aan de hand van de casus Holland Rijnland laten we de effecten van de verschillende ontwerp- en beleidskeuzes zien. In dit deelonderzoek is de technische potentie doorgerekend voor de zeven onttrekkingsregimes uit tabel 3.1.

Figuur 2.3 toont links de technische potentie van aquathermie uit oppervlaktewater. De figuur laat per watergang zien hoeveel warmte jaarlijks onttrokken kan worden uitgaande van het standaard onttrekkingsregime (figuur 2.2). De warmtecapaciteit is het gemiddelde van de jaren 1980-2011. Figuur 2.4 toont rechts de potentie van datzelfde warmteaanbod, maar dan uitgedrukt als percentage van de warmtevraag per buurt. Uit deze potentiekaart blijkt dat in ca 75% van de buurten de warmtevraag voor 100% geleverd kan worden door aquathermie binnen een straal van 1km. De rode buurten geven aan dat er meer warmteaanbod in een straal van 1km aanwezig is dan de warmtevraag van die buurt.



Figuur 2.3 links: Technische potentiekaart van TEO in Holland Rijnland. Per watergang is de gemiddelde hoeveelheid warmte in Giga Joules per jaar weergegeven over de periode van 1980-2011. Bij de berekeningen is uitgegaan van het 'standaard' warmte-onttrekkingsregime (figuur 2.2). Rechts: percentage van de warmtevraag dat geleverd zou kunnen worden door aquathermie binnen een straal van 1 km.

In tabel 3.2 zijn de resultaten van alle zeven warmte-onttrekkingsregimes weergegeven. Voor elk regime is de berekende warmte-onttrekkingscapaciteit (WOC) weergegeven en uitgedrukt als percentage van de warmtevraag. De berekeningen zijn uitgevoerd de 30-jarige tijdreeks (1980-2011) om de natuurlijk variatie in het weer en de afvoerdebieten mee te kunnen nemen. Over die 30 jaar is het gemiddelde, het minimum en het maximum weergegeven. Tot slot is ook de afstand tot de bron als factor meegenomen. In de linkerhelft van de tabel staan de resultaten voor de situatie waar de warmtecapaciteit van alle watergangen tot op 1 km van de buurt zijn meegenomen en rechts de resultaten waar de warmtecapaciteit van alle watergangen tot op 5 km zijn meegenomen. In dat laatste geval is er dus meer warmtecapaciteit beschikbaar. (Deze situatie gaat uit van grote, centrale warmtenetten in het gebied).

In de situatie van 1 km (links) zijn de verschillen te zien tussen de verschillende warmte-onttrekkingsregimes. Regime 3 (Hoogzomer) heeft het kleinste warmteaanbod, waarmee aan gemiddeld 76,3% van de totale warmtevraag van de geselecteerde buurten kan worden voldaan. Regime 4 (Langere periode) heeft het hoogste aanbod en kan gemiddeld aan 87% van de totale

warmtevraag voldoen. Regime 3 is ook het meest gevoelig voor de natuurlijke variatie in het weer en afvoerdebieten en toont een verschil van 23% tussen de warmtecapaciteit in het minimale en maximale jaar. De andere regimes hebben minder spreiding, in de ordegrrootte van een paar procent. De betrouwbaarheid van warmtelevering neemt dus toe naarmate langere periodes warmte wordt onttrokken. Regime 5 (Kleinere impact) laat zien dat aannames over de start- en eind temperatuur en de afkoeling (dT) effect hebben op de berekende warmtecapaciteit. Ten opzichte van het standaardregime neemt de warmtecapaciteit af met 5%.

Tabel 3.2 Resultaten van de doorrekening van de verschillende warmte-onttrekkingsregimes

		Maximaal 1 km afstand tot de bron			Maximaal 5 km afstand tot de bron		
		Warmtevraag (PJ/jaar)	WOC (PJ/jaar)	Warmtematch (% van warmtevraag)	Warmtevraag (PJ/jaar)	WOC (PJ/jaar)	Warmtematch (% van warmtevraag)
Regime 1	Min.	4.9	4.2	85.0	4.9	4.9	100.0
	Gemid.	4.9	4.3	86.6	4.9	4.9	100.0
	Max	4.9	4.3	87.0	4.9	4.9	100.0
Regime 2	Min.	4.9	3.9	78.7	4.9	4.9	100.0
	Gemid.	4.9	4.1	83.8	4.9	4.9	100.0
	Max	4.9	4.3	86.0	4.9	4.9	100.0
Regime 3	Min.	4.9	2.9	59.3	4.9	4.8	96.2
	Gemid.	4.9	3.8	76.3	4.9	4.9	100.0
	Max	4.9	4.1	82.3	4.9	4.9	100.0
Regime 4	Min.	4.9	4.3	86.6	4.9	4.9	100.0
	Gemid.	4.9	4.3	87.0	4.9	4.9	100.0
	Max	4.9	4.3	87.3	4.9	4.9	100.0
Regime 5	Min.	4.9	4.0	80.1	4.9	4.9	100.0
	Gemid.	4.9	4.1	82.5	4.9	4.9	100.0
	Max	4.9	4.2	84.4	4.9	4.9	100.0
Regime 6	Min.	4.9	3.8	77.1	4.9	4.9	100.0
	Gemid.	4.9	3.9	79.5	4.9	4.9	100.0
	Max	4.9	4.1	82.2	4.9	4.9	100.0
Regime 7	Min.	4.9	3.7	74.4	4.9	4.9	100.0
	Gemid.	4.9	3.8	76.5	4.9	4.9	100.0
	Max.	4.9	3.9	77.9	4.9	4.9	100.0

2.5 Samengevat

De eerste stap voor het benutten van aquathermie als bron is het bepalen van de technische potentie van aquathermie binnen de gemeente. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van de aquathermievierder. Als er veel potentie is, dan is een volgende stap om de kansrijkheid van deze bron nader te onderzoeken.

De leveringszekerheid is afhankelijk van de installatie zelf en ontwerpkeuzes daarin (bijvoorbeeld overdimensionering en gebruik van WKO), maar ook van beleidsmatige randvoorwaarden (periode, afkoeling) en natuurlijke variaties (temperatuur, debieten) in de bron zelf. In de aquathermievierder zijn daarom verschillende onttrekkingsregimes regimes doorgerekend over meerdere jaren. Daarmee is de betrouwbaarheid van een watergang als warmtebron beter in te schatten.

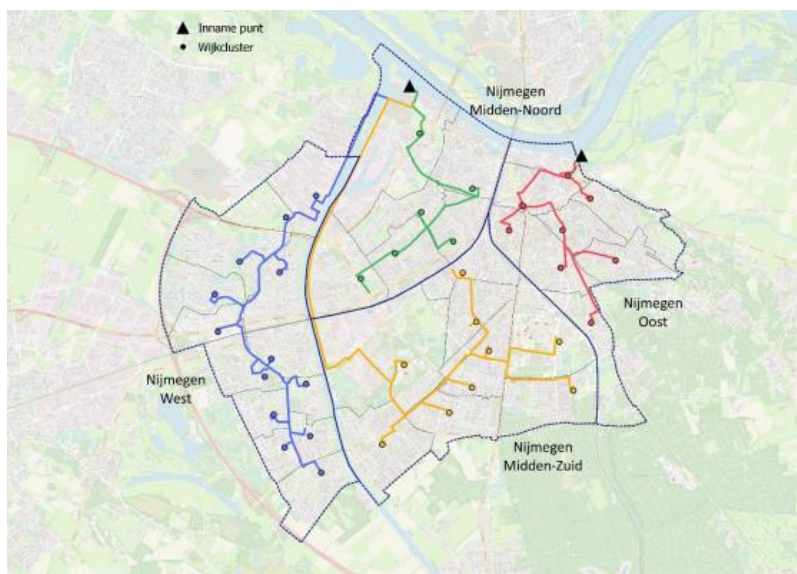
3. Stap 2. Haalbaarheid en grootschalige toepassing

Na de bepaling van de technische potentie van aquathermie in een bepaald gebied is de volgende stap om de haalbaarheid van aquathermie binnen de gemeente te concretiseren. Daarvoor is het eerst nodig om te weten of het technisch mogelijk is om aquathermie grootschalig toe te kunnen passen. Deze vraag stond centraal in de casus Nijmegen. Vervolgens is de vraag waar de toepassing van aquathermie kansrijk is en wat de omvang is van de potentiële aquathermie-warmtekavels. Voor de cases Holland Rijnland en Breda is deze uitwerking naar warmtekavels gemaakt.

3.1 Haalbaarheid

In de casus Nijmegen is een verkenning uitgevoerd naar de haalbaarheid van grootschalige toepassing van aquathermie. Als startpunt voor de haalbaarheid wordt uitgegaan van een verdeling van de stad in vier gebieden, met elk een eigen warmtenet. Zie figuur 4.1 In het deelonderzoek is gekeken naar technische haalbaarheid, ruimtelijke inpassing en kosten. Voor de vier stadsdelen zijn steeds drie ontwerpvarianten van het warmtenet geanalyseerd:

- Variant 1 (centraal) bestaat uit een TEO-systeem, gekoppeld aan een middentemperatuur warmtenet (40-70°C) via een centrale warmtepomp en een centrale WKO.
- Variant 2 (decentraal) bestaat uit een TEO-systeem, gekoppeld aan een lage temperatuur bronnet (15-10°C), via decentrale warmtepompen en WKO's in de buurt.
- Variant 3 (centraal zonder opslag) bestaat uit een TEO systeem, gekoppeld aan een midden temperatuur warmtenet (40-70°C) via een centrale warmtepomp, maar dan zonder WKO. In de winter wordt rechtstreeks warmte gewonnen uit het oppervlaktewater en opgewaardeerd naar 70°C.



Figuur 3.1 De vier (hypothetische) grootschalige aquathermie-warmtenetten uit de Verkenning naar grootschalige toepassing van aquathermie (Roosjen et al, 2021)

Technische haalbaarheid

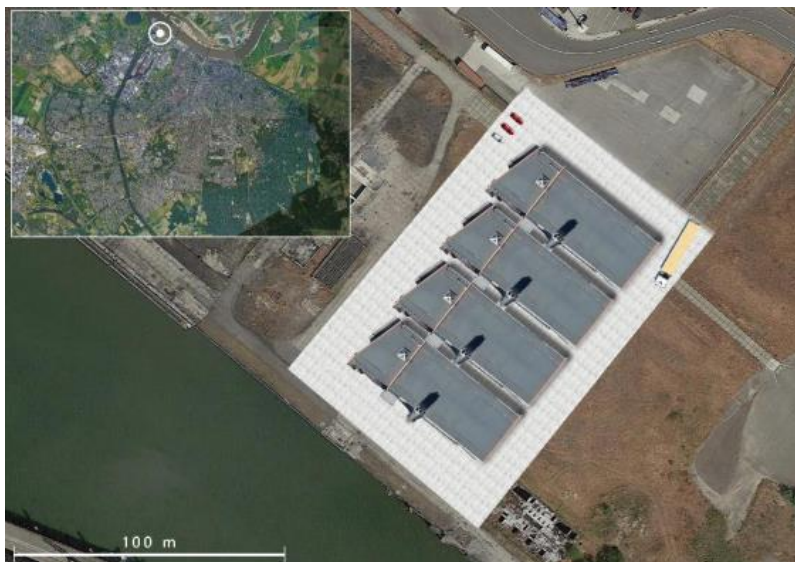
Uit deze verkenning komt naar voren dat voor de toepassing van aquathermie op deze schaal geen nieuwe technologie nodig is. Dit geldt voor alle drie de varianten. De systeemcomponenten, die voor kleinschaliger systemen in Nederland al veelvuldig worden toegepast, zijn technisch gezien opschaalbaar:

- *In- en uitlaatwerken:* voor de hier bekeken TEO-systemen zijn debieten voor de verschillende stadsdelen van 2-3 m³/s nodig. Dit zijn debieten die veelvuldig voorkomen in poldergemalen. Ter illustratie, het debiet van het koelsysteem van de oude kolencentrale in Nijmegen bedroeg ca. 25 m³/s.
- *Warmtewisselaars:* de capaciteit van de warmtewinning is eenvoudig op te schalen door het aantal warmtewisselaars uit te breiden.
- *Warmte-koude opslag:* ook de capaciteit van de warmteopslag is opschaalbaar door het aantal WKO-doubletten uit te breiden. De totale opslagcapaciteit in de ondergrond van Nijmegen is voldoende.
- *Warmtepompen:* de warmtepompcapaciteit in de hier bekeken systemen is aanzienlijk, maar de benodigde capaciteit kan worden verkregen door meerdere industriële warmtepompen naast elkaar te zetten, die nu al op de markt verkrijgbaar zijn. In het buitenland (o.a. Noorwegen, Verenigd Koninkrijk), wordt al langer gewerkt met warmtepompen van deze omvang.

Ruimtelijke haalbaarheid

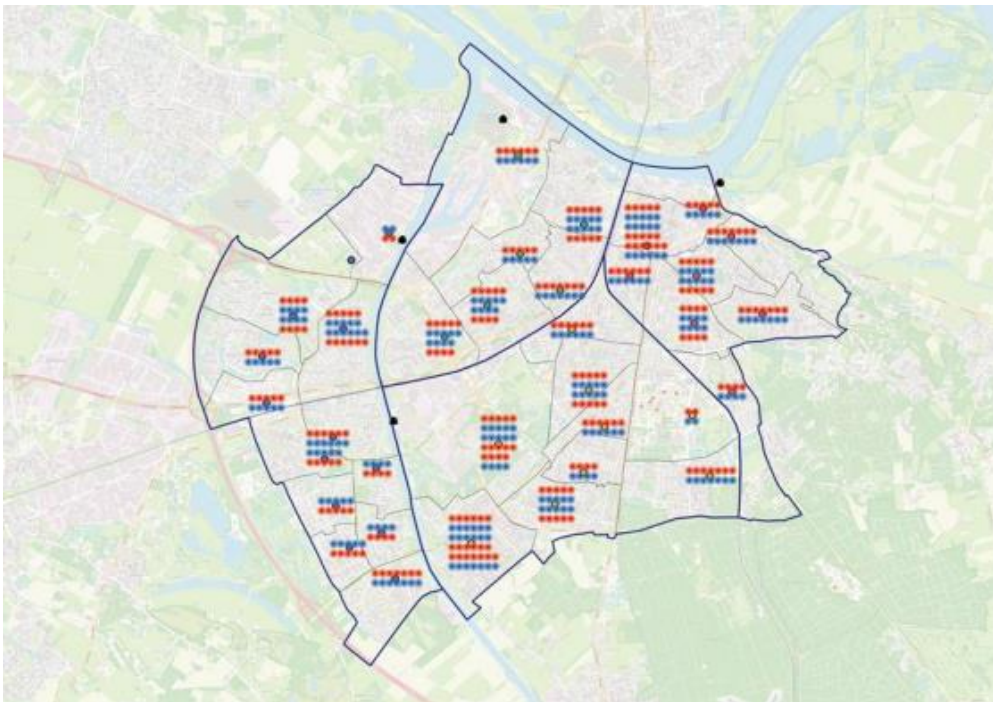
Uit de verkenning blijkt dat het ruimtebeslag van toepassing van aquathermie met WKO op deze schaal een uitdaging is. De verschillende systeemcomponenten leggen een aanzienlijke claim op de bovengronds als ondergronds ruimte:

- de winning bij de inlaten en uitlaten en het warmtewisselaarstation
- vanwege de grote warmtepompcapaciteit die nodig is, hebben de warmtepompcentrales een aanzienlijk ruimtebeslag. De inpassing van de centrales in de bebouwde omgeving kan een lastige opgave zijn, zie figuur 3.2.



Figuur 3.2 Indicatie van ruimtegebruik van een centrale warmtepomp, die de temperatuur naar 70°C brengt. In dit voorbeeld is de centrale direct gepositioneerd bij de inlaat aan de Waal. De gebouwen tezamen beslaan de ruimte van een voetbalveld.

- Figuur 3.3 geeft een impressie van de benodigde ondergrondse WKO-doublingen. De variant van aquathermie zonder WKO heeft een veel kleiner ondergronds ruimtebeslag. De varianten met WKO hebben een significant aantal WKO-doublingen nodig. Het is niet eenvoudig om deze WKO velden makkelijk in te passen in een stedelijke omgeving. Vanuit ruimtelijk perspectief is een variant zonder WKO daarom eenvoudiger in te passen dan een variant met WKO. Als de varianten met WKO worden vergeleken, dan zou er een voorkeur kunnen zijn voor de decentrale variant, omdat de WKO-velden gespreid over de stad kunnen worden aangelegd. In de centrale variant liggen alle WKO's in een groot veld en de vraag is of een locatie gevonden kan worden waar genoeg ruimte is.



Figuur 3.3 Ruimtebeslag van WKO systemen

Kosten

De bandbreedte van de kosten van verschillende configuraties van de aquathermiesystemen ligt tussen de 8 en 16 Euro per geleverde GJ aan het warmtenet (De Fockert, et al 2021) (Roosjen et al, 2021) Dit is zonder subsidie. De huidige SDE++ regeling kent een maximale subsidie van 11 Euro per geleverde GJ. Opgemerkt dient te worden dat een aquathermie variant zonder WKO niet onder de huidige subsidieregeling valt. Het warmtenet wordt buiten beschouwing gelaten. De kosten voor een TEO aquathermie systeem worden bepaald door de bron, de eventuele opslag en de energiec centrale (warmtepomp) die de temperatuur op het gewenste niveau brengt.

De Nijmegen casus laat zien dat grootschalige toepassing van aquathermie mogelijk is. Er zijn geen technische belemmeringen. Wel zijn er uitdagingen met betrekking tot ruimtelijk inpassing, zowel bovengronds als ondergronds. Met behulp van SDE++ subsidie zijn de kosten te reduceren.

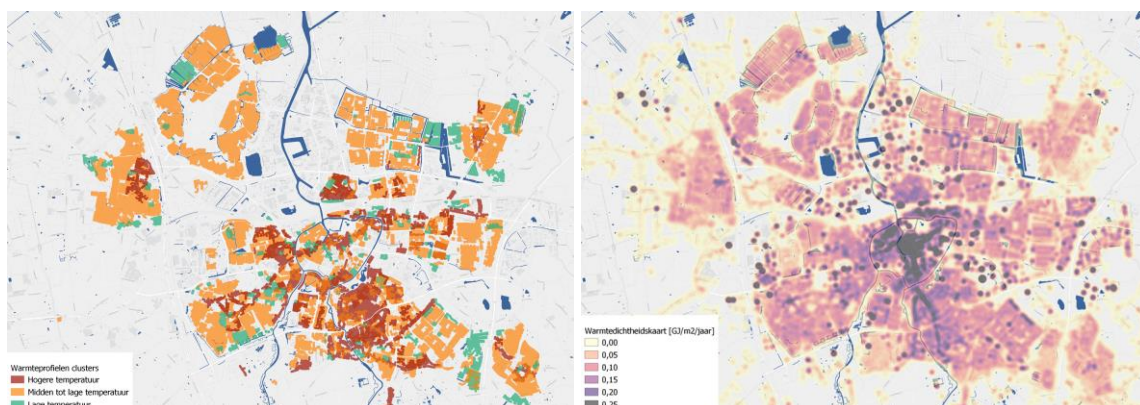
3.2 Potentiële aquathermie-warmtekavels

De volgende stap in de aanpak is om een beeld te krijgen van de potentiële opschaling van aquathermie in een gebied. Dat kan door het identificeren van warmtekavels die in aanmerking komen voor aquathermie. In de casus Holland Rijnland en in de casus Breda is dat op twee verschillende wijzen aangepakt.

In Holland Rijnland is op basis van de Regionale Energiestrategie Holland Rijnland een selectie gemaakt van de buurten die in aanmerking zouden komen voor lage- en midden temperatuursystemen. Van die set zijn alle buurten die in aanmerking zouden komen voor geothermie of restwarmte er uitgehaald. De resulterende set van buurten komt in aanmerking voor aquathermie indien er een watergang aanwezig is die als warmtebron kan fungeren. Per buurt is de warmtevraag bepaald aan de hand van het CBS-buurtbestand (Syntaal, 2021).

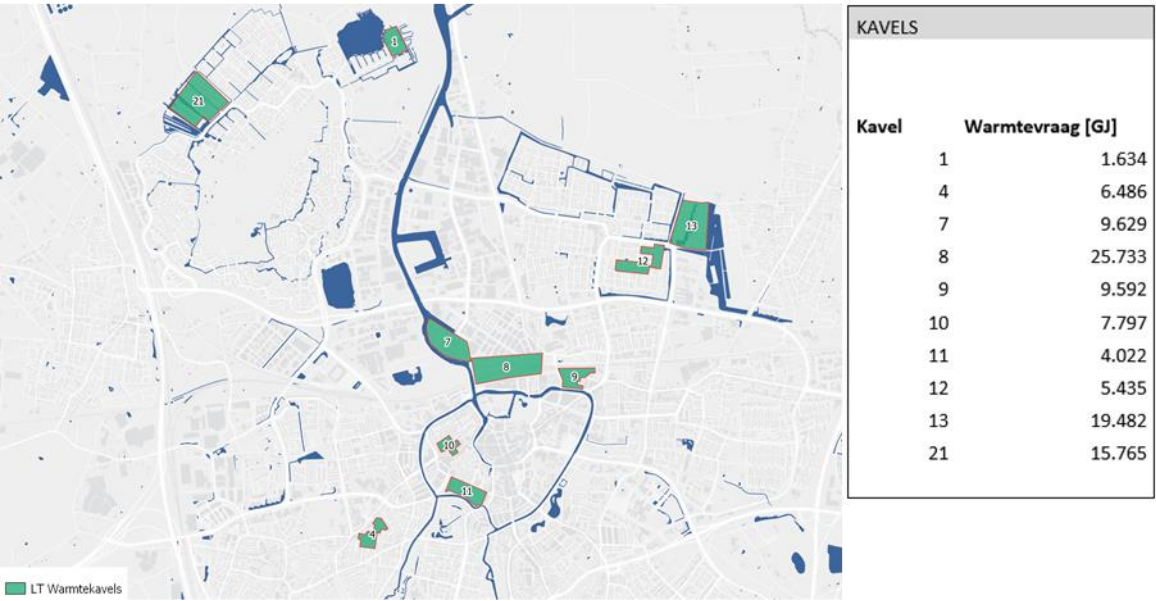
In de casus Breda is een stap verder gegaan. Warmtekavels hoeven namelijk niet per definitie de buurtgrenzen te volgen. Binnen een buurt kunnen de kenmerken van de bebouwde omgeving sterk verschillen, waarvoor verschillende warmtesystemen nodig zijn. Als uitgangspunt voor de bepaling van potentiële Aquathermie-warmtekavels in Breda is daarom gebruik gemaakt van de provinciale en gemeentelijke data over warmteprofielen (fig 3.1, links). De warmteprofielen geven aan of een gebouw geschikt is voor een lage temperatuur, midden-temperatuur of hoge temperatuur warmtenet (of individuele warmtesystemen). In de Breda-studie is ervan uitgegaan dat gebouwen geschikt voor lage temperatuur en midden-temperatuur in aanmerking komen voor aquathermie. Op basis van de warmteprofielen zijn clusters gemaakt van aaneensluitende gebouwen, die geschikt zijn voor lage temperatuur en midden-temperatuur warmtenetten. Bij deze clustering is rekening gehouden met obstakels zoals brede wegen, bruggen etc. Dat resulteerde in twee sets van potentiële aquathermie- warmtekavels:

1. Kavelset 1 bestaat uit logische clusters van gebouwen geschikt voor alleen lage temperatuur warmtenetten (LT kavels);
2. Kavelset 2 bestaat uit logische clusters van gebouwen geschikt voor lage temperatuur én midden temperatuur warmtenetten (LT+MT kavels).

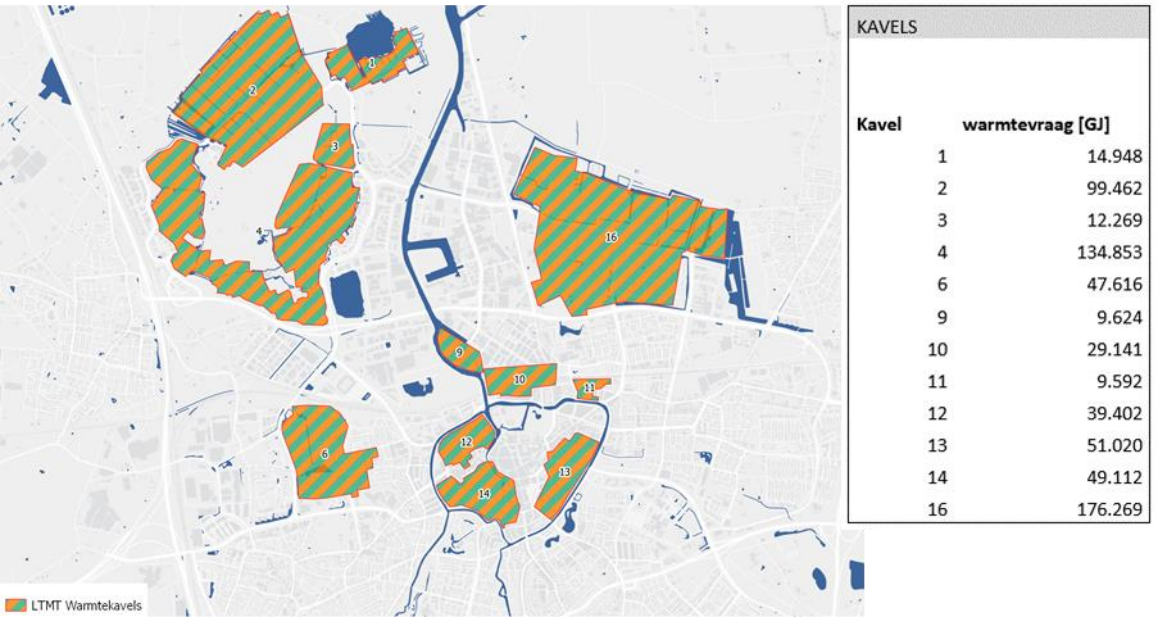


Figuur 3.1. Links warmteprofielen in Breda. Rechts warmtedichtheid in Breda. De warmteprofielenkaart is te vinden op het warmtebronnenregister van de provincie Noord Brabant (Bron: Warmtetransitiemakers)

Figuur 3.3 en Figuur 3.4 geven respectievelijk een overzicht van de LT-kavels en LT+MT kavels met de bijbehorende warmtevraag. De omvang van de warmtevraag van een kavel is bepaald op basis van gegevens over de warmtevraagdichtheid. De Warmtetransitiemakers hebben voor Breda de CBS-gegevens over de warmtevraag op buurniveau doorvertaald naar de warmtevraag op gebouw- en woningen-niveau aan de hand van gebouwkenmerken (figuur 3.2 rechts). Daarmee is het mogelijk om de warmtevraag per kavel te berekenen aan de hand van de oppervlak van de kavel. Dit is gedaan voor alle LT-kavels en LT+MT-kavels.



Figuur 3.3 Overzicht van de LT warmtekavels in Breda.



Figuur 3.4. Overzicht van de LT+MT warmtekavels in Breda

3.3 Samengevat

Op basis van de Nijmegen casus kan geconcludeerd worden dat grootschalige toepassing van aquathermie mogelijk is. Vanuit technisch perspectief zijn daar geen belemmeringen voor, omdat alle systeemcomponenten opgeschaald kunnen worden.

Er zijn wel degelijk uitdagingen met betrekking tot ruimtelijk inpassing, zowel bovengronds als ondergronds. Het ruimtebeslag verschilt per systeemcomponent. De in- en uitlaten en de warmtewisselaarstations zijn specifiek voor aquathermiesystemen en vragen om ruimte dicht bij de watergang. Warmtepompcentrales en het warmtenet zijn componenten die niet specifiek zijn voor aquathermie, maar voor (lage temperatuur) collectieve warmtesystemen in het algemeen. Voor de warmtepompstations moet in bestaand bebouwd gebied naar plek gezocht worden. De inpassing van warmtenetten vraagt om ruimte onder de bestrating. In thema 6 is een aanpak ontwikkeld voor zogenaamde signaalkaarten, die aangeven waar mogelijke knelpunten te verwachten zijn (van der Brugge et al, 2022). Het ondergrondse ruimtebeslag van de WKO is wellicht nog de grootste uitdaging. Ruimtelijk en ondergrondbeleid moeten meer aandacht krijgen de energietransitie. In Maring et al (2022) worden hier een aantal handvatten voor gegeven.

Het identificeren van de potentiële warmtekavels die in aanmerking komen voor aquathermie geeft een beeld van de opschaling die mogelijk plaats kan vinden binnen de gemeente. Hierbij moet natuurlijk nog een afweging gemaakt worden met andere warmtebronnen en systemen, waarbij de kosten van de verschillende warmteopties een grote rol speelt. Daarnaast moet rekening gehouden met de effecten op het watersysteem zelf. In de volgende stap zijn daarom die effecten nader geanalyseerd.

4. Stap 3. Waar ligt de balans tussen energie en ecologie

Na de bepaling van de potentie, de haalbaarheid en de mogelijkheden voor opschaling is in de volgende stap onderzocht of en hoe de opschaling kan worden vorm gegeven binnen de grenzen van ecologische draagkracht. Daarbij is het de kunst een balans te vinden tussen enerzijds het onttrekken van warmte ten behoeve van de energietransitie en daarmee een duurzaam ecosysteem en anderzijds het voorkomen van ecologische (nadelige) gevolgen van de warmte-onttrekkingen in het watersysteem.

Dit evenwicht is onderzocht in de studies Holland Rijnland en Breda. In deze deelonderzoeken is met behulp van modelberekeningen de impact van grootschalige warmte-onttrekking geanalyseerd.

Hierbij is een iteratieve werkwijze gehanteerd. In eerste instantie zijn de gevolgen op het watersysteem bepaald, waarbij de totale warmtevraag van alle potentiële aquathermie-warmtekavels is doorgerekend. Als deze gevolgen als te groot werden beoordeeld zijn de warmte-onttrekkingen afgeschaald. Dat is gedaan op verschillende manieren, door kavels te laten afvallen, of gelijkmatig kavels verkleinen. In een aantal iteratieslagen wordt zo toegewerkt naar een omvang van warmte-onttrekkingen die binnen de randvoorwaarden blijft waarbij geen ecologische effecten meer verwacht worden, de balans tussen energie en ecologie.

4.2 Randvoorwaarden voor de ecologie

Wanneer de warmte uit het oppervlaktewater wordt onttrokken (gewonnen) daalt de temperatuur van het water en het gekoelde water wordt teruggebracht in de watergang (koudelozing). Afhankelijk van de omvang van die koudelozing, de duur van die lozing, de verspreiding van de lozing en het seizoen kan de koudelozing impact hebben op de ecologie. Er kan dus niet zonder meer ongelimiteerd warmte uit het watersysteem gewonnen worden. Wat er bekend is over de relatie tussen watertemperatuur en de ecologie is vastgelegd in Harezlak (2021) en Harezlak (2022). Omdat er op dit vlak nog hiaten in kennis zijn, bijvoorbeeld over de doorwerking van temperatuureffecten in het voedselweb, is nader onderzoek nodig in de vorm van ecologische monitoring, zoals voorgesteld in Wortelboer & Harezlak. (2020). De handreiking vergunningverlening Koudelozingen is daarom gebaseerd op het voorzorgsprincipe en stelt eisen aan de maximale afkoeling, zodat ecologische impact beperkt mag worden verondersteld. Mogelijk kan afkoeling ook een positieve bijdrage leveren aan het water- en ecosysteem. De handreiking zal op basis van de laatste inzichten naar verwachting in 2023 een update krijgen.

In de Holland Rijnland en Breda studies is een maximale toegestane afkoeling van het watersysteem met 3°C gehanteerd, waar het beleidskader een afkoeling van 4°C hanteert. De inschatting van de mogelijkheden is in deze studies daarmee aan de veilige kant.

Naast afkoeling heeft de filtering van het onttrokken water en de introductie van stroming mogelijk ook gevolgen voor de ecologie. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat temperatuureffecten maatgevend zijn voor de ecologische impact en daarmee voor de warmtecapaciteit van het watersysteem.

4.1 Gebruik van hydrologische rekenmodellen

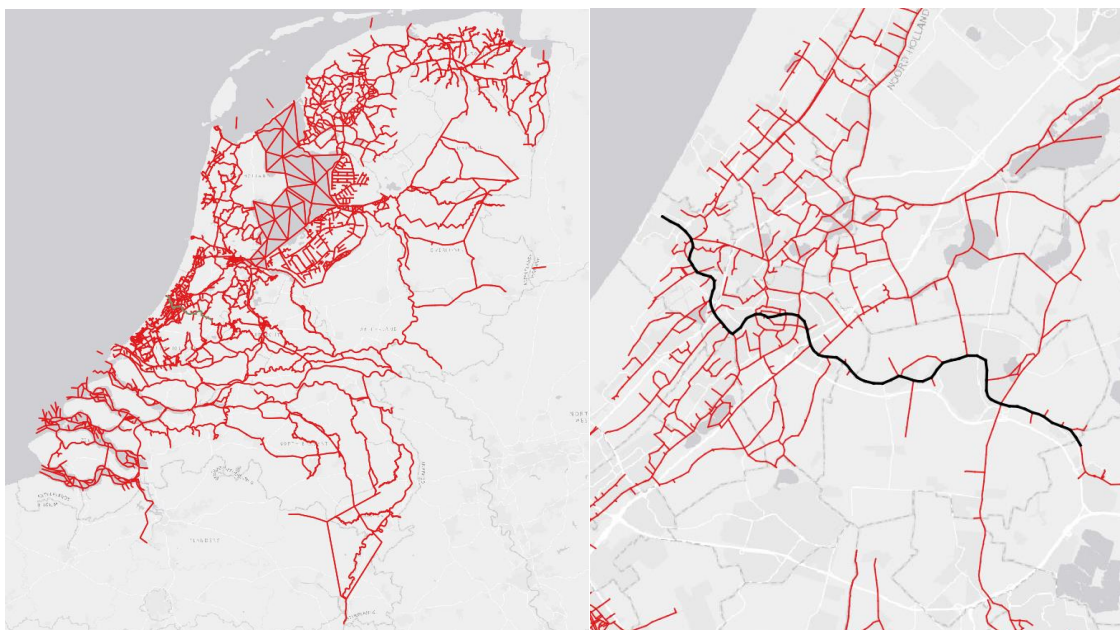
Met behulp van hydrologische modellen wordt de daling van watertemperatuur door warmte-onttrekking (en dus koudelozing) bepaald. De temperatuurdalingen gelden als indicator voor ecologische impact, zoals in de vorige paragraaf toegelicht. We zoeken vervolgens naar die hoeveelheid warmteonttrekking die binnen de grenzen zoals gehanteerd in dit onderzoek blijft. Uit de onderzoeken blijkt dat het verstandig is om de modelaanpak in twee trappen op te delen en van grof naar fijn te werken:

1. Bepalen omvang van warmtekavels (1D)
2. Nadere analyse effecten (3D)

1D-modellering

In de casus Holland Rijnland en Breda is in eerste instantie gebruik van het Nationaal Water Model (Helpdesk Water 2018). Dit modelinstrumentarium wordt gebruikt voor waterstaatkundige onderbouwingen van beleidskeuzes. In het Nationaal Water Model (NWM) zijn de (meeste) watergangen van Nederland opgenomen en kunnen afvoerdebieten worden doorgerekend. Door gebruik te maken van deze modelschematisaties hoeft er in eerste instantie ook geen nieuw model opgebouwd te worden (zie figuur 4.1).

Hieraan gekoppeld is het Delwaq-model waarmee de watertemperatuur kan worden berekend. De temperatuurberekeningen worden uitgevoerd over segmenten van 500m. Wanneer gebruik wordt gemaakt van dit modelinstrumentarium, zijn de temperatuurberekeningen 1-dimensionaal, dat wil zeggen de temperatuurgradiënt wordt alléén in de stroomrichting berekend en niet in de diepte of breedte. Eigenlijk wordt daarmee impliciet aangenomen dat een koudelozing zich volledig mengt met het (warmere) omliggende water. Deze vereenvoudiging volstaat voor een indicatie van de gevolgen van warmte-onttrekking.



Figuur 4.1 Modelschematisatie van het Nationaal watermodel (links) en uitsnede van de Oude Rijn (rechts, zwarte lijn).

De modellering met 1D Sobek is relatief eenvoudig en vraagt minder rekencapaciteit dan bijvoorbeeld 3D-modellering (zie h4.3). Daardoor kunnen snel en veel simulaties doorgerekend worden. In de Holland Rijnland casus zijn bijvoorbeeld 30 verschillende jaren doorgerekend. Dit heeft als groot voordeel dat inzicht verkregen worden in de temperatuureffecten over verschillende jaren en gedurende het gehele warmte-onttrekkingsseizoen.

3D-modellering

Op het moment dat via een aantal iteraties tot een situatie gekomen is dat de warmteonttrekkingen binnen de randvoorwaarden blijven, komt de tweede trap in de modelaanpak aan de orde en dat is een 3D-modellering. In de casus Breda is daarvoor gebruikt gemaakt van het Delft 3D hydrologisch instrumentarium. Met dit model worden de gevolgen van de warmte-onttrekkingen op de temperatuur opnieuw berekend. Dit dient ter controle van de 1D-berekeningen, waarin de volgende processen niet worden meegenomen:

- *Stratificatie*: het effect dat er gelaagdheid van temperatuur in het waterlichaam aanwezig is. Dit kan van nature het geval zijn of ontstaan door koudelozingen als het geloosde water niet goed opmengt. Het koude water zakt naar beneden. Dit kan bij de bodem een grotere temperatuurdaling veroorzaken dan uit 1D modelberekeningen volgt. Doordat de koude vooral bij de bodem zit en niet aan het oppervlak gaat ook de regeneratie door zoninstraling en warmte-uitwisseling met de atmosfeer langzamer. Dit heeft ook invloed op de:
- *Cumulatieve effecten*: bij meerdere opeenvolgende onttrekkingen moet rekening gehouden worden met de doorwerking van de temperatuurdalingen benedenstrooms.
- *Recirculatie*: Dit effect treedt op als het water dat ingelaten wordt, beïnvloed wordt door de koudelozing. Het afgekoelde water wordt dan opnieuw door de warmtewisselaars getrokken, waardoor het nog verder afkoelt. Dit effect kan optreden als de in- en uitlaten dicht bij elkaar liggen, of als debieten erg klein zijn.

4.3 Scenario's en iteraties

In de casus Holland Rijnland en Breda zijn dus in eerste instantie de temperatuurdalingen berekend met het 1D-modelinstrumentarium. De volgende drie scenario's zijn onderscheiden:

1. Scenario 1 Maximale warmte-onttrekking, bovengrens en afschalen

In het eerste scenario wordt de totale warmtevraag van alle potentiële aquathermie-warmtekavels onttrokken (zie hoofdstuk 3). Als de temperatuurdalingen groter dan 3°C worden, dan kan een volgende iteratie gedaan worden met een omvang van warmte-onttrekkingen. In de casus Holland Rijnland is op die manier afgeschaald tot 50% en daarna tot 25% van de originele warmtevraag voordat de daling onder de 3°C bleef. In de casus Breda zijn in de eerste iteratie warmtekavels afgestreept. Deze kavels lagen of te ver weg, of onttrokken warmte uit kwetsbare watergangen met hoge natuurwaarden.

2. Scenario 2. Warmteonttrekking volgens Handreiking Vergunningverlening Koudelozing

In het tweede scenario wordt de Handreiking Vergunningverlening Koudelozing (Stowa, 2021) als uitgangspunt voor toelaatbare koudelozingen genomen. Conform deze handreiking worden er dan randvoorwaarden worden opgelegd voor het toegestane debiet dat mag worden gebruikt en de maximale afkoeling. In zowel de Holland Rijnland casus als de Breda casus betekenen deze beperkingen dat nog slechts in een deel van de warmtevraag van de kavels kan worden voorzien. Er is dus meer vraag dan aanbod en de omvang van de kavels zal dus verkleind moeten worden.

3. Scenario 3 Variërende warmte-onttrekking met temperatuur als randvoorwaarde

In dit scenario wordt, anders dan in scenario 1 en 2, een variabele hoeveelheid warmte per dag gewonnen. Op dagen met weinig debiet kan geen of weinig warmte worden onttrokken, op

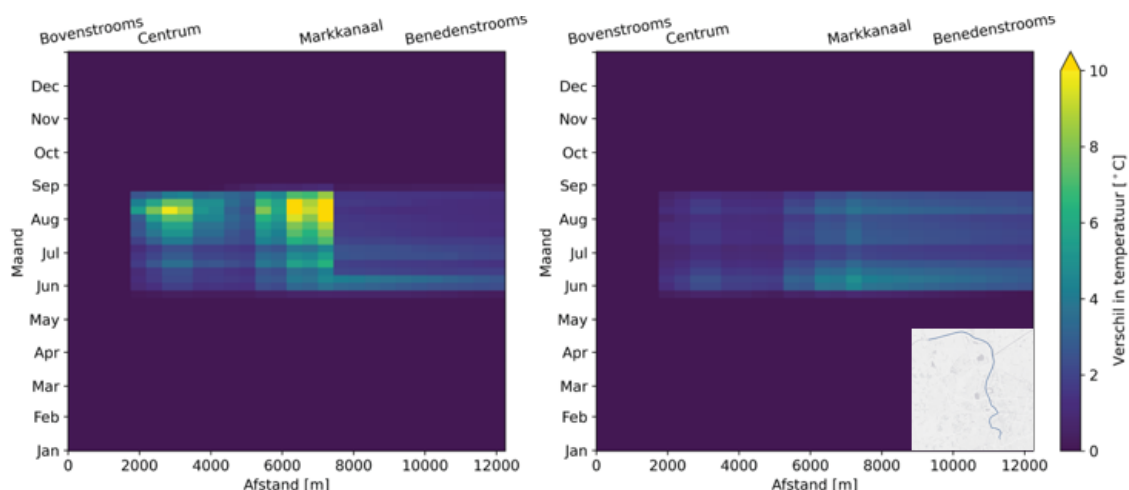
dagen met hoge debieten juist veel. Dit wordt bepaald door twee voorwaarden: de achtergrond van de watertemperatuur mag niet onder 12°C mag komen én de daling (dT) van de watertemperatuur mag niet groter mag zijn dan 3°C. Met dit scenario's wordt gezocht naar de maximale warmteonttrekking binnen deze gestelde randvoorwaarden. In casus Holland Rijnland wordt in dit scenario meer warmte onttrokken dan in het tweede scenario. In dat geval zijn de voorwaarden uit de Handreiking dus conservatief. In Breda is het verschil tussen dit scenario en scenario 2 verwaarloosbaar.

Deze scenario's zijn zowel voor de casus Holland Rijnland de casus Breda doorgerekend.

4.3 Cumulatieve effecten op de watertemperatuur

1D modelresultaten

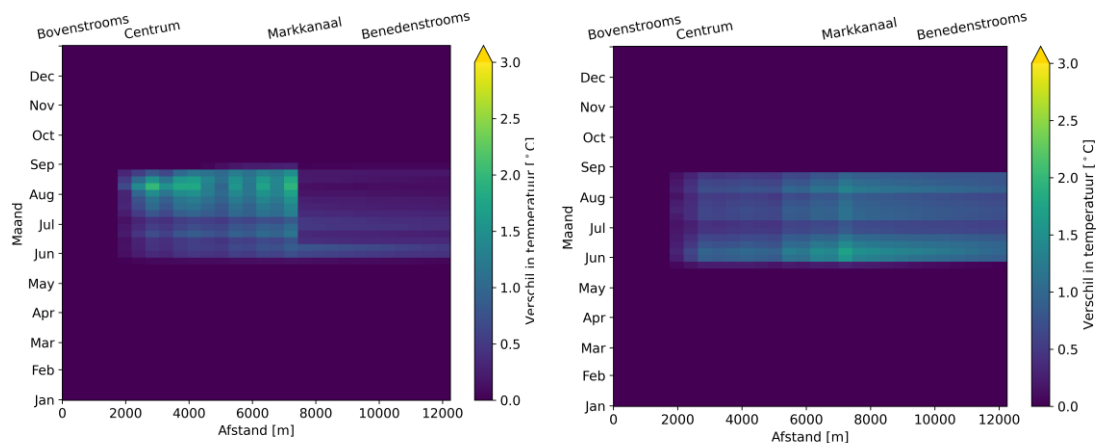
Om tot een kavelset te komen die binnen de ecologische randvoorwaarden blijft, is een getrapte modelaanpak zinvol. Met de 1D-Sobek zijn bovenstaande drie scenario's doorgerekend in de casus Holland Rijnland en Breda. In figuur worden 4.3 zijn de resultaten weergegeven voor Breda. Op de horizontale as is de langsdoorsnede van De Mark te zien vanaf de wijk Boeimeer, via de westelijke ringgracht tot aan het plaatsje Terheijden (zie figuur 4.2). Op de verticale as staan de dagen van het jaar. In de periode van 25 mei tot 23 augustus (90 dagen) wordt in de simulatie warmte aan De Mark onttrokken. Het verschil tussen de watertemperatuur met en zonder koudelozingen is met kleur aangegeven. In een droog jaar, zoals 2003, is op diverse plekken een temperatuurafname te zien van meer dan 10°C rondom het historische stadscentrum. Dit gebeurt ook verder benedenstrooms, vlak voor de splitsing met het Markkanaal. In een nat jaar, zoals 2007 zijn de dalingen kleiner, ca. 5°C tot 6°C, omdat de afvoerdebieten van De Mark groter zijn. In beide gevallen zijn de dalingen echter groter dan gestelde eis van 3°C. Een warmte-onttrekking van deze orde is niet toelaatbaar.



Figuur 4.2 Verschil in watertemperatuur van De Mark tussen situatie met en zonder warmteonttrekkingen gedurende het seizoen volgens scenario 1 (100% van potentiële warmtekavels) voor de langsdoorsnede met het grootste debiet. De kleur geeft het verschil in watertemperatuur weer. Links: droog jaar 2003; rechts: nat jaar 2007.

In het figuur 4.3 worden de resultaten weergegeven voor scenario 2 (Handreiking Vergunningverlening Koudelozingen) voor Breda weergegeven. Te zien is dat met deze beperkingen de dalingen minder dan 3°C zijn. In de Holland Rijnland casus echter, was te zien dat de dalingen nog steeds (veel) groter dan 3°C bleven waren. Dat komt omdat de toegestane onttrekkingsdebiet gebaseerd wordt op het zomergemiddelde debiet. In droge perioden met minder debiet, daalt de temperatuur dan snel. Dat betekent dat de randvoorwaarden uit de handreiking geen garantie is om binnen de gestelde grens van 4°C daling te blijven. Daarom wordt ook aanbevolen om naast het zomergemiddelde debiet ook rekening te houden met lage debieten bij vergunningverlening.

Met deze randvoorwaarden kan ook maar in een beperkt deel van de warmtevraag van de warmtekavels voorzien worden, tot ca. 15% in 2003 en ca. 29% in 2007. Voor het derde scenario werd ongeveer diezelfde hoeveelheid warmte berekend. In de tweede stap van de modelaanpak is daarom uitgegaan van het scenario 2.



Figuur 4.3 Verschil in watertemperatuur van De Mark tussen situatie met en zonder warmteonttrekkingen volgens scenario 2 (Handreiking Vergunningverlening) gedurende het seizoen voor de langsdoorsnede met het grootste debiet. De kleur geeft het verschil in watertemperatuur weer. Links: droog jaar 2003; rechts: nat jaar 2007.

Zowel in de Breda casus als de Holland Rijnland casus was het noodzakelijk om de omvang van de kavels aanzienlijk te verkleinen om binnen de randvoorwaarden te blijven. In tabel 3.2 zijn voor alle kavels in Breda de totale warmtevraag en de toegestane warmte-onttrekkingen overeenkomstig de randvoorwaarden uit de handreiking Vergunningverlening Koudelozingen. In de tabel is te zien dat slechts in twee (kleine) kavels de totale warmtevraag onttrokken mag worden en in de andere kavels slechts een deel. Als maatgevend jaar is het droge jaar 2003 gebruikt. In een nat jaar liggen die percentages hoger. Voor de casus Breda levert de aanpassing van de kavels overeenkomstig de randvoorwaarden uit de handreiking Vergunningverlening Koudelozingen het (ruimtelijk) beeld op dat is weergegeven in figuur 4.4.

Tabel 4.1 Gewenste warmtevraag en toegestane warmte-onttrekking voor de LT+MT-kavels

KAVELS				
Kavel	Gewenste warmtevraag (90%) [GJ]	Toegestane warmte-onttrekking [GJ]	% t.o.v. origineel PER KAVEL	
1	14.948	9.960	67%	
2	99.462	9.960	10%	
3	12.269	9.632	79%	
4	134.853	9.632	7%	
6	47.616	9.706	20%	
9	9.624	9.624	100%	
10	29.141	19.270	66%	
11	9.592	9.592	100%	
12	39.402	9.706	25%	
13	51.020	9.394	18%	
14	49.112	6.903	14%	
16	176.269	19.922	11%	



Figuur 4.4 Potentiële set van Aquathermie-warmtekavels in Breda. De zwart-gearceerde delen blijven over na de iteraties.

3D modelresultaten

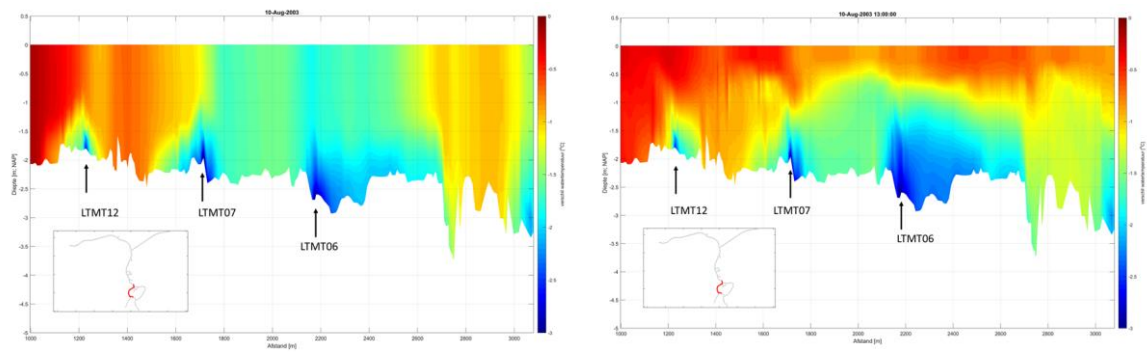
Met de warmteonttrekkingen uit tabel 4.1 en figuur 4.4 zijn vervolgens de 3D-modelsimulaties uitgevoerd. De 3D-modellerign is alleen uitgevoerd in de casus Breda. Met 3D-model van De Mark is zijn scenario's doorgerekend om nader inzicht te krijgen in de eventuele stratificatie, recirculatie en cumulatie. Figuur 4.5 laat de berekende afnames in temperatuur zien met de 3D-simulaties. De temperatuurdaling zoals uitgerekend met SOBEK zijn orde grootte vergelijkbaar met de resultaten uit het 3D model. Voor de simulatie van het droge jaar met een lage zomerafvoer (2003) voorspelt het 3D model bij een aantal lozingspunten een kleinere temperatuurdaling dan het SOBEK model.



Figuur 4.5: Effect van de lozingen op de watertemperatuur bij de bodem op 10 augustus 2003. Het grootste cumulatieve effect is vooral zichtbaar benedenstrooms van de Spoorbrug en ter hoogte van de Belcrum Haven (het blauwe gedeelte). Benedenstrooms is de temperatuur van het omgevingswater weer aangenomen.

Stratificatie

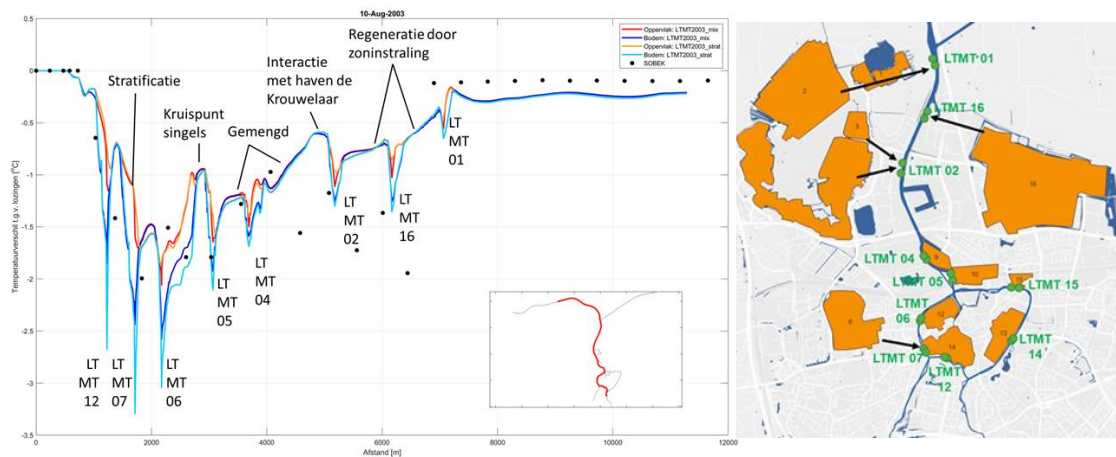
Figuur 4.6 laat een verticale doorsnede rond de westelijke singel zien. Uit dit figuur blijkt dat er stratificatie kan optreden ter plaatse van de lozingen. Dat is te zien door de temperatuurverschillen in de verticaal. Zeer lokaal kan de daling daar groter zijn dan 3°C. Na een bepaalde afstand mengt dit weer op, waardoor de verticale stratificatie verdwijnt en temperatuur aan het oppervlak en aan de bodem weer gelijk zijn. Deze stratificatie is niet statisch, maar kan door de tijd toe of nemen.



Figuur 4.6 Verticaal temperatuurprofiel voor de westelijke singel van Breda. Links: op een moment waar de stratificatie beperkt is. Rechts: op een moment waar de stratificatie langer in stand blijft.

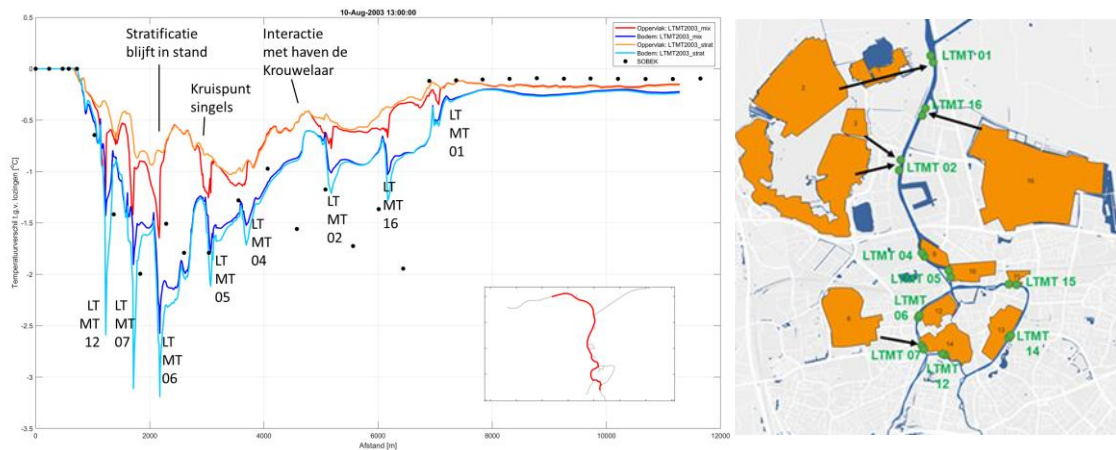
Cumulatieve effecten

In figuur 4.7 zijn de cumulatieve effecten inzichtelijk gemaakt. Er is een duidelijk cumulatief effect zichtbaar te zien tussen onttrekkingspunt 12 en 6. In dit deel van liggen de onttrekkingen relatief dicht bij elkaar. Er is nauwelijks tijd voor regeneratie. Vanaf punt 5 loopt de temperatuur weer langzaam op. De onttrekkingspunten liggen verder uit elkaar en er meer tijd voor regeneratie.



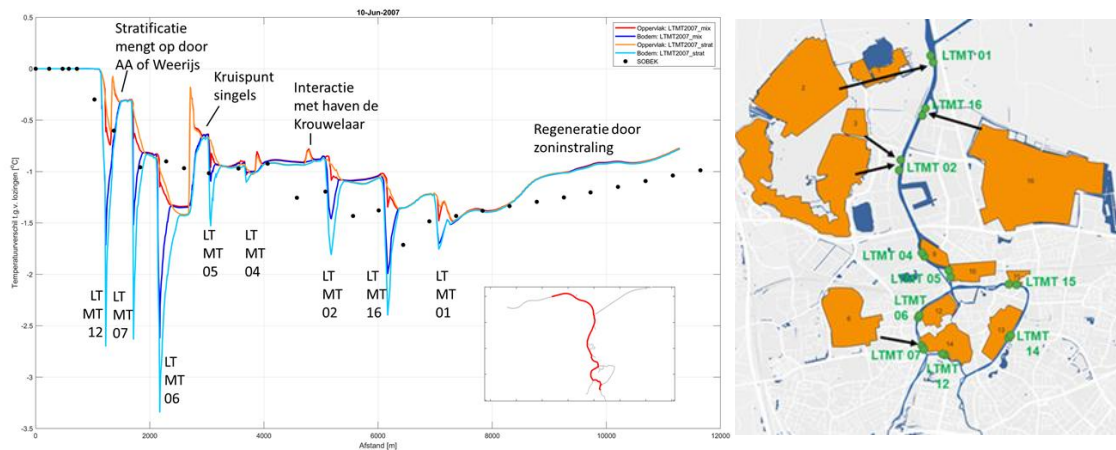
4.7 Temperatuur bodem en oppervlak langs het traject van de Mark bovenstrooms van Breda tot aan de A16 benedenstrooms van Breda voor het jaar 2003 tijdens een moment van beperkte stratificatie op 10 augustus 2003. Links: temperatuurdaling aan de bodem (blauw/lichtblauw) en aan het oppervlak (oranje/rood). Rechts: de locaties van de warmte-onttrekkingen.

In figuur 4.8 is dezelfde grafiek te zien, maar dan op een moment wanneer veel stratificatie optreedt. Dit is te zien doordat de temperatuur bij de bodem lager ligt dan bij het oppervlak. Deze stratificatie is in het hele gebied van de lozingen te zien. Na de laatste lozing (LTMT01) treedt er weer verticale menging op. In deze situatie blijven de lage temperaturen bij de bodem langer aan en treedt er ook minder regeneratie op.



4.8 Temperatuur bodem en oppervlak langs het traject van de Mark bovenstrooms van Breda tot aan de A16 benedenstrooms van Breda voor het jaar 2003 tijdens een moment van relatief veel stratificatie op 10 augustus 2003. Links: temperatuurdaling aan de bodem (blauw/lichtblauw) en aan het oppervlak (oranje/rood). Rechts: de locaties van de warmte-onttrekkingen.

In figuur 4.9 is dezelfde grafiek te zien voor het natte jaar 2007. Door het hogere afvoerdebiet wat bovenstrooms van Breda binnenkomt in 2007, krijgen de koude pluimen minder kans om te accumuleren. Daarentegen krijgt het water in 2007 minder kans om te regenereren door zonninstraling, omdat het water sneller door het systeem heen stroomt.



4.9 Temperatuur bodem en oppervlak langs het traject van de Mark bovenstrooms van Breda tot aan de A16 benedenstrooms van Breda voor het jaar 2007 tijdens een moment van beperkte stratificatie op 10 augustus 2003. Links: temperatuurdaling aan de bodem (blauw/lichtblauw) en aan het oppervlak (oranje/rood). Rechts: de locaties van de warmte-onttrekkingen.

Op basis van de simulaties met het 3D model zien we dat:

- Voor de gesimuleerde scenario's in deze studie is de maximale cumulatieve afkoeling door de verschillende lozingen is tussen de -2.2°C en -3.9 °C is en voor een droog jaar en tussen de -1.4°C en -4.4 °C voor een nat jaar. Deze maximale afkoeling vindt voor de gesimuleerde aquathermiesystemen plaats benedenstrooms van het centrum van Breda.

- De 3D-simulatie nuanceert de 1D-modelresultaten. Het laat zien dat zeer lokaal groter dalingen kunnen optreden en geeft ook meer inzicht in het regeneratievermogen. Dat kan zinvol zijn bij de bepaling van de locatie van de onttrekkingslocaties.
- Doordat het maximale cumulatieve temperatuureffect groter is dan de gehanteerde 3°C, kan dit aanleiding om de omvang van die warmtekavels te verkleinen. Echter, dit is kan een zeer lokaal en tijdelijk effect zijn nabij een lozingspunt en hoeft dus niet per se maatgevend te zijn. Indien de lozingsdebiëten worden bepaald op basis van een 10 jaar gemiddeld zomergemiddelde afvoer, dan zorgt dit voor een heel ander temperatuureffect dan wanneer het zomergemiddelde debiet op 1 jaar wordt gebaseerd. In dit scenario dalen de temperaturen met 34% extra ten opzichte van de lozingen op basis van de gemiddelde zomerafvoer van 2003. Voor het natte jaar zou de minimumtemperatuur juist stijgen.
- Mogelijkheid om de omvang van de warmte-onttrekking toch verder te vergroten is om gedurende een langer periode te onttrekken, bijvoorbeeld ook in september.
- Uit de modelberekeningen blijkt dat het water na lozing een tijd gestratificeerd kan blijven. De stratificatie is niet statisch, maar kan tot een dag lang blijven bestaan. Zodra het debiet of de turbulentie het water toeneemt toeneemt kan de stratificatie vervallen door opmenging. Het water kan daardoor ook weer sneller opwarmen door de luchttemperatuur en zoninstraling.
- Omdat de Mark een relatief klein en ondiep water is met een beperkte doorstroming, heeft de variatie in luchttemperatuur en zoninstraling een behoorlijke invloed op de watertemperatuur. Door zoninstraling varieert de watertemperatuur gedurende de dag al met zo'n 1°C.

4.4 Samenvatting

Het is de kunst voor gemeenten en waterschappen om een balans te vinden tussen enerzijds het onttrekken van warmte ten behoeve van de energietransitie en daarmee een duurzaam ecosysteem en anderzijds het voorkomen van ecologische (nadelige) gevolgen van de warmte-onttrekkingen in het watersysteem. Dat evenwicht kan gezocht worden met behulp van hydrologische modellen.

Uit de onderzoeken blijkt dat het verstandig is om de modelaanpak in twee trappen op te delen en van grof naar fijn te werken:

1. Bepalen omvang van warmtekavels (1D)
2. Nadere analyse effecten (3D)

Voordeel van het 1D-model is dat gebruik gemaakt kan worden van bestaande modelschematisaties en dat op een relatief eenvoudige wijze tot een eerste selectie van potentiële aquathermie-warmtekavels gekomen kan worden. Met de 1D-modellen kan het eerste beeld van potentiële aquathermie-warmtekavels verder aangescherpt worden. Door de warmte-onttrekkingen te modelleren en de verschillende scenario's door te rekenen kan inzichtelijk gemaakt worden wat de effecten daarvan zijn op de watertemperatuur. Als de afkoeling groter is dan de gestelde eis, dan moet er minder warmte worden onttrokken en zullen kavels moeten afvallen of kleiner worden. Via een aantal iteraties kan toegewerkt worden naar een set van potentiële aquathermie-warmtekavels met een omvang van warmte-onttrekkingen waarbij geen ecologische effecten meer worden verwacht. Omdat een 1D-model geen rekening houdt met stratificatie raden we (voor dit soort analyses) aan om een extra 3D-modellering uit te voeren. Dit dient ook ter controle van de 1D-berekeningen, waarin de stratificatie-processen niet worden meegenomen. De 3D-modelresultaten nuanceren de 1D-resultaten, maar geven in dit geval geen doorslaggevende reden de kavels nog verder aan te passen.

5. Stap 4. Wat zijn de implicaties voor het beleid rond Aquathermie?

Als laatste stap zijn de beleidsimplicaties geanalyseerd, waarmee de opschaling van aquathermie in goede banen geleid zou kunnen worden. Op dit moment wordt aquathermie nog vooral kleinschalig toegepast. Projecten zijn relatief klein, doorgaans zo'n 100 tot 500 woningen. Er zijn echter ook voorbeelden van situaties waar de opschaling nu al plaatsvindt, bijvoorbeeld in Leiden, Den Haag en in Utrecht. Daar zijn meerdere aquathermie-initiatieven, die warmte uit hetzelfde water willen halen en mogelijk tot cumulatieve effecten leidt. Gezien de ambitieuze doelstellingen van het Rijk, zal dit naar verwachting op meer plekken gaan spelen. Het waterschap en gemeente hierop moeten anticiperen.

We constateren ook dat het gemeentelijk transitiebeleid in een volgende fase terecht komt. Gemeenten hebben hun strategieën voor de warmtetransitie vastgelegd in een Transitievisie Warmte. Daarin hebben zij wijken aangewezen die als eerste voor 2030 aardgasvrij worden gemaakt. Gemeenten moeten dit nu gaan uitwerken in wijkuitvoeringsplannen. De aanpak, zoals ontwikkeld in deze studie, helpt om de strategische keuzes te maken met betrekking tot de bronnenstrategie, toekomstige warmte-infrastructuur en de kavelindeling, door de mogelijk inzet van een aquathermie te concretiseren.

Op basis van de verschillende deelonderzoeken wordt een aantal suggesties gedaan voor de doorontwikkeling van het beleid voor aquathermie, zowel richting het waterbeleid als het energietransitiebeleid.

5.1 Waterenergievisie

Een eerste suggestie zou zijn om een Waterenergievisie op te stellen. Deze visie kan onderdeel zijn van een Omgevingsvisie. Voor het opstellen van een Waterenergievisie kan gebruik worden gemaakt van de Aquathermievier⁴. In deze vierer zijn kaarten te vinden waar voor elke watergang de jaarlijkse warmtecapaciteit worden bekeken. Er is ook een kaart te zien waarin de warmtecapaciteit vergeleken kan worden met de warmtevraag in de omgeving, waarmee te zien is of er mogelijk sprake kan zijn van schaarste. Ook is een kaart opgenomen met een classificering van de ecologische kwetsbaarheid van de wateren Wortelboer & Harezlak. (2020).

In de waterenergievisie zouden drie typen gebieden aangewezen kunnen worden: Voorkeursgebieden, Aandachtsgebieden en uitsluitingsgebieden. Voor deze drie typen kunnen verschillende beleidsregimes gelden.

1. Voorkeursgebieden met algemene regels

Voorkeursgebieden zijn watergangen met een relatief grote potentie in relatie tot de warmtevraag in de omgeving. Omdat er weinig kans is op overbevragen is het risico op ecologische impact klein. Dit neemt niet weg dat er wel vergunningen verleend moeten worden en dat die getoetst moeten

⁴ Landsdekkende potentiekaart voor Aquathermie ontwikkeld binnen WarmingUP: www.aquathermievier.nl

worden op ecologische criteria. De handreiking Vergunningverlening Koudelozingen is daarvoor een geschikt instrument.

2. Aandachtsgebieden met specifieke regels

In gebieden waar de warmtecapaciteit van het watersysteem beperkt is in relatie tot de warmtevraag is er kans dat het watersysteem overvraagd zou kunnen worden. Het cumulatieve effect van alle warmteonttrekkingen is namelijk bepalend voor de watertemperatuur. De handreiking Vergunningverlening Koudelozingen stelt daarvoor een zogenaamde cumulatietoets voor. Nadere uitwerking van deze toets wordt geadviseerd.

3. Uitsluitingsgebieden

Dit zijn gebieden waarin wateren liggen met een hoge natuurwaarde en die kwetsbaar zijn voor de dalingen in de watertemperatuur. De Brabantse waterschappen sluiten bijvoorbeeld alle wateren die vallen onder Natura2000 of Provinciale bestemming Waternatuur uit voor aquathermische onttrekkingen.

Tabel 4.1 Typering gebieden en beleidsregime

1. Voorkeursgebieden	Algemene regels	Handreiking Koudelozingen	Grote potentie, Niet kwetsbare gebieden
2. Aandachtsgebieden	Specifieke regels	Waterenergieplan	Gebieden met potentiële warmte- overvraag.
3. Uitsluitingsgebieden	Verbod		Natura 2000, kwetsbare natuur

5.2 Aandachtsgebieden

Voor de aandachtsgebieden is extra beleid nodig om de cumulatieve effecten van meervoudige onttrekking te reguleren. Op dit moment wordt er nog niet getoetst op cumulatieve effecten. Zo'n cumulatietoets zou op twee verschillende principes gestoeld kunnen worden:

- Het principe van wie-het-eerst-komt-wie-het-eerst-maakt: bij elk initiatief wordt een cumulatietoets uitgevoerd. Als de (ecologische) grenswaarde wordt bereikt geldt voor het laatste initiatief een beperking op de capaciteit. De eerdere initiatieven hebben de vergunningsruimte immers al verworven. Nadeel van deze aanpak is het onrechtvaardige karakter ervan. Bovendien lokt het aanvragen uit voor extra vergunningsruimte om de mogelijkheid voor toekomstige uitbreiden open te houden. Die capaciteit kan niet gebruikt worden door andere initiatiefnemers.
- Het principe van een waterenergieplan: hierin wordt vooraf een plan gemaakt van toegestane warmte-onttrekkingen waarbij rekening gehouden is met de cumulatieve effecten. Dit zou kunnen leiden tot een eerlijkere verdeling van de warmte en een optimale gebruik van de beschikbare warmtecapaciteit. Dit vraagt echter wel om een concreet beeld van locaties en omvang van de warmte-onttrekkingen. Dit is afhankelijk van de gemeentelijke bronnenstrategie en kavelindeling en dat is op dit moment voor de meest gemeenten nog duidelijk.

5.3 Vergunningverlening via Waterenergieplan

Vergunningverlening aan de hand van een waterenergieplan verloopt vermoedelijk anders dan via de huidige vergunningverlening. Het waterenergieplan geldt dan als een referentieontwerp, waartegen vergunningsaanvragen getoetst worden. Een waterenergieplan zou uit de volgende onderdelen kunnen bestaan:

1. De maximaal toelaatbare cumulatieve warmteonttrekking binnen de (ecologische) randvoorwaarden, die voor watersysteem in het gebied (bestuurlijk) zijn vastgesteld.
2. Ruimtelijk plan met afspraken over locaties en omvang van Aquathermie-winningen in dat gebied, rekening houdend met kwetsbare gebieden en alternatieve warmtebronnen
3. Gebiedsspecifieke richtlijnen voor vergunningverlening door waterschappen

Een waterenergieplan reguleert hoe om te gaan met meervoudige warmteonttrekkingen. Er worden afspraken gemaakt over omvang van de onttrekkingen en afstanden tussen winningslocaties. Op deze manier zou het water weer voldoende opwarmen (regeneratievermogen) voor de volgende koudelozing.

Als er daadwerkelijk vergunningsaanvraag binnen komt, moet nagegaan worden in hoeverre dat afwijkt van het waterenergieplan. Als het binnen de range van het waterenergieplan blijft, kan de vergunning verleend worden. Indien het afwijkt kan vergunning geweigerd worden. Er dient tevens een optie te zijn om goed onderbouwde afwijkingen toch te accepteren zolang de definitieve kaveldeling nog niet vaststaat.

5.4 Maatgevende debieten

Uit de casus Holland Rijnland komt naar voren dat het criterium uit de Handreiking Vergunningverlening Koudelozingen dat maximaal 5% van het gemiddeld zomerdebiet gebruikt mag worden, geen garantie is om te grote dalingen van de watertemperatuur te voorkomen. Dit komt omdat er dagen zijn met (veel) minder debiet dan het zomer-gemiddelde. Dit impliceert dat ook (perioden met) lage debieten in de beoordeling meegenomen zou moeten worden. Daarnaast moeten ook afspraken in de regio gemaakt worden over welk debieten maatgevende worden beschouwd. In de casus Holland Rijnland en in de casus Breda waren er duidelijke verschillen in de effecten op de watertemperatuur te zien tussen het droge jaar 2003 en het natte jaar 2007. Dit roept de vraag op bij vergunningverlening van welk jaar moet worden uitgegaan. Als wordt uitgegaan van het zomergemiddelde van een relatief droog jaar, dan zijn de eisen strenger dan als uitgegaan wordt van een relatief nat jaar. Alternatief zou bijvoorbeeld kunnen zijn om van meer jaren uit te gaan, bijvoorbeeld het gemiddelde debiet over de afgelopen 10 zomers.

5.5 Additionele maatregelen: tijdelijke beperkingen

Daarnaast zou het verstandig zijn om beleidsbepalingen op te nemen in het beleid (waterenergievisie- of plan) over tijdelijke beperkingen bij lage debieten. Dat kan grote dalingen in de watertemperatuur voorkomen en daarmee de impact op het ecosysteem. Daartegenover zou ook toegestaan kunnen worden dat op momenten met veel debiet er ook meer warmte onttrokken mag worden (dynamische randvoorwaarde voor het onttrekkingsdebiet), waarmee de beperkingen

gecompenseerd kunnen worden. Het voordeel daarvan zou zijn dat grote temperatuurdalingen voorkomen worden, maar over het hele seizoen gezien meer warmte gewonnen kan worden.

5.6 Bijdrage aan transitiebeleid Aardgasvrij

Een waterenergievisie zou ook een kader kunnen bieden voor de bronnenstrategie van de gemeente. Het geeft namelijk aan welke (delen) van wateren wél en niet als warmtebron gebruikt mogen kunnen worden. Een waterenergieplan kan zelfs nog een concreter kader bieden. Een waterenergieplan is een nadere uitwerking van de waterenergievisie voor een bepaald gebied of watergang. Daarom kan dat gezien worden als een nadere uitwerking van de bronnenstrategie voor dat gebied. Er wordt namelijk inzichtelijk gemaakt waar potentiële Aquathermie-kavels zijn en wat de warmtevraag is. Dit wordt gematched met de warmtecapaciteit van de warmtebron. Het deel van de warmtevraag dat overblijft zal door andere warmtebronnen ingevuld moeten worden. Een waterenergieplan zou daarom door gemeenten en waterschappen gezamenlijk opgesteld moeten worden. In deze dialoog kan het energiebelang en het waterbelang zorgvuldig afgewogen worden. Dit kan door:

- via de waterenergievisie- of plan specifieke locaties aan te wijzen voor aquathermie
- de bijdrage van aquathermie aan de warmtevraag per buurt te concretiseren
- rekening te houden met de potentiële warmteonttrekkingen bovenstrooms om te voorkomen dat broncapaciteit (benedenstrooms) overschat wordt.
- bij de kavelverdeling rekening houden met minimale afstand tussen winningslocaties
- bovengemeentelijke verdeelafspraken over aquathermie maken die verduidelijken over welke warmtecapaciteit een gemeente kan beschikken.

5.7 Samenvatting

Naar verwachting zal toepassing van aquathermie opschalen. Doorontwikkeling van beleid is daarom nodig. Een aantal concrete handvatten daarvoor worden hier aangereikt. Het maken van een Waterenergievisie is daar één van, waarin voorkeursgebieden, aandachtsgebieden en uitsluitingsgebieden worden aangewezen. Voor de aandachtsgebieden kunnen waterenergieplannen worden gemaakt, waarvoor specifieke regels gelden en als basis kunnen dienen voor vergunningverlening en grote cumulatieve effecten moeten voorkomen. Daarnaast zullen afspraken gemaakt moeten worden over welke afvoerdebieten als maatgevend worden beschouwd. Beleidsinstrumenten als tijdelijke beperkingen in tijden van droogte kunnen daar wellicht ook wat ruimte in creëren. Tot slot is via een waterenergievisie en -plan een concretisering te maken van de bijdrage van aquathermie aan de bronnenstrategie en kavelindeling.

Over Warming Up

In het collectief WarmingUP ontwikkelen we met achtendertig deelnemers toepasbare kennis, zodat collectieve warmtesystemen betrouwbaar, duurzaam en betaalbaar zijn. Collectieve warmtesystemen in combinatie met duurzame bronnen spelen een grote rol bij het versnellen van de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Grootschalige inzet van warmtesystemen wordt gezien als een belangrijke oplossing om de doelstellingen van het Klimaatakkoord te halen en de CO₂-emissies te reduceren. Systeem- en procesinnovaties zijn nodig voor een efficiënter ontwerp, aanleg en beheer, en een goed samenspel tussen de partijen. WarmingUP wil deze innovaties in samenhang en in hoger tempo ontwikkelen. Het collectief richt zich daarnaast op de ontwikkeling van nieuwe samenwerkings- en financieringsvormen én nieuwe werkwijzen om maatschappelijk draagvlak te realiseren.

<http://www.warmingup.info>