

Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater

Sanne de Boer, Barry Scholten (IF Technology), Pascal Boderie, Ivo Pothof (Deltares)

Rijkswaterstaat onderzocht met Deltares en IF Technology hoeveel warmte en koude uit het hoofdwatersysteem benut kan worden voor verwarming of koeling van nabijgelegen gebouwen. Hiervoor werd geanalyseerd of er op geringe afstand van het water een energievraag is. Het resultaat: de Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater (EOW). Uit de kaart blijkt dat het oppervlaktewater mogelijk tot wel de helft van de warmte- en koudevraag binnen een kilometer van de waterlopen kan leveren. Warmte-koude-opslag uit oppervlaktewater verbetert daarnaast de waterkwaliteit.

Rijkswaterstaat heeft het Nederlandse hoofdwatersysteem in beheer. Binnen het Corporate InnovatieProgramma (CIP) van Rijkswaterstaat hebben Deltares en IF Technology in 2014 een eerste landelijke verkenning uitgevoerd naar de potentie van thermische energie uit het hoofdwatersysteem en regionale waterlopen. Dit artikel beschrijft de resultaten van deze verkenning. Het doel van de verkenning was inzichtelijk te maken wat de potentie is van energielevering uit het oppervlaktewater (EOW) in combinatie met opslag in een warmte-koude-opslagsysteem (WKO) . Welke bijdrage kan deze aanpak leveren aan het behalen van de emissiedoelstellingen van Rijkswaterstaat? En wat levert het op voor de waterkwaliteit?

Beschikbaarheid van warmte

Om de potentie te bepalen is berekend hoeveel thermische energie er geleverd kan worden door het oppervlaktewatersysteem. Dit noemen we de 'onttrekkingscapaciteit oppervlaktewater' (OC). Randvoorwaarde is dat het oppervlaktewater met maximaal 3 °C opgewarmd mag worden in de winter en maximaal 6 °C afgekoeld mag worden in de zomer. De thermische energie die onttrokken wordt aan het oppervlaktewater wordt meestal niet direct gebruikt. Door de energie met behulp van een WKO-systeem tijdelijk op te slaan kan de energie later gebruikt worden (zie kader). De hoeveelheid warmte of koude die in de ondergrond opgeslagen kan worden noemen we de bodemopslagcapaciteit (BC). Daarnaast is de koppeling gelegd met de energievraag bovengronds. Immers, daar waar geen warmte- of koudevraag is, is geen afnemer, en is het totaal potentieel dus niet realistisch omdat dit niet ontsloten wordt. We noemen dit hier de 'warmte/koudevraag' (W/K).

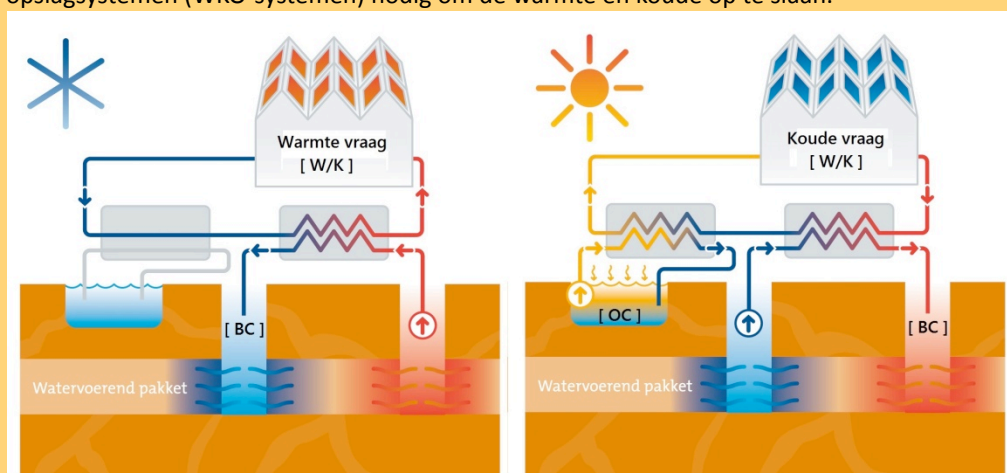
Voor de studie is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande gegevens en modellen:

1. statische informatie over het hoofdwatersysteem en regionale waterlopen (breedte, diepte, etc.) ten behoeve van de warmteflux (Deltamodel Deltares);
2. typisch temperatuurverloop over de seizoenen in de waterlopen (Deltamodel Deltares);
3. bodemopbouw en de locatie van bestaande WKO-systemen in de directe omgeving van het hoofdwatersysteem (WKO-Tool Nederland, Rijkswaterstaat);
4. de totale vraag naar warmte/koude in de directe omgeving van het hoofdwatersysteem (VESTA-model van TNO [1]).

Wat is energie uit oppervlaktewater?

Energie uit oppervlaktewater (EOW) is hernieuwbare energie waarmee energiebesparing en CO₂-reductie gerealiseerd kunnen worden. In de zomer wordt via een warmtewisselaar het oppervlaktewater afgekoeld en de warmte opgeslagen in de warme bron (afbeelding A) van een warmte-koude-opslagsysteem (WKO). Met de opgeslagen warmte wordt in de winterperiode het aangesloten gebouw verwarmd. Een andere optie is om in de winter koude vanuit het oppervlaktewater via de warmtewisselaar op te slaan in de koude bron van de WKO. Deze koude kan dan in de zomer gebruikt worden om een aangesloten gebouw te koelen: dit kan bijvoorbeeld een ziekenhuis of een datacenter zijn. Zo stroomt de energie niet naar zee maar wordt deze nuttig gebruikt.

Een ander voordeel van een dergelijk systeem is verbetering van de waterkwaliteit. Hoe werkt dit? Waterbeheerders hebben te kampen met waterkwaliteitsproblemen in oppervlaktewater. Dit kan in stedelijke gebieden leiden tot overlast. De meest voorkomende waterkwaliteitsproblemen zijn drijflagen, (blauw)algen, stank en botulisme. Door 's zomers warmte uit het water te onttrekken daalt de watertemperatuur en neemt de groei van algen en waterplanten af. In de winter wordt koude onttrokken worden, zodat het water minder snel dichtvriest en dus beter bevaarbaar blijft. Aangezien hoofdzakelijk 's winters behoefte is aan warmte en 's zomers aan koude, zijn warmte-koude-opslagsystemen (WKO-systemen) nodig om de warmte en koude op te slaan.



Afbeelding A: Warmte- en koudestromen in een EOW-systeem in winter (links) en zomer (rechts)

Hieronder lichten we toe hoe de informatie is gecombineerd tot kansenskaarten voor zowel het zomer- als het winterseizoen. Alle informatiebronnen zijn teruggerekend naar de eenheid GJ/ha/jaar, zodat de afzonderlijke bronnen makkelijk met elkaar te combineren zijn.

Stap 1 – Onttrekkingscapaciteit (OC) bepalen

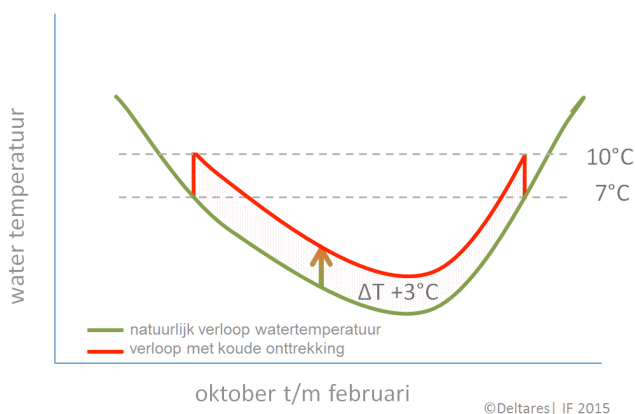
Het Deltamodel [2] is een modelinstrumentarium dat gebruikt kan worden bij de waterstaatkundige onderbouwing van beleidskeuzes voor de lange termijn. Op basis van een aantal uitgangspunten (o.a. breedte en diepte van de watergang, en de stroomsnelheid) is met behulp van dit model bepaald wat de onttrekkingscapaciteit van het oppervlaktewater is (OC in GJ/jaar). Voor de berekening is het referentiejaar 1989 als uitgangspunt genomen voor de oppervlaktewatertemperatuur.

Bij het berekenen van de potentiële thermische energielevering is onderscheid gemaakt in koudeonttrekking en warmteonttrekking. De onderzoekers hebben hiervoor gekozen om inzichtelijk te krijgen of de ene vorm meer of minder potentie heeft dan de andere vorm.

OC voor koude

Door het onttrekken van koude wordt het oppervlaktewater waaraan de koude onttrokken wordt, warmer. Koudeonttrekking is dus equivalent met het opwarmen van water. Koude kan worden onttrokken in de winter, wanneer het oppervlaktewater kouder is dan 7°C en niet bevroren is (afbeelding 1). De hoeveelheid koude (in megawatt thermische energie, MWth) die gegeven de omstandigheden onttrokken kan worden is de koude-onttrekkingscapaciteit. Deze hangt af van de hoeveelheid water (debiet), de watertemperatuur én vigerende normen voor opwarming van water.

Koude-onttrekking (ow) $\cong$ koude laden



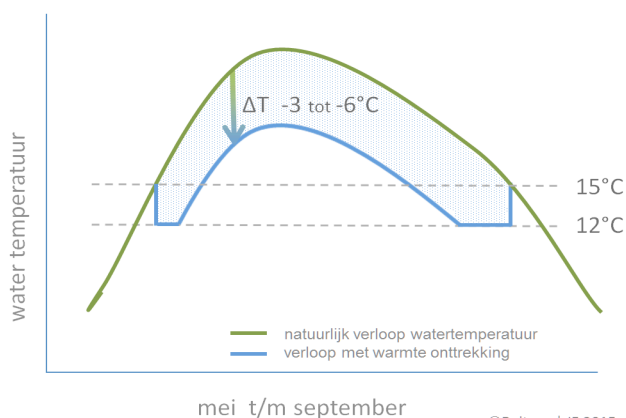
©Deltares | IF 2015

Afbeelding 1. Verloop van de temperatuur van het oppervlaktewater in de winter

OC voor warmte

Bij het onttrekken van warmte wordt het water waaraan deze onttrokken wordt kouder (afbeelding 2). Warmte onttrekken is dus equivalent met het afkoelen van water. Anders dan voor het opwarmen van het oppervlaktewater zijn er (nog) geen wettelijke normen voor afkoeling van oppervlaktewater.

Warmte-onttrekking (ow) $\cong$ warmte laden



©Deltares | IF 2015

Afbeelding 2. Verloop van de temperatuur van het oppervlaktewater in de zomer

Berekening OC

De uitgangspunten van de berekeningen zijn te vinden in tabel 1. In het model is gerekend met de temperaturen van het oppervlaktewater in het referentiejaar 1989.

Tabel 1. Uitgangspunten thermische berekening

	Koudeonttrekking	Warmteonttrekking
Temperaturen	onttrekking van koude als de temperatuur van het opp. water < 7 °C	Onttrekking van warmte als de temperatuur van het opp. water > 15°C
	- opwarmen van het water tot max. 10 °C - maximale temperatuurstijging 3 °C	- afkoelen van opp. water niet verder dan tot 12°C - maximale temperatuurdaling van 6°C.
Stromend of stilstaand water	stromend: de onttrekkingscapaciteit is een functie van de afvoer Q [m3/s] en de maximale temperatuurverandering	stromend: de onttrekkingscapaciteit is een functie van de afvoer Q [m3/s] en de maximale temperatuurverandering
	stilstaand: hierbij is ook berekend hoeveel warmteoverdracht er via het wateroppervlak naar de atmosfeer plaatsvindt.	stilstaand: meegerekend is de koudeoverdracht via het wateroppervlak naar de atmosfeer.
Wettelijke eisen [4]	- de opwarming ΔT mag buiten de mengzone niet groter zijn dan 3°C en - als gevolg van de opwarming mag de watertemperatuur (Tmax) niet hoger worden dan 28°C (niet relevant voor de Nederlandse wintersituatie).	niet van toepassing
De onttrekkingscapaciteit van de watergang wordt tenslotte omgerekend naar de ruimtelijke eenheid GJ/ha/jr vanwege het uitgangspunt dat de thermische energie uit de watergangen binnen 1 kilometer geleverd moet worden.		

Nu is bekend hoeveel energie (warmte of koude) het oppervlaktewater kan leveren. Het Deltamodel is een zogenoemd 'bakjes-model'. Dit betekent dat voor elk lijnstuk (stukje watergang) een berekening wordt uitgevoerd.

Stap 2 – Bodemopslagcapaciteit bepalen

Om te achterhalen wat de opslagcapaciteit is van de bodem in de nabijheid van het hoofdwatersysteem is gebruik gemaakt van de WKO Tool Nederland (www.wkotool.nl). Deze webapplicatie maakt een quick-scan voor een bepaalde locatie, die een indruk geeft van de kansen voor de toepassing van (open en gesloten) bodemenergiesystemen, al dan niet in combinatie met een warmtepomp. Voor de globale kansenkaarten is de onderliggende database van de WKO Tool (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium) gebruikt.

Berekenen van de bodemopslagcapaciteit (BC)

Bij het berekenen van de hoeveelheid warmte of koude die per hectare per jaar maximaal opgeslagen kan worden in de ondergrond zijn de volgende randvoorwaarden gehanteerd:

- Er wordt alleen gekeken naar opslagcapaciteit op maximaal 1 km van de rivier.
- Open systemen maken alleen gebruik van de zandpakketten in de ondergrond, tot een maximale diepte van 250 meter beneden maaiveld. Voor de berekeningen is dit als de totaal beschikbare dikte d genomen.
- Van een zandpakket kan in de praktijk 80% van de totale dikte en 70% van het bruto oppervlak effectief benut worden.
- De helft van het beschikbare opslagvolume wordt gebruikt voor warmte, de andere helft voor koude.
- De bodem boven de gemiddelde grondwaterstand (REGIS) wordt niet meegenomen in de berekening.

Hiermee komt de opslagcapaciteit (warmte en koude) per m³ zand uit op 21 GJ/ha per meter filterlengte. De dikste zandpakketten zijn maximaal 250 meter diep en liggen in Noord- en Zuid-Holland. Hier is de maximale opslagcapaciteit circa 5000 GJ/ha. Naar het oosten en noordoosten neemt de dikte van de zandpakket af en daalt de opslagcapaciteit naar ongeveer 1000 GJ/ha.

Bestaande WKO's langs het hoofdwatersysteem

Hierboven is een inschatting gemaakt van de totale bodemopslagcapaciteit. Het is interessant als voor de opslag gebruik gemaakt kan worden van bestaande WKO's. Hoeveel WKO's zijn er al binnen een afstand van 1 kilometer van het hoofdwatersysteem? Dit is een kwestie van tellen: dat zijn er 1.100. Deze installaties kunnen in potentie uitgebreid worden met een installatie voor energie uit oppervlaktewater. (NB. De afstand van 1 kilometer is gekozen omdat de praktijk leert dat bij grotere afstanden de kosten van het horizontale leidingstelsel significant toenemen. Hoe dichter de WKO bij het oppervlaktewater ligt, hoe beter de financiële haalbaarheid.)

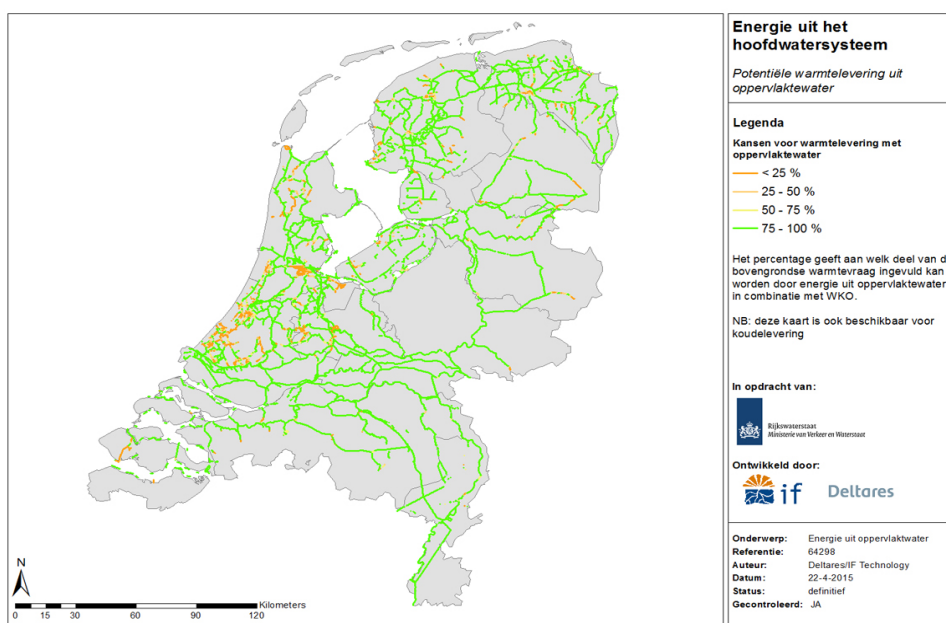
Stap 3 – Berekenen van de warmte- en koudevraag

Zijn er ook afnemers voor de potentieel te onttrekken warmte of koude, met andere woorden: is er wel vraag naar de opgeslagen energie? Om de totale vraag naar warmte en koude in de directe omgeving van het hoofdwatersysteem te bepalen zijn data uit de warmteatlas [5] gebruikt. De warmteatlas is in beheer bij de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO, voorheen AgentschapNL). In opdracht van RVO heeft TNO recent, met behulp van het VESTA-model van het Planbureau voor de leefomgeving (PBL), een meer gedetailleerd overzicht van zowel de warmte- als de koudevraag voor woningen en utiliteitsbouw opgesteld. Voor een uitgebreide toelichting op het VESTA-model wordt verwezen naar [1]. Voor deze verkenning is gebruik gemaakt van deze actuele data.

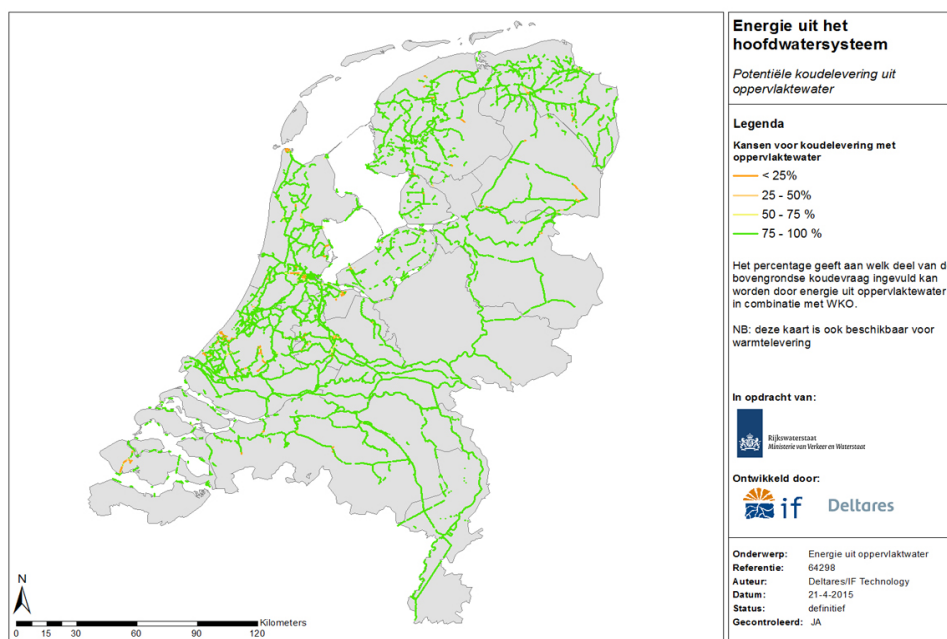
De warmtevraag is bepaald voor de utiliteitssector en woningbouw en is langs het hoofdwatersysteem over het algemeen kleiner dan 1000 GJ/ha/jr. De grote steden zijn een uitzondering, daar loopt de warmtevraag op tot 5000 GJ/ha/jr. De koudevraag langs de watergangen is alleen bepaald voor de utiliteitssector; deze is over het algemeen kleiner dan 100 GJ/ha/jr.

Combineren van data voor de Kansenskaart

De onttrekkingscapaciteit (OC) voor warmte en voor koude en de bodemopslagcapaciteit (BC) worden gecombineerd en afgezet tegen respectievelijk de warmte- en koudevraag om tot een kansenskaart te komen. De potentie wordt gedefinieerd als de fractie van de vraag waaraan voldaan kan worden, met andere woorden: die én geleverd kan worden door de watergangen én opgeslagen kan worden in de ondergrond (afbeelding 3, 4). Als er geen energievraag is, is de potentie 0. In de eindkaart is de potentie weergegeven in percentages. Een potentie van 25% geeft dus aan dat op een bepaalde locatie 25% van de bovengrondse energievraag ingevuld kan worden door energie uit oppervlaktewater via WKO.



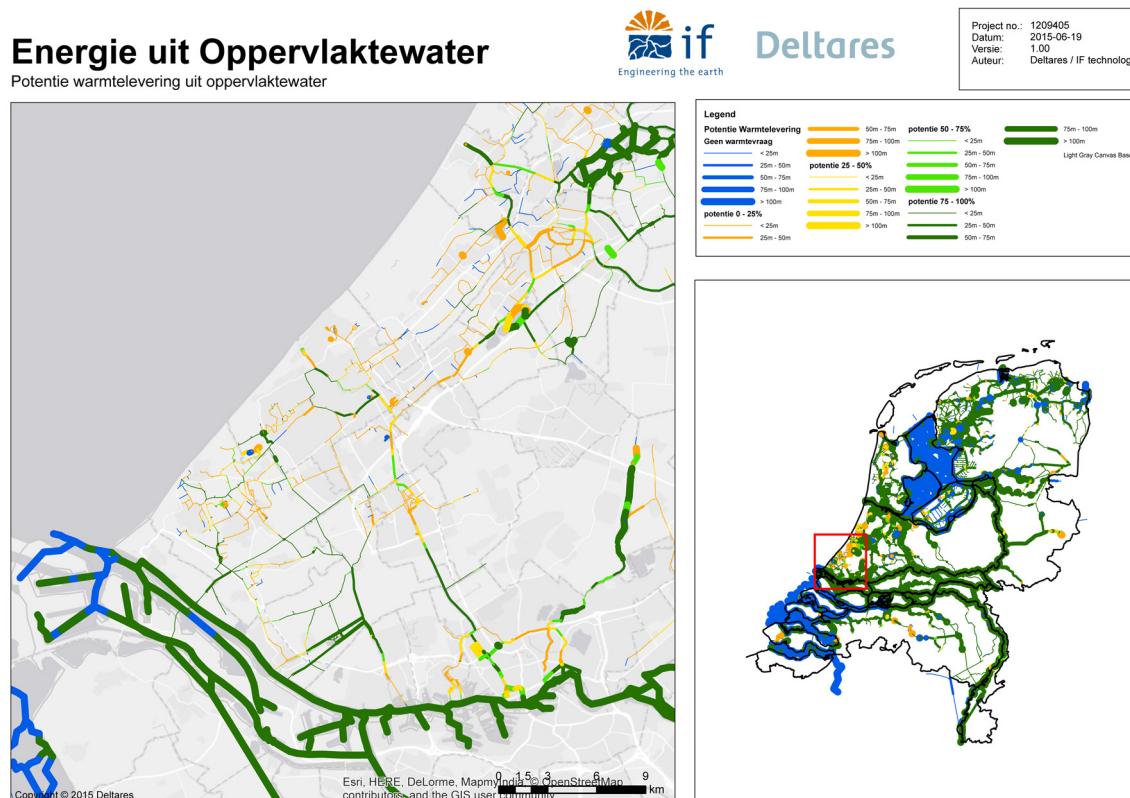
Afbeelding 3. Potentie voor warmtelevering



Afbeelding 4. Potentie voor koudelevering

Conclusies en aanbevelingen

In vrijwel alle watergangen van het hoofdwatersysteem die breder zijn dan 25 meter kan het oppervlaktewater minimaal 50% van de warmtevraag leveren. De bodemopslagcapaciteit is in het stedelijk gebied niet limiterend. Wel moet het oppervlaktewater voldoende breed (> 25 meter) of voldoende doorstroomd zijn om aan de warmtevraag te kunnen voldoen. In de detailkaart van de kanskaart voor de warmtevoorziening (afbeelding 5) is goed te zien dat de doorstroomde watergangen in Den Haag een hogere potentie hebben, dan de minder doorstroomde watergangen.



Afbeelding 5. Detailkaart: potentie voor warmtelevering Den Haag

Ook in grote steden kan het oppervlaktewater praktisch overal de gehele koudevraag leveren en is de opslagcapaciteit in de bodem voor de koudevoorziening ruim voldoende om aan de koudevraag in de utiliteitssector te voldoen.

Ruim 1.100 WKO-systemen liggen in de directe nabijheid van het hoofdwatersysteem. Het oppervlaktewater kan in principe benut worden om de WKO-systemen robuuster te maken door eventuele thermische onbalans te vereffenen. Deze vorm van regeneratie is duurzamer en aanzienlijk goedkoper dan regeneratie door een droge koeler of door zonnecollectoren. Het verkleint ook het risico van situaties die niet aan de vergunning voldoen en verhoogt het rendement van het systeem. Nader onderzoek op specifieke locaties wordt aanbevolen om de economische haalbaarheid van deze EOW-inzet te bepalen.

Daarnaast is het nuttig om in meer detail naar het stedelijk gebied te kijken. Daar zullen vraag en aanbod vaker fysiek dicht bij elkaar liggen, en hoe dicht de WKO bij het oppervlaktewater ligt, hoe gunstiger de businesscase.

Bovendien kan het oppervlaktewater gebruikt worden door directe levering van warmte of koude in de tussenseizoenen (koude op een warme dag in het voorjaar, warmte op een kille dag in het najaar). De in de WKO's opgeslagen thermische energie kan dan bewaard worden voor andere momenten). Directe levering is in deze verkenning nog niet meegenomen.

Locaties met een grote warmte/koude vraag binnen 1 kilometer van oppervlaktewater zijn: Amsterdam, Den Haag, Rotterdam, Leiden en Groningen. In deze steden is de combinatie EOW-WKO het meest interessant.

Een struikelblok bij de realisatie van energie uit oppervlaktewater is nog de onduidelijkheid in de regelgeving voor koudelozingen. Op dit moment wordt per waterschap of hoogheemraadschap nagedacht over het te voeren beleid als het om koudelozingen gaat. Dit heeft bij sommige projecten vertraging opgeleverd voor de realisatie. Er is daarom behoefte aan landelijk uniforme regelgeving voor koudelozingen.

Ambities

Rijkswaterstaat, waterschappen en hoogheemraadschappen kunnen hun duurzaamheidsambities, zoals geformuleerd in het SER-Energieakkoord, waarmaken door EOW tot speerpunt te maken. Zo kunnen ze om te beginnen hun eigen gebouwen verwarmen en koelen met eigen oppervlaktewater, en daarmee ook de waterkwaliteit in hun beheersgebied verbeteren. Daarnaast kunnen ze derden stimuleren ook van EOW gebruik te maken. Door per waterschap of gemeente in meer detail naar het oppervlaktewater te kijken kunnen de kansen worden geconcretiseerd.

De kansenkaart voor Rijkswaterstaat is voor iedereen beschikbaar. Het voorbeeld van Den Haag toont aan dat met deze kaart de eerste stap voor het inzichtelijk maken van kansen goed mogelijk is. De volgende stap is het digitaal beschikbaar stellen van de huidige kaart, zodat lokale initiatieven en kansen onder de aandacht gebracht worden van gebruikers van WKO en van gebouwenbeheerders.

Referenties

1. Planbureau voor de Leefomgeving, VESTA ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving, <http://www.pbl.nl/publicaties/2012/vesta-ruimtelijk-energiemodel-voor-de-gebouwde-omgeving>
2. Deltares, Deltamodel, <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2011/03/01/deltamodel.html>
3. Rijkswaterstaat, www.wkotool.nl
4. Commissie Integraal Waterbeheer, Handboek Water, 2004
5. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, www.warmteatlas.nl