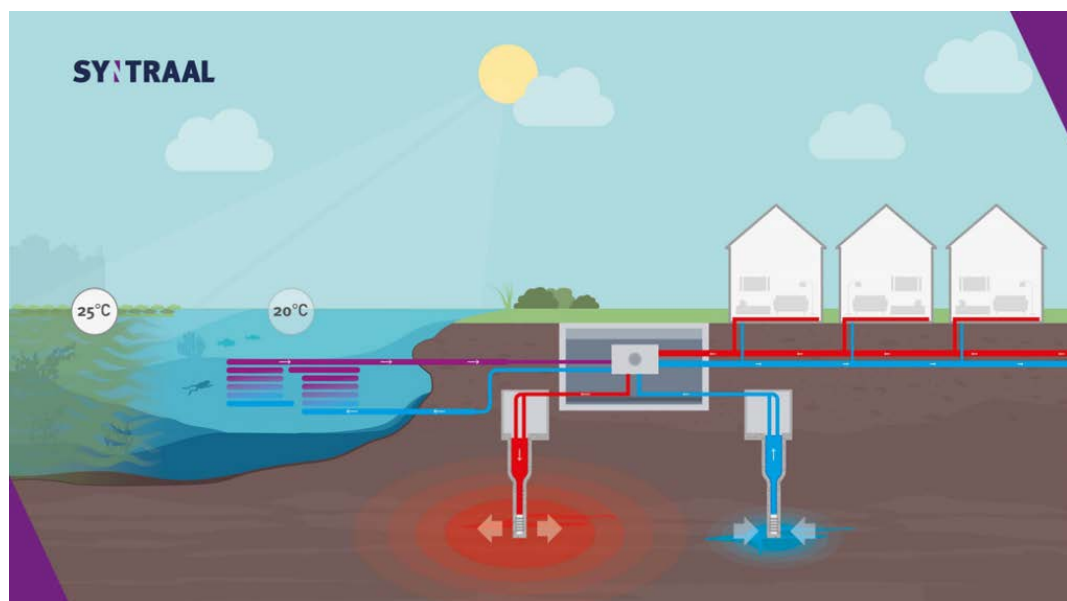


Rekenregels Warmte uit Oppervlaktewater

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) is de naam voor de winning, opslag en transport van warmte en/of koude vanuit het oppervlaktewater voor de verwarming en/of koeling van gebouwen en woningen. Water uit het oppervlaktewater wordt door een warmtewisselaar gepompt. De gewonnen warmte kan gebruikt worden voor de directe verwarming van een gebouw of worden opgeslagen in een warmte-koudeopslag (WKO).



Figuur 1. Thermische energie uit oppervlaktewater, waarbij de zomerwarmte uit oppervlaktewater wordt opgeslagen in een WKO. In de winter wordt de opgeslagen warmte gebruikt om bijvoorbeeld een warmtenet te voeden.

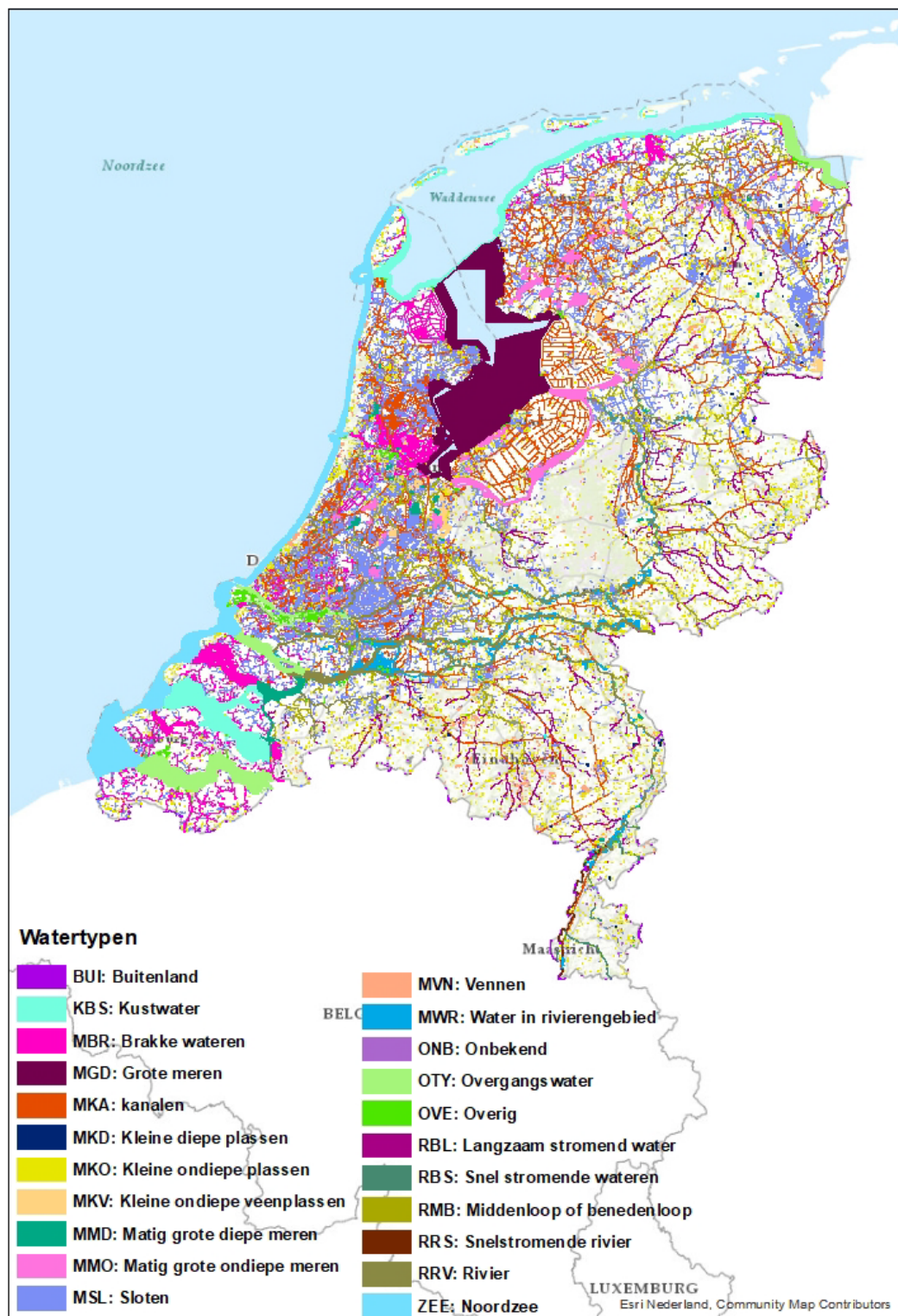
Wanneer warmte uit oppervlaktewater opgeslagen wordt in de bodem kan gebruik gemaakt worden van de zomerse temperaturen en kan er dus meer warmte onttrokken worden. Daarnaast is het systeemrendement hoger en kunnen er gunstige effecten zijn op de ecologie (afkoeling van het water in de zomer, bevorderen van stroming en positief effect op het zuurstofgehalte). Daarom gaat deze warmtewinning vrijwel altijd samen met een WKO.

1.1 Uitgangspunten technische potentie oppervlaktewater

De brondataset oppervlaktewater voor de analyse is van het PBL (2010): de basiskaart aquatisch watertypen¹. Dit is een gedetailleerde dataset waarin de kenmerken van de waterlichamen van het Nederlandse oppervlaktewater zijn opgenomen. Alle geografische locaties van oppervlaktewaterlichamen uit de Top10NL zijn hierin opgenomen. De wateren uit de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn hier onderdeel van. De onderverdeling in watertypen is weergegeven in Figuur 2.

De rekenregels om de technische warmtepotentie van het oppervlaktewater te bepalen verschillen voor hoofdwatervallen en overige wateren. Met hoofdwatervallen wordt hier bedoeld; wateren die horen bij het hoofdwatersysteem en regionale waterlopen. De overige wateren zijn de wateren die niet onder bovenstaande beschrijving vallen.

¹ [Basiskaart Aquatisch: de Watertypenkaart](#)



Figuur 2: Het oppervlaktewater verdeeld naar watertypen (PBL, 2010)

1.2 Uitgangspunten hoofdwatervaten

De technische potentie van oppervlaktewater voor de hoofdwatervaten is bepaald aan de hand van modellering van temperaturen en debieten door Deltares.

De volgende informatie is gebruikt om de technische warmtepotentie te bepalen:

- Statische informatie van het hoofdwatersysteem en regionale waterlopen (breedte, diepte, etc.) ten behoeve van de warmteflux;
- Typisch temperatuurverloop over de seizoenen in de waterlopen;

Deze informatie is afkomstig uit het Deltamodel. Het Deltamodel is een modelinstrumentarium dat gebruikt kan worden bij de waterstaatkundige onderbouwing van beleidskeuzes voor de lange termijn. Binnen het Deltaprogramma wordt het model ingezet voor beleidsvraagstukken op het gebied van waterveiligheid en de zoetwatervoorziening. De regionale watersystemen worden meegenomen voor zover dit nodig is voor het bepalen van de landelijke watervdeling. Hierdoor is het onderliggende hydrologische model een fijnmazig model geworden met honderden waterlopen. Op basis van een aantal uitgangspunten wordt met behulp van het Deltamodel bepaald wat de onttrekkingscapaciteit van het oppervlaktewater is (OC in GJ/jaar). Deze warmte moet over het algemeen in een bodemsysteem opgeslagen kunnen worden om op een later moment nuttig gebruikt te kunnen worden².

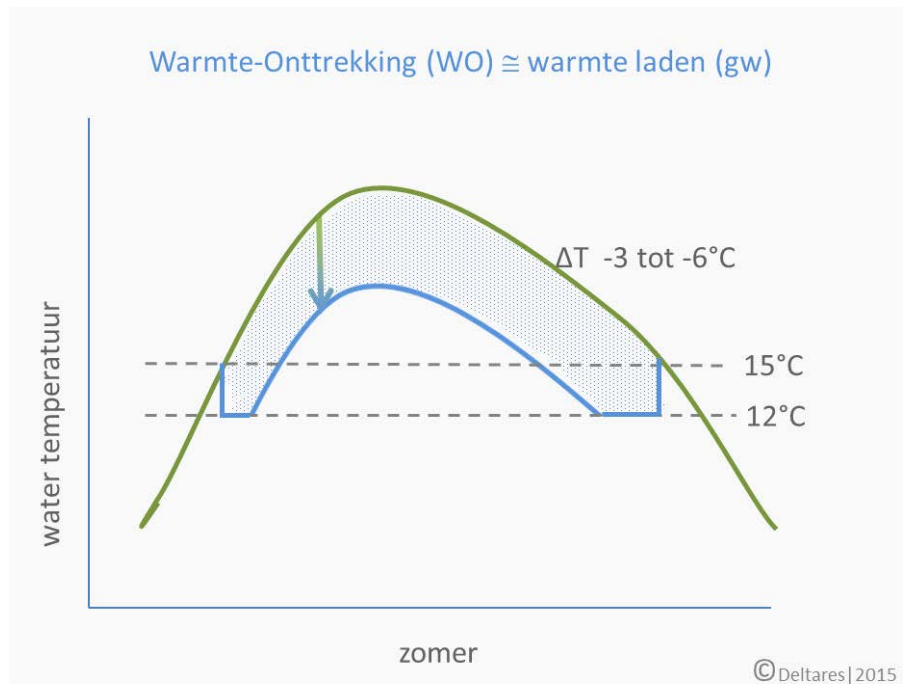
Rekenregels

Uitgangspunt is dat warmte uit oppervlaktewater kan worden onttrokken in de zomer wanneer het oppervlaktewater warmer is dan 15°C. De maximale temperatuurverandering als gevolg van warmte onttrekking (ΔT_{wo}) is gedefinieerd als:

$$(1) \Delta T_{wo} = \max(\min(T - T_{\min}, \Delta T_{\max}), 0)$$

waarbij T_{\min} de minimaal benodigde watertemperatuur is en ΔT_{\max} de maximale temperatuur verlaging ten opzichte van de achtergrond. Uitgangspunt is dat warmte onttrokken kan worden als de oppervlaktewatertemperatuur hoger is dan 15 °C. Het water wordt dan afgekoeld tot 12 °C met een maximum temperatuurdaling van 6 °C. Deze 6 °C wordt dus gerealiseerd als de watertemperatuur boven de 18 °C komt. Figuur 3 illustreert dit uitgangspunt.

² Er zijn ook situaties denkbaar waarbij de onttrokken warmte en/of koude direct ingezet kan worden voor het verwarmen en/of koelen van een gebouw. Bij deze verkenning zijn we er echter vanuit gegaan dat de onttrokken warmte/koude eerst wordt opgeslagen in de bodem.



Figuur 3: Temperatuuronttrekking hoofdwaters (in de zomer)

Voor stromende wateren is de warmte onttrekkingscapaciteit (WOC) een functie van de afvoer Q (m^3/s) en de maximale temperatuurverandering:

$$(2) \text{ WOC} = |Q| \times \Delta T_{\text{WO}} \times \rho_w \times c_p$$

Waarbij $|Q|$ de stromingsrichting onafhankelijke waarde is van de afvoer, ρ_w de dichtheid van zoet water (998 kg/m^3) en c_p de warmtecapaciteit van water ($4195 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$).

De warmte onttrekkingscapaciteit is een vermogen en wordt uitgedrukt in de dimensie MW ($= 10^6 \text{ W}$).

Om de WOC ook voor semi-stagnante wateren te kunnen toepassen is de formule uitgebreid met een tweede term die vereffening van het temperatuurverschil via de atmosfeer kwantificeert:

$$(3) \text{ WOC} = |Q| \times \Delta T \times \rho_w \times c_p + \left(\frac{Z \times A \times \Delta T}{10^6} \right)$$

waarbij Z het zelfkoelingsgetal is (ook wel k de warmteoverdracht coëfficiënt³ genoemd) en A de oppervlakte is (in m^2) van het wateroppervlak en ΔT temperatuurverhoging is.

³ de warmteoverdrachtscoëfficiënt k (of het zelfkoelingsgetal Z) wordt door het Deltamodel bepaald en maakt daarom deel uit van de uitvoer van het model. In [CIW, 2004]] is een constante waarde van $40 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$ gehanteerd.

Zo wordt voor warmtewinning in diepe plassen ook bovengenoemde formule (3) gebruikt. Hierbij wordt de technische potentie van dergelijke plassen gelijkgesteld aan de opwarming door de atmosfeer. Het potentieel is dus alleen afhankelijk van het oppervlak, niet van het plasvolume.

1.3 Overige wateren

Het technisch warmtepotentieel wordt bepaald voor stromend en stilstaand water. Stromend water is snelstromend (> 0.5 m/s) of langzaam stromend (<0.5 m/s). De exacte kenmerken van een waterlichaam zijn meestal niet bekend, daarom is aan elk watertype een categorie toegewezen. Aan de categorieën zijn getallen gegeven (een range) van de diepte, breedte, oppervlakte, en stroomsnelheid, gebaseerd op verschillende (onderzoeks)bronnen^{4 5 6}.

Voor de verschillende dieptes van stilstaand water is een andere energiewaarde genomen, zie tabel 1.

Tabel 1. Aannames voor stilstaande wateren

Diepte (m)	Energie (kWh/m2/jaar)	Energie (GJ/m2/jaar)	Bron
<0.75	60	0.216	IF Technologie
0.75-3	90	0.324	Keuze naar aanleiding van Ontwerpdigrammen voor energie uit oppervlaktewater, 2012, Duurzame energie
>3	120	0.432	Keuze naar aanleiding van Ontwerpdigrammen voor energie uit oppervlaktewater, 2012, Duurzame energie

Afhankelijk van de categorie wordt daarna de Energie gemultipliceerd met het oppervlak.

Voor stromende wateren is de volgende formule gebruikt:

$$\dot{V} = B * d * \dot{v} = m * m * \frac{m}{s} = \frac{m^3}{s}$$

Waarin:

B = Breedte (m)

D = diepte (m)

\dot{v} = stroomsnelheid (m/s)

\dot{V} = debiet (m³/s)

⁴ Nationaal potentieel van aquathermie, Analyse en review van de mogelijkheden Delft, CE Delft, september 2018, Publicatienummer: 18.5S74.116

⁵ Landelijke verkenning thermische warmte en koude uit het watersysteem, IF technology, Unie van waterschappen, september 2016

⁶ Handreiking thermische energie uit oppervlaktewater, Stowa, rapport 35, 2017 ISBN 978.90.5773.760.2

$$Q = \dot{V} * \Delta T * \rho * C_p * h$$

Waarin:

ΔT = Temperatuurontrekking (°C)

ρ = Densiteit van water

C_p = Specifieke warmtecapaciteit van water

h = Vollasturen van de pomp

Waarbij ΔT gelijk is aan 3 °C, ρ de dichtheid van zoet water (998 kg/m³), C_p de warmtecapaciteit van water (4195 J/kg°C), en h 2500 uur in de zomer (laden WKO).

1.4 Veel gestelde vragen

1.4.1 Waarom staat een oppervlaktewater er niet op?

Als een oppervlaktewater geen onderdeel is van de TOP10NL en KRW waterlichamen, dan staat deze niet op de kaart. De redenen hiervoor kunnen zijn;

- Het waterlichaam is te klein
- Het waterlichaam is recent ontstaan
- De basiskaart is gemaakt in aansluiting met de basiskaarten natuur; wateren die als niet direct relevant worden gezien voor natuurgebeleid zijn niet meegenomen

1.4.2 Wanneer is een oppervlaktewater niet-stromend en wel stromend?

Hierbij de is KRW typologie overgenomen; er is onderscheid gemaakt tussen 'stilstaand', 'stromend' en 'overgangswateren'. De indeling is gemaakt op basis van grootte, bodemtype en buffercapaciteit. De stromende wateren zijn verdeeld in 'snel'- en 'langzaam' stromend. De criteria van langzaam stromende wateren is: stroomsnelheid < 50 cm/s en verhang < 1 m/km.

1.4.3 Wat is het verschil tussen de oppervlaktewateren in deze kaart en die opgenomen in de KRW?

De KRW indeling neemt veel kleine oppervlaktewateren niet mee. Dit zijn de wateren kleiner dan 50 m² of smaller dan 6 meter.

1.4.4 Kan ik alle warmte die de kaart aangeeft, ook echt winnen?

De warmte die de kaart aangeeft, is de warmte die technisch gewonnen kan worden. Of dit economisch / kostentechnisch ook kan, is een vraag die nader bekeken moet worden. Als er tussen het water en de toepassing bijvoorbeeld een (primaire) waterkering ligt (een dijk) of een snelweg of een spoorlijn, dan komt er bij het transport van de warmte uit de bron naar de toepassing nog best veel kijken en kunnen de kosten fors stijgen. Daarnaast dient er uiteindelijk ook rekening mee gehouden te worden wie de warmte gaat winnen. Als de warmtevraag van de omgeving hoger is dan het aanbod, moet de warmte verdeeld worden.

1.4.5 Hoe zit het met koude?

Op het moment is koude niet direct meegenomen in de technische potentie kaart. Wel is het zo, dat als er een combinatie met WKO wordt gemaakt, het uitgangspunt is dat de WKO ook in balans moet zijn. Dit betekent dat

de hoeveelheid (jaarlijks) beschikbare warmte gelijk is aan de hoeveelheid (jaarlijks) beschikbare koude.
Zonder WKO kan koude ook gewonnen worden uit het oppervlaktewater, met name uit diepe plassen. Deze
potentie staat momenteel niet op de kaart.