

Technische handleiding

Berekeningen potentie thermische energie uit oppervlaktewater

WarmingUp, project 3A
oktober 2021

Technische handleiding Opschaling van collectieve warmtesystemen

Auteurs

Deltares
Ronald Roosjen
Annelotte van der Linde



1 oktober 2021

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, TEO, aquathermieviewer

Jaar van publicatie
2021

Meer informatie
Ronald Roosjen
T 06 13 66 77 20
E Ronald.Roosjen@deltares.nl

3/2021 ©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevens bestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

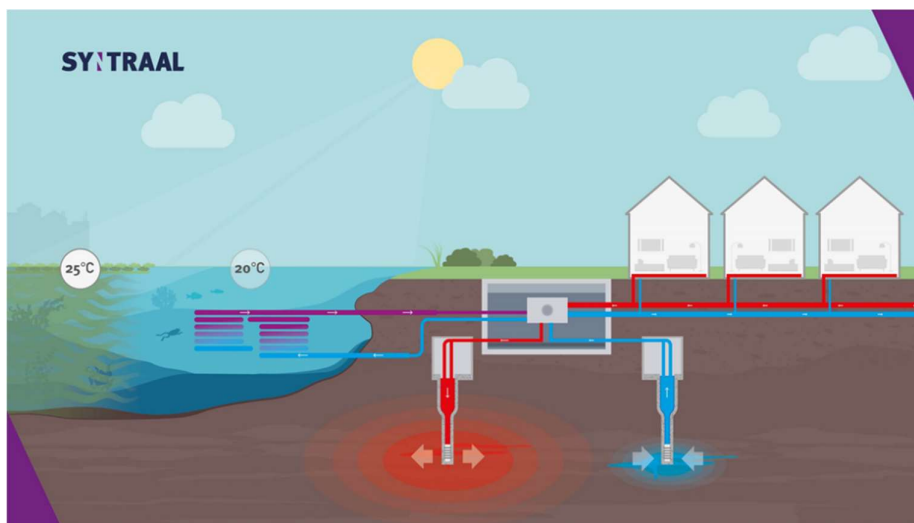
Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
2. Uitgangspunten	5
2.1 Uitgangspunten oppervlaktewateren	5
2.2 Uitgangspunten per watergang	7
2.3 Uitgangspunten warmte-onttrekkingen	7
3. Uitgangspunten berekeningen	10
3.1 Berekening warmte-onttrekkingscapaciteit Hoofdwateren	10
3.2 Berekening warmte-onttrekkingscapaciteit Overige wateren	10
4. Veel gestelde vragen	12
2.1 Waarom staat een oppervlaktewater er niet op?	12
2.2 Wanneer is een oppervlaktewater niet-stromend en wel stromend?	12
2.3 Wat is het verschil tussen de oppervlaktewateren in deze kaart en die opgenomen zijn in de KRW?	12
2.4 Kan ik alle warmte die de kaart aangeeft ook echt winnen?	12
2.5 Hoe zit het met koude?	13

1. Inleiding

Deze handreiking geeft inzicht in hoe de potentieberekeningen met betrekking tot thermische energie oppervlaktewater tot stand zijn gekomen. Deze resultaten van deze potentiekaarten zijn terug te vinden zijn op <http://www.aquathermieviewer.nl>

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) is de naam voor de winning van warmte of koude uit het oppervlaktewater voor de verwarming of koeling van gebouwen en woningen. Water uit het oppervlaktewater wordt door een warmtewisselaar gepompt. De gewonnen warmte (koude) kan gebruikt worden voor de directe verwarming (koeling) 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.

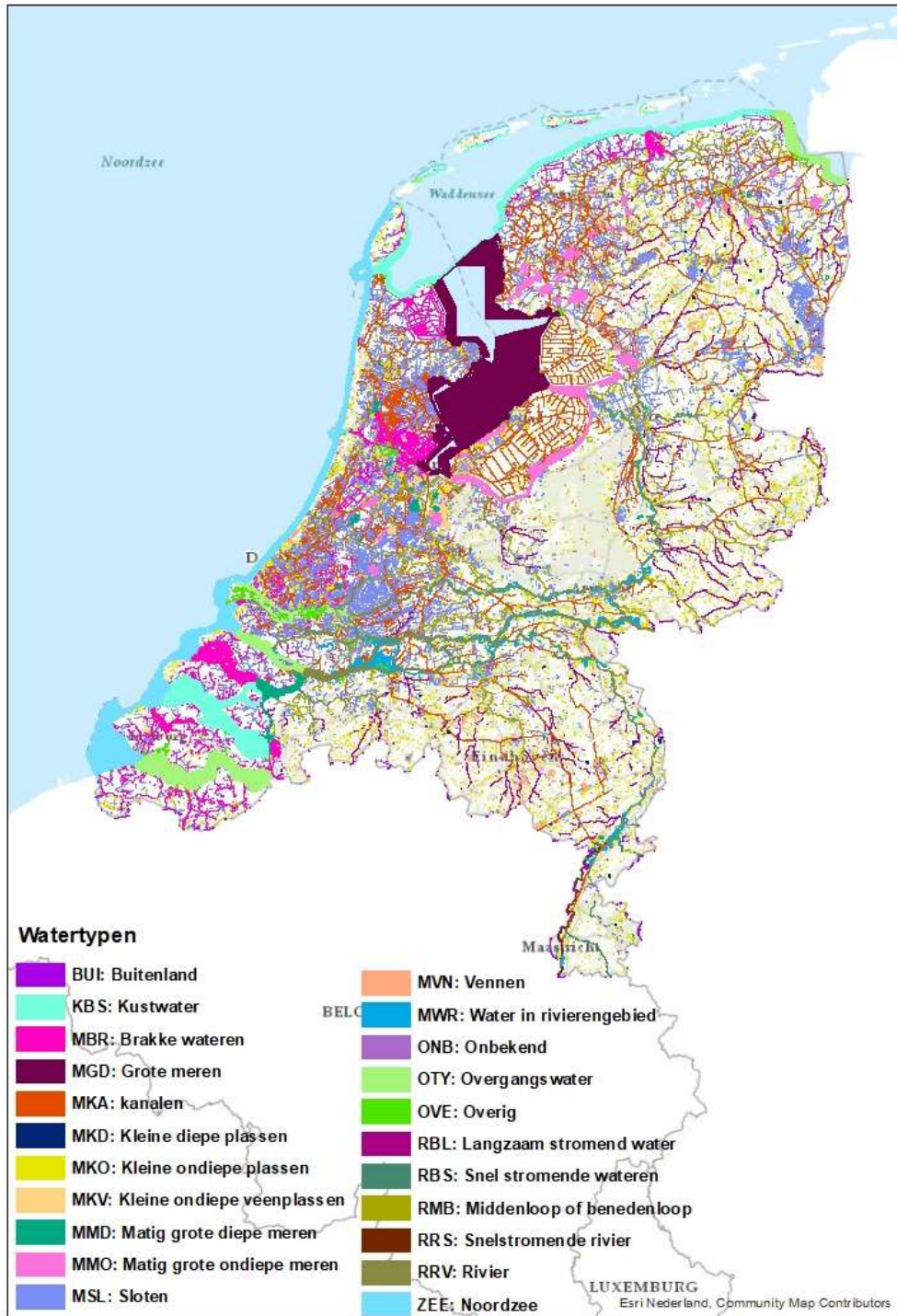
2. Uitgangspunten

2.1 Uitgangspunten oppervlaktewateren

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 hoofdwatertypen en overige wateren. Met hoofdwatertypen worden die wateren bedoeld die horen bij het hoofdwatertypensysteem en regionale watergangen, welke van belang zijn voor de wateraanvoer en -afvoer. Deze wateren zijn opgenomen in het nationaal watermodel. De overige wateren zijn de wateren die niet onder bovenstaande beschrijving vallen, bijvoorbeeld bergingsvijvers in woonwijken, poldersloten, etc.

¹ Basiskaart Aquatisch: de Watertypenkaart



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

2.2 Uitgangspunten per watergang

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

De volgende informatie is gebruikt om de warmtepotentie te bepalen:

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

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 waterverdeling. 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.

Bovengenoemde onttrekkingsregimes zijn doorgerekend voor de jaren 1980 tm 2011. Hierdoor krijgen we een beeld van de variatie in de hoeveelheid te onttrekken warmte over de jaren heen. In de resultaten is dit weergegeven als een minimum warmteonttrekkingscapaciteit, gemiddeld, en maximum warmteonttrekkingscapaciteit, voor ieder segment waar deze berekeningen zijn uitgevoerd.

2.3 Uitgangspunten warmte-onttrekkingen

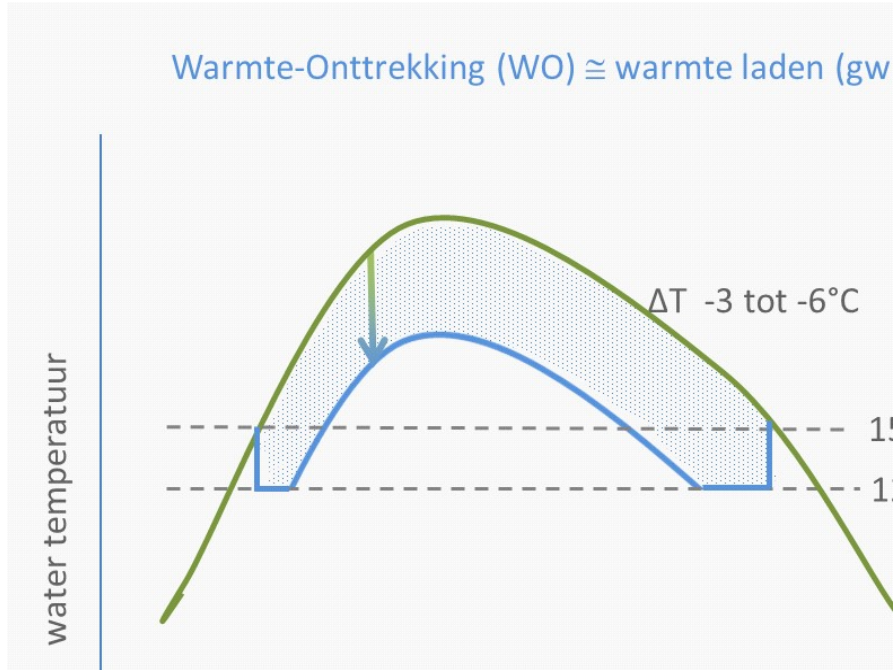
Uitgangspunt is dat warmte uit oppervlaktewater kan worden onttrokken in de zomer wanneer het oppervlaktewater warmer is dan 15°C. De maximale temperatuurverandering als gevolg van warmte-onttrekking (ΔT_{WO}) is gedefinieerd als:

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

waarbij T_{min} de minimaal benodigde watertemperatuur is en ΔT_{max} de maximale temperatuur verlaging ten opzichte van de achtergrond.

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.

Standaard wordt als uitgangspunt genomen dat er 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.



Figuur 3: Temperatuuronttrekking hoofdwatervaten (in de zomer)

De te hanteren grenzen zijn beleidskeuzes. In de webviewer zijn ook keuzes met betrekking tot de grenzen doorgerekend. Dit geeft meer inzicht in de robuustheid van de potentie. De zeven doorgerekende onttrekkingsregimes staan in de tekstbox beschreven.

Tekstbox Warmte-onttrekkingsregimes

1. Bij onttrekkingsregime 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. Bij onttrekkingsregime 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. Bij onttrekkingsregime 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. Bij onttrekkingsregime 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. Bij onttrekkingsregime 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. Bij onttrekkingsregime 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 alleen in het winterseizoen warmte onttrokken.

7. Bij onttrekkingsregime 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 alleen in het winterseizoen warmte onttrokken.

Onttrekkingsregime	dT_Max	Tbgn	Tend	dT_Min	Opmerking
				(Tbgn-Tend)	
1	6	15	12	3	'Standaardregime'
2	6	18	15	3	Hoogzomer variant
3	6	21	18	3	Terug geloosd water altijd >18C
4	6	12	9	3	Tussenvariant met lagere aanvangstemperatuur
5	3	15	12	3	Variant met minder temperatuurschok
6	6	7	4	3	Variant zonder WKO
7	3	7	4	3	Variant zonder WKO met minder temperatuurschok

3. Uitgangspunten berekeningen

3.1 Berekening warmte-onttrekkingscapaciteit Hoofdwaterv

Stromende wateren

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

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

Waarbij $|Q|$ de stromingsrichting onafhankelijke waarde is van de afvoer, ρ_w de dichtheid van zoet water ($998 \text{ kg}/\text{m}^3$) en c_p de warmtecapaciteit van water ($4185 \text{ J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$).

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

Semi-stagnante wateren

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:

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

Waarbij Z het zelfkoelingsgetal is (ook wel k de warmteoverdrachtcoëfficiënt³ genoemd) en A de oppervlakte is (in m^2) van het wateroppervlak en ΔT temperatuurverhoging is.

Diepe meren

Voor warmtewinning in diepe plassen wordt 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.

3.2 Berekening warmte-onttrekkingscapaciteit Overige wateren

De overige wateren zijn toebedeeld aan watertypen. Aan de watertypen zijn kentallen gegeven over de diepte, breedte en oppervlakte en stroomsnelheid, gebaseerd op verschillende (onderzoeks)bronnen^{4 5 6}. Voor stromend water zijn twee categorieën bepaald: snelstromend ($> 0.5 \text{ m}/\text{s}$) of langzaam stromend ($< 0.5 \text{ m}/\text{s}$).

³ de warmteoverdracht coëfficiënt 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 $40 \text{ W}/\text{m}^2^{\circ}\text{C}$ gehanteerd.

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

Watertype	Omschrijving	Debiet (Q) in m ³ /s
RBL	Langzaam stromende beken	0.5
RBS	Snel stromende beken	0.0
RMB	Langzaam stromende rivier op klei of zand	0.5
RRS	Grensmaas	0.0
RRV	Langzaam stromende rivier	0.1

Tabel 1: Geschatte afvoer (Q) van de watertypen met stroming.

Voor stilstaand water wordt de volgende formule gebruikt:

$$(4) \quad WOC_a = (A * Z * \Delta T)$$

Waarin:

A = Oppervlakte van het wateroppervlak (m²)

ΔT = Temperatuuronttrekking (°C)

Z = Zelfkoelingsgetal

Waarbij ΔT gelijk is aan 6°C voor het basisregime, A gelijk is aan de oppervlakte van het betreffende water en Z gelijk is aan 22 W/m²*°C, gebaseerd op de modellering van de hoofdwatervaten. Deze Z is bepaald door voor een aantal relevante wateren, uit de modelresultaten terug te rekenen, wat het zelfkoelingsgetal moet zijn geweest over de jaren en seizoenen heen.

Ter verificatie is het zelfkoelingsgetal afgeleid op basis van de Sweert (1976) formule en de langjarige windsnelheid in de Bilt over de periode 1980-2011. Dat resulteert in een zelfkoelingsgetal van circa 25 W/m²*°C. Gekozen is om afgeleide, lagere getal van 22 W/m²*°C te gebruiken in de berekeningen van de overige wateren om aan te sluiten bij de berekeningen van de hoofdwatervaten.

Voor stromende wateren is de volgende formule gebruikt:

$$(5) \quad WOC_q = Q * \Delta T * \rho_w * c_p$$

Waarin:

Q = Afvoer (m³/s)

ΔT = Temperatuuronttrekking (°C)

ρ = Dichtheid van water

C_p = Specifieke warmtecapaciteit van water

Waarbij ΔT gelijk is aan 6°C voor het basisregime, ρ de dichtheid van zoet water (998 kg/m³), C_p de warmtecapaciteit van water (4185 J/kg °C) en Q is gebaseerd op vergelijkbare wateren van hetzelfde watertype, die wel in het hoofdwatervaten bestand zitten, uitgaand van een gemiddeld zomerdebiet.

Voor deze kleine wateren wordt alleen het resultaat obv het basisregime (Delta T 6 graden) weergegeven.

De totale warmte onttrekkingscapaciteit (in GJ/jaar) is dan de som van stilstaand en stromend water:

$$(6) \quad WOC = (WOC_q + WOC_a) * h * 3600 / 10^9$$

Waarin:

WOC_q = Onttrekkingscapaciteit stromend water (W)

WOC_a = Onttrekkingscapaciteit stilstaand water (W)

h = Vollasturen van de pomp (uur)

Waarbij h is gezet op 2500 uur in de zomer (laden WKO).

4. Veel gestelde vragen

2.1 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 natuurbeleid zijn niet meegenomen

2.2 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.

2.3 Wat is het verschil met de KRW-watertypen?

De KRW indeling neemt veel kleine oppervlaktewateren niet mee. Dit zijn de wateren kleiner dan 50 m² of smaller dan 6 meter. Deze zijn in de viewer wel meegenomen als overige wateren.

2.4 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, dan zal de warmte verdeeld worden.

2.5 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.

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>