Thermische Energie uit Oppervlaktewater

Business case “nieuwbouwproject Zelling Onderneming” in Nieuwerkerk aan den IJssel



IF Technology **Creating energy**

Datum	26 maart 2018
Referentie	67149/LH/20180326
Betreft	Thermische Energie uit Oppervlaktewater - Business case “nieuwbouwproject Zelling Onderneming” in Nieuwerkerk aan den IJssel
Behandeld door	de heer F. Niewold
Gecontroleerd door	de heer B. Scholten en de heer R. Dirkx
Versienummer	Definitief 1

OPDRACHTGEVER

Unie van Waterschappen
de heer R. Romijn
Postbus 93218
2509 AE Den Haag
T 070 - 456 1571
rromijn@uvw.nl

INHOUDSOPGAVE

1 Samenvatting 5
2 Inleiding 8
2.1 Algemeen 8
2.1.1 Achtergrond 8
2.1.2 Uitrol strategie TEO 8
2.1.3 Casus: Zelling Onderneming 9
2.2 Plan van Aanpak 9
2.2.1 Selecteren van kansrijke locaties 9
2.2.2 Inventarisatie gebiedskenmerken en belanghebbenden 9
2.2.3 Verkenning business case 10
2.2.4 Verdiepingsfase 10
2.2.5 Projectrealisatie en exploitatie 10
2.3 Doelstellingen casussen 10
2.3.1 Algemene doelstellingen 10
2.3.2 Doelstellingen casus: Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel 10
2.4 Leeswijzer 11
3 Inventarisatie 12
3.1 Stakeholderanalyse 12
3.2 Kenmerken Gebied en gebouwen 12
3.3 Kenmerken watersysteem 15
3.4 Kenmerken bodem 17
3.4.1 Bodemopbouw 17
3.4.2 Geohydrologie 17
3.4.3 Concept 19
3.5 Klimaatadaptie 20
3.6 Omgevingsbelangen 22
3.6.1 Juridische belangen 22
4 Business case 23
4.1 Energieconcepten 23
4.2 Schetsontwerp 28
4.3 Impact leefomgeving 29
4.4 Financiële analyse 30
4.5 Duurzaamheid 34
5 Conclusies en aanbevelingen 37
5.1 Technische en energetische haalbaarheid 37
5.2 Ruimtelijke inpassing 37
5.3 Financiële haalbaarheid 38
5.4 Aanbevelingen 39
5.5 Spoorboekje 41
6 Referenties 43
7 Afkortingen 44
Bijlage 1 Conceptbeschrijvingen TEO/Smart polder 45
1.1 PRINCIPE SMART POLDER – TEO 45
1.2 Principe Warmte- en Koude Opslag (WKO) 49

1.3 Koude uit diepe plassen 50
Bijlage 2 Energieconceptvorming gebouwinstallatie 52

1 Samenvatting

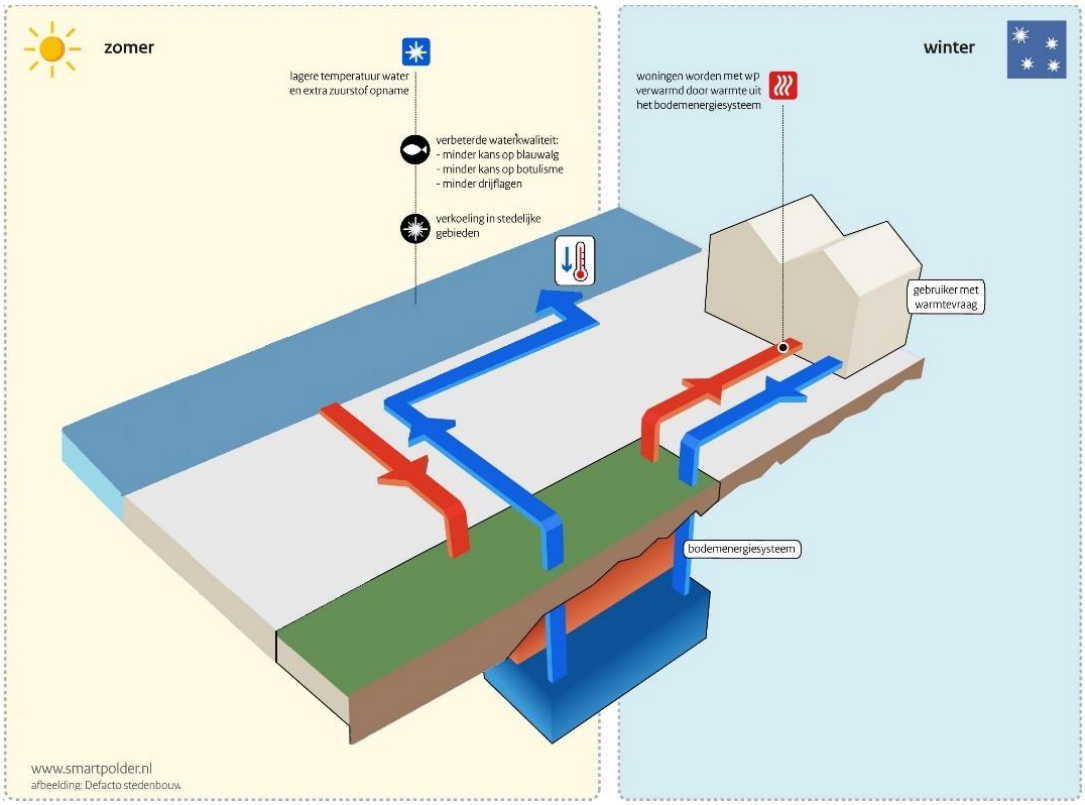
Uitgangspunten
Deze business case is uitgevoerd om inzicht te krijgen in de technische en financiële haalbaarheid van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) in combinatie met warmte- en koudeopslag (WKO). De business case is toegepast op het nieuwbouwproject Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel. In Figuur 1.1 is het projectgebied te zien. Zelling Onderneming wordt gekenmerkt door nieuwbouw. De woningen bestaan uit een mix van 40 grondgebonden woningen en 21 appartementen. De inschatting van de warmtevraag is ~230 MWh_{th} (~840 GJ_{th}) per jaar. De koudevraag is ingeschat op ~50 MWh_{th} (~170 GJ_{th}).

Het oppervlaktewater wordt verkregen uit de Hollandsche IJssel die ten oosten van het gebied stroomt. Het oppervlaktewater nabij de locatie bevat voldoende capaciteit om de 61 woningen van warmte te kunnen voorzien.



Figuur 1.1 | Het projectgebied voor het nieuwbouwproject Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel. Bron: Google Earth.

Systeemconcept
Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) in de vorm van warmtewinning in de zomer, kan worden omgezet in hoogwaardige warmte met een warmtepomp (WP) voor verwarming van gebouwen of voor de bereiding van warm tapwater. Dit is bijzonder goed toepasbaar bij afnemers met een overwegende warmtevraag, zoals bij de woningen van Zelling Onderneming het geval is, en wordt 100% elektrisch opgewekt (aardgasvrij). TEO kan worden aangevuld met een warmte en koudeopslagsysteem in de bodem (WKO) (zie Figuur 1.2).



Figuur 1.2 | Concept TEO: Smart polder, WKO met warmtewinning uit oppervlaktewater.

Als TEO in combinatie met een WKO systeem wordt toegepast, wordt gebruik gemaakt van het natuurlijke temperatuurverschil tussen het oppervlaktewater in de zomer (~18 - 25 °C) en de stabiele grondwatertemperatuur (~12 °C). In de zomer wordt warmte gewonnen uit het oppervlaktewater en opgeslagen in het bodemenergiesysteem (WKO). Deze warmte kan in de winter uit de bodem worden opgepompt om te dienen als warmtebron voor de warmtepomp.

Voor Zelling Onderneming wordt er een koudevraag verwacht met een verhouding van 1:3 t.o.v. de warmtevraag. Hiermee biedt de toepassing van de combinatie van warmtewinning uit oppervlaktewater met een seizoensopslag in een bodemenergiesysteem een zeer interessante en duurzame kans om de wijk te voorzien van de benodigde warmte. De energieonbalans in het WKO systeem die ontstaat bij een overwegende warmtevraag, wordt met het TEO systeem gebalanceerd.

Op basis van de huidige uitgangspunten is een monobron (de warme- en koudebron liggen boven elkaar in de bodem) met een minimaal debiet van 20 m^3/h toereikend om de 61 woningen van Zelling Onderneming van voldoende warmte te voorzien. Om de bronnen in de zomer voldoende te kunnen laden is een oppervlaktewatersysteem van minimaal 10 m^3/h nodig. Er zijn verschillende systeemconcepten mogelijk. In de huidige business case is een concept met decentrale warmtepompen voor ruimteverwarming en warm tapwater doorgerekend. Vanwege nieuwbouw is voor een aanvoertemperatuur van 40 °C gekozen. Verder worden er juridisch gezien geen knelpunten voorzien voor de realisatie van TEO en WKO.

De belangrijkste aandachtspunten voor het bodemenergiesysteem zijn de zoet-/zoutovergangen in het 2e watervoerende pakket, andere bodemenergiesystemen in de omgeving, verontreinigingen in het projectgebied en de aanwezigheid van een primaire waterkering in het projectgebied.

Duurzaamheid

De toepassing van TEO met een oppervlaktewaterdebiet van 10 m^3/h kan bijdragen aan de vermindering van hittestress in een stedelijk gebied in de zomer door water met een temperatuurverschil van 6 °C te lozen. In totaal wordt er 700 GJ_{th} aan energie onttrokken aan het oppervlaktewater in de zomer. De CO_2-emissiereductie kan in het meest optimale geval (volledig groen opgewekte stroom) 54 ton/jaar bedragen ten opzichte van een referentie systeem met aardgas waarbij elk gebouw zijn eigen gasketel heeft. In dat geval moet de elektriciteit ook duurzaam opgewekt zijn.

Financiële haalbaarheid

De financiële haalbaarheid van het WKO + TEO systeem met decentrale warmtepompen is getoetst door een vergelijking te maken met een referentiesysteem (individuele gasketels). Bij een bijdrage aansluitkosten (BAK) van € 3.000 is de verwachte terugverdientijd van het WKO + TEO systeem 8 jaar ten opzichte van het referentiesysteem met gasketels en koelmachines. Bij een BAK van € 5.000 is het systeem terugverdiend bij de start van de projectlooptijd.

Vervolg

De plannen voor de ontwikkeling van Zelling Onderneming zijn gestart. Hierbij is het duurzaam ontwikkelen van het gebied een belangrijk aandachtspunt. De integratie van TEO in combinatie met een WKO systeem heeft een significante meerwaarde in het geval er een thermische onbalans heerst. Hierbij is het wel belangrijk dat TEO op een juiste wijze wordt geïntegreerd in het installatie concept en dat er ruimte in het gebied wordt gereserveerd voor leidingen en bronnen. Voor een eventueel vervolg is het van belang dat dit op korte termijn wordt afgestemd met de belanghebbenden.

2 Inleiding

2.1 ALGEMEEN

2.1.1 Achtergrond

Om uitvoering te geven aan het Klimaatakkoord van Parijs zullen er de komende decennia ingrijpende veranderingen plaats moeten vinden in de infrastructuur van de Nederlandse energievoorziening. In het Klimaatakkoord is de afspraak gemaakt om de temperatuurstijging ruim beneden de 2 °C te houden door onder andere de mondiale uitstoot van broeikasgassen met circa 90 procent te reduceren tot 2050 ten opzichte van 1990. In "Energierapport – Transitie naar duurzaam" is zelfs aangekondigd dat de ruimteverwarming in Nederland CO_2-vrij moet zijn in 2050 (EZ, 2016). De lange levensduur en afschrijftermijnen van energievoorzieningen maken het een prioriteit om zo snel mogelijk met de energietransitie te beginnen (PBL, 2017). De energietransitie is een beleidsplan van de overheid om van fossiele brandstoffen naar volledig duurzame energiebronnen over te stappen. De komende decennia zullen de verouderde gasleidingen aan vervanging toe zijn. Hierin ligt een grote kans om een transitie van fossiele warmtelevering naar duurzame warmtelevering te bewerkstelligen.

Eén van de alternatieven voor ruimteverwarming en -koeling is een WKO systeem. De geschiktheid van een WKO systeem is afhankelijk van de balans tussen de warmte- en koudevraag van de gebouwen. Vooral combinaties van goed geïsoleerde woningen (warmtevraag) en bedrijfsmatig gekoelde gebouwen (koudevraag), zoals kantoren en datacenters zijn uitermate geschikt in combinatie met een WKO systeem. Indien gebouwen een overwegende warmte- of koudevraag hebben, is een WKO systeem minder geschikt. Echter kan dit bijzonder goed opgevangen worden door energie uit oppervlaktewater over te dragen om de balans in een WKO systeem te handhaven. In opdracht van Rijkswaterstaat en de Unie van Waterschappen (UvW) heeft IF Technology aangetoond dat het economisch potentieel van warmtewinning uit waterlopen, plassen, gemalen en kunstwerken (TEO) 42 – 182 petajoule per jaar is (IF Technology, 2016a en b). Binnen deze marge kan het economisch potentieel toenemen door toepassing van collectieve systemen en het gebruik van warmtenetten. Dit wordt mede veroorzaakt door de opschaling van de systemen en de verdeling van investeringskosten. Tevens zorgen warmtenetten voor een flexibilisering van de warmte- en koudevraag.

2.1.2 Uitrol strategie TEO

De potentie van TEO is in 2016 door de Energiecoalitie Rijkswaterstaat & UvW in kaart gebracht met de landelijke verkenning. Om deze potentie concreet te maken is het verzoek van de Energiecoalitie aan IF Technology om onder andere concrete kansrijke casussen uit te werken voor zeven regio's en deze in te kunnen brengen bij de tafel energie en ruimte die in elke regio wordt georganiseerd. Doel hiervan is het enthousiasmeren van de regio's om TEO op te nemen in de regionale energiestrategie als alternatief voor een aardgasloze duurzame oplossing.

Om de diverse mogelijkheden van TEO te etaleren voor wethouders van de gemeenten en andere initiatiefnemers, worden de zeven casussen in de vorm van een factsheet opgenomen in een portfolio die zal worden opgesteld door STOWA.

Door energie uit oppervlaktewater te halen kunnen gebouwen worden verwarmd of gekoeld. Neveneffect is dat het koelen van oppervlaktewater hitte bestrijdt en de waterkwaliteit verbetert, wat een interessante bijdrage kan leveren aan ruimtelijke adaptatie, aangezien dit principe in het grootste deel van Nederland toepasbaar is.

2.1.3 Casus: Zelling Onderneming

Het nieuwbouwproject Zelling Onderneming in de gemeente Zuidplas is als één van de kansrijke locaties naar voren gekomen. Dit gebied wordt gekenmerkt door nieuwbouw met een mix van grondgebonden woningen en een appartementencomplex. Het gebied ligt in de plaats Nieuwerkerk aan den IJssel. Het plangebied voor de woningen grenst aan de Hollandsche IJssel (oppervlaktewater). De ambitie is om de woningen van Zelling Onderneming duurzaam van energie te voorzien. Voor de energievraag zullen de gebouwen worden getypeerd als een mix grondgebonden rijwoningen, villa's en appartementen. In dit rapport wordt de technische en financiële haalbaarheid van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) voor de woningen van Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel beschreven. Er is onderzocht wat de randvoorwaarden zijn voor het toepassen van TEO op deze locatie.

2.2 PLAN VAN AANPAK

In het plan van aanpak zijn de stappen beschreven die zijn uitgevoerd om tot een business case te komen. Hierbij worden de verschillende activiteiten, hulpmiddelen en resultaten beschreven.

2.2.1 Selecteren van kansrijke locaties

Kansrijke locaties zijn via workshops met de belanghebbenden geselecteerd. Hierbij zijn vertegenwoordigers van de gemeente uitgenodigd met kennis van ruimtelijke ordening en energie. Belangrijk hierbij is dat er overzicht is (digitaal of door kennis van de aanwezige personen) van waar ontwikkelingen zullen plaatsvinden (nieuwbouw, renovatie of hoog energieverbruik). In de workshop is aan de hand van de kansenkaart gekeken of er een match te maken is tussen deze gebieden/gebouwen/wijken waar ontwikkelingen gepland zijn en het aanwezige technische potentieel vanuit oppervlaktewater, gemalen en/of diepe plassen.

2.2.2 Inventarisatie gebiedskenmerken en belanghebbenden

In deze fase wordt een overzicht gemaakt van de betrokkenen (stakeholderanalyse). Welke partijen zijn direct of indirect bij dit project of deze locatie betrokken. Welke rol spelen zij en kunnen zij input leveren voor de business case. In deze fase kan ook overwogen worden om een lokale netbeheerder en/of energiebedrijf te benaderen voor kennis van het gebied en het afstemmen van bestaande of toekomstige ontwikkelingen op energiegebied (bijvoorbeeld de aanleg van een warmtenet en het al dan niet vervangen van de bestaande gasinfrastructuur).

Verder worden de gebiedskenmerken geïnventariseerd bij de gemeente, waterschap en provincie. Eventueel kan er ook al een afnemer of projectontwikkelaar in beeld zijn waar gedetailleerde informatie beschikbaar is. Belangrijke gegevens zijn:

- kenmerken watersysteem en/of kunstwerk (gemaal);
- bodemopbouw en omgevingsbelangen grondwater;
- identificeren potentiële afnemers energie (warmte en/of koude);
- inventarisatie huidige/toekomstige energievraag beoogde afnemers.

2.2.3 Verkenning business case

Een belangrijke stap naar de realisatie is het uitwerken van een verkennende business case met het bepalen van het energieconcept op basis van de aanwezige/toekomstige vraag en het aanbod. In Bijlage 1 zijn diverse TEO/Smart polder concepten weergegeven met specifieke kenmerken. Met het energieconcept wordt een schetsontwerp (SO) opgesteld van de thermische winning, distributie en opwekking. Deze wordt uitgewerkt in een financiële analyse. In het geval van verschillende investeerder(s) en afnemer(s) worden de investeringskosten en de exploitatiekosten opgenomen in een netto contante waarde (NCW) berekening om het mogelijke project rendement te kunnen berekenen. Bij een stakeholder die zowel investeerder als afnemer is, wordt de terugverdientijd ten opzichte van een referentiesysteem berekend. Ook wordt de juridische haalbaarheid van het project beoordeeld (Waterwet en omgevingsbelangen). Als uit de business case blijkt dat het project haalbaar is en er voldoende draagvlak is bij de stakeholder(s) om het project verder te brengen kunnen de voorwaarden voor het vervolg worden vastgelegd in een intentieovereenkomst tussen de belanghebbenden.

2.2.4 Verdiepingsfase

In de volgende fase wordt een verdieping uitgevoerd van het technisch ontwerp en worden de juridische haalbaarheid (het aanvragen van vergunningen) en de financiële haalbaarheid geïnventariseerd. Hierbij kunnen ook de maatschappelijke baten worden gewaardeerd. In deze fase dienen naast de kosten en de baten, de onzekerheden en risico's zo goed mogelijk in beeld te worden gebracht voor alle relevante stakeholders. Op basis van deze inzichten kan besloten worden om een samenwerkingsovereenkomst aan te gaan waarin de rolverdeling en het projectfinancieringsmodel worden vastgelegd.

2.2.5 Projectrealisatie en exploitatie

De hierop volgende fasen zijn projectrealisatie en exploitatie. Hierbij kan de realisatie/exploitatie van het project eventueel (deels) in de markt worden gezet. Belangrijk voor deze fase is het inrichten van een monitorings- en beheerorganisatie die langdurig het optimale rendement uit het project kan genereren en de hierbij vooraf gestelde randvoorwaarden kan monitoren en waar nodig kan bijsturen.

2.3 DOELSTELLINGEN CASUSSEN

2.3.1 Algemene doelstellingen

De casussen worden in de regio's ingezet om TEO als duurzaam en gasloos alternatief te positioneren en de markt zo uit te dagen hiermee aan de slag te gaan. Daarnaast hebben de casussen een zo divers mogelijk karakter (verschillende energieconcepten en afnemers), hierdoor ontstaat een portfolio van TEO toepassingsmogelijkheden met specifieke baten. De casussen kunnen daarmee als blauwdruk dienen voor vergelijkbare situaties en zo worden opgenomen in de regionale energiestrategieën.

2.3.2 Doelstellingen casus: Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel

De doelstelling van deze specifieke casus is om de technische en financiële haalbaarheid inzichtelijk te maken voor de belanghebbenden. Dit zijn in directe zin de gemeente en de projectontwikkelaar(s). Anderzijds is dit de UvW die in dit specifieke geval de haalbaarheid van een WKO + TEO systeem in combinatie met nieuwbouw aan een rivier wil onderzoeken.

2.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 1 is de samenvatting van dit rapport gegeven. Hoofdstuk 2 beschrijft de achtergrond en doelstellingen van de business case, het plan van aanpak om van een kansrijke locatie tot een TEO project te komen. Hoofdstuk 3 geeft de inventarisatie van het project weer. In dit hoofdstuk worden alle belangrijke gegevens benodigd voor de business case beschreven. De energetische, technische en financiële uitwerking van de business case en de maatschappelijke baten worden gepresenteerd in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden de conclusies en aanbevelingen gedaan. In bijlage 1 is een uitgebreide omschrijving te vinden van TEO en de Smart polder concepten.

3 Inventarisatie

3.1 STAKEHOLDERANALYSE

Gebouweigenaren, VvE en -ontwikkelaars
Het is belangrijk dat de manier en inpassing van warmtelevering overeenkomt met de wensen en eisen van de gebouweigenaren. Projectontwikkelaar Synchroon is verantwoordelijk voor de ontwikkeling van het project Zelling Onderneming

Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard
Het waterschap is verantwoordelijk voor het kwalitatieve en kwantitatieve beheer van het regionale oppervlaktewater. Voor het brengen van water in of het onttrekken van water uit een oppervlaktewaterlichaam is het waterschap bevoegd gezag voor eventuele vergunningverlening. Het waterschap is daarnaast bevoegd gezag van de primaire waterkering die grenst aan de Hollandsche IJssel.

Rijkswaterstaat
Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het beheer en de ontwikkeling van de hoofdwegen, hoofdvaarwegen en hoofdwatersystemen, waar de rivier de Hollandsche IJssel onder valt. Voor het brengen van water in of het onttrekken van water uit het oppervlaktewaterlichaam is Rijkswaterstaat bevoegd gezag voor vergunningverlening.

Provincie Zuid-Holland
De gedeputeerde staten van de provincie Zuid-Holland is volgens artikel 6.4 van de Waterwet bevoegd gezag voor grondwateronttrekkingen en infiltraties ten behoeve van bodemenergiesystemen, zoals warmte- en koude opslagsystemen.

Gemeente Zuidplas
De gemeente Zuidplas is eigenaar en bevoegd gezag van de openbare ruimte. Bij de realisatie van het project zijn voorzieningen in de openbare ruimte nodig (kabels, leidingen, inlaat en uitlaatwerk en bronnen), waar de gemeente bevoegd gezag is.

Unie van Waterschappen
De Unie van Waterschappen is de opdrachtgever van de huidige business case. Het doel is om TEO op te nemen in de regionale energiestrategie als alternatief voor aardgasloze duurzame oplossing.

3.2 KENMERKEN GEBIED EN GEBOUWEN

Gebied
Het project Zelling Onderneming is een nieuw te bouwen woonwijk in Nieuwerkerk aan den IJssel, gelegen aan de Hollandsche IJssel (zie Figuur 3.1). Voor de herontwikkeling worden hoge ambities op het gebied van duurzaamheid behaald. De nieuwe wijk wordt gasloos, de woningen worden all-electric en energieneutraal gebouwd. Dit past bij de duurzaamheidsambities die de gemeenteraad van Zuidplas in de motie van 4 juli 2017 heeft vastgelegd in relatie tot ruimtelijke plannen (bron: Nota van uitgangspunten Zelling Onderneming - versie definitief/vastgesteld, 10 oktober 2017).



Figuur 3.1 | Plattegrond project Zelling Onderneming met binnen de groene polygoon het plangebied. Bron: Nieuwerkerk a/d IJssel Zelling Onderneming - Schetsontwerp - 06 juli 2017.

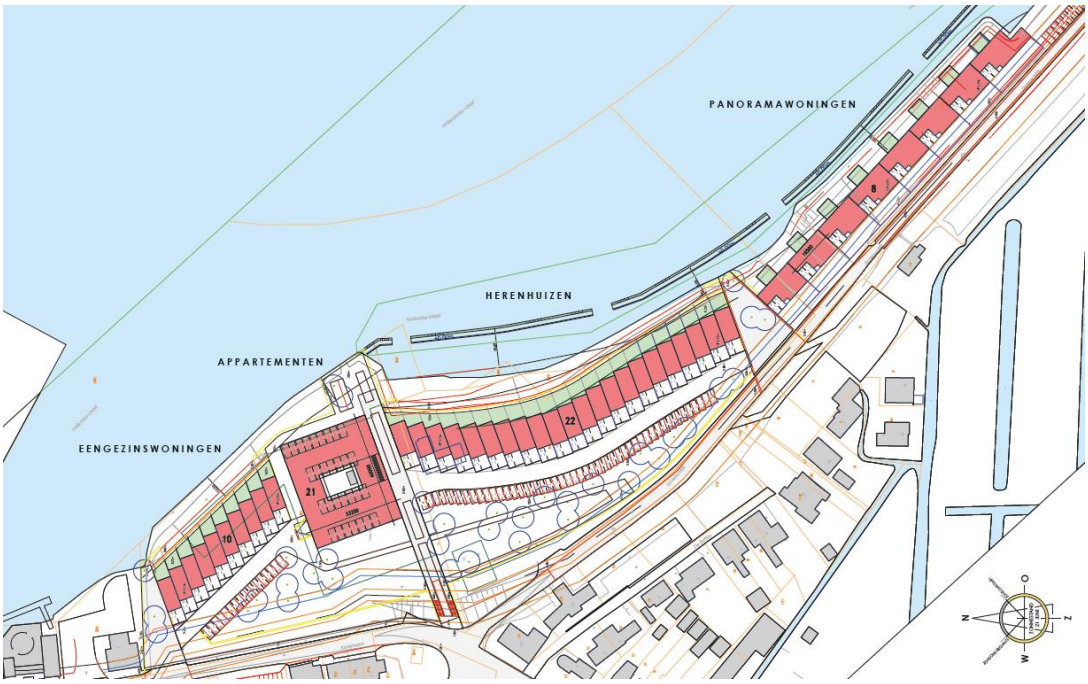
Gebouwen

De mix van gebouwen die bestudeerd zijn in deze casus kunnen allen worden getypeerd als nieuwbouw. Een verdeling van de type woningen en de eigenschappen is weergegeven in Tabel 3.1 (Synchroon B.V., persoonlijke communicatie, 12 februari 2018). De verdeling en de locatie van de woningen voor Zelling Onderneming zijn weergegeven in Figuur 3.2.

De woningen worden conform uitgangspunt BENG gebouwd. De warmte- en koudevraag voor de woningen is bepaald op basis van de Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving (UMGO). De verdeling van de warmte- en koudevraag is opgenomen in Tabel 3.2. Daarbij is een uitsplitsing gemaakt in warmtelevering en warm tapwater voor de warmtevoorziening. De woningen worden ontwikkeld met veel glas, dat betekent dat koeling een belangrijke voorziening is.

Tabel 3.1 | Type woningen Zelling Onderneming beschouwd in de huidige business case (bron: Synchroon B.V., persoonlijke communicatie, 12 februari 2018).

Type woning	GO [m²]	Bouwjaar	Aantal woningen
Panorama villa	176,3	2019/2020	8
Panorama woning - herenhuizen	159,6	2019/2020	22
Panorama woning - eengezinswoningen	142,8	2019/2020	10
Appartement	126,7	2019/2020	21
Totaal			**61**



Figuur 3.2 | Locatie en verdeling woningen en appartementen beschouwd in deze studie (bron: Synchroon B.V., persoonlijke communicatie, 12 februari 2018).

Tabel 3.2 | Warmte- en koudevraag woningen Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel.

Energiestromen					
Type woning	EPC	Ruimteverwarming [kWh/jaar]	Warm tapwater [kWh/jaar]	Warmte totaal [kWh/jaar]	Koude [kWh/jaar]
Panorama villa	BENG	24.541	17.912	42.453	9.591
Panorama woning - herenhuizen	BENG	34.314	55.445	89.759	10.853
Panorama woning - eengezinswoningen	BENG	14.937	22.362	37.299	4.570
Appartement	BENG	25.277	32.727	58.003	21.286
Totaal		99.068	128.446	**227.515**	**46.299**

Systeemconcept energielevering gebouwen
Voor de opwekking van warmte wordt gebruik gemaakt van een elektrische warmtepomp. De warmtepomp is aangesloten op een WKO + TEO systeem. De koude wordt geleverd vanuit de koude bron van het WKO systeem. Het werkingsprincipe van een WKO systeem is beschreven in Bijlage 1.

In de huidige studie zijn twee concepten doorgerekend:
1 **WKO + TEO decentraal:** De warmte vanuit het oppervlaktewater of warmte en koude vanuit het WKO systeem wordt via een 2-pijps leiding gedistribueerd over het gebied naar de woningen. De warmteoverdracht vindt plaats via een warmtewisselaar, zodat het oppervlaktewater, het WKO grondwater en het water in het distributienetwerk niet met elkaar kunnen mengen. De grondgebonden woningen zijn voorzien van een individuele warmtepomp. Het appartementencomplex heeft een centrale warmtepomp.
2 **Referentie decentraal:** de woningen zijn individueel aangesloten op een gasketel (warmtevoorziening) voor ruimteverwarming en warm tapwater en koelmachine (koudevoorziening).

3.3 KENMERKEN WATERSYSTEEM

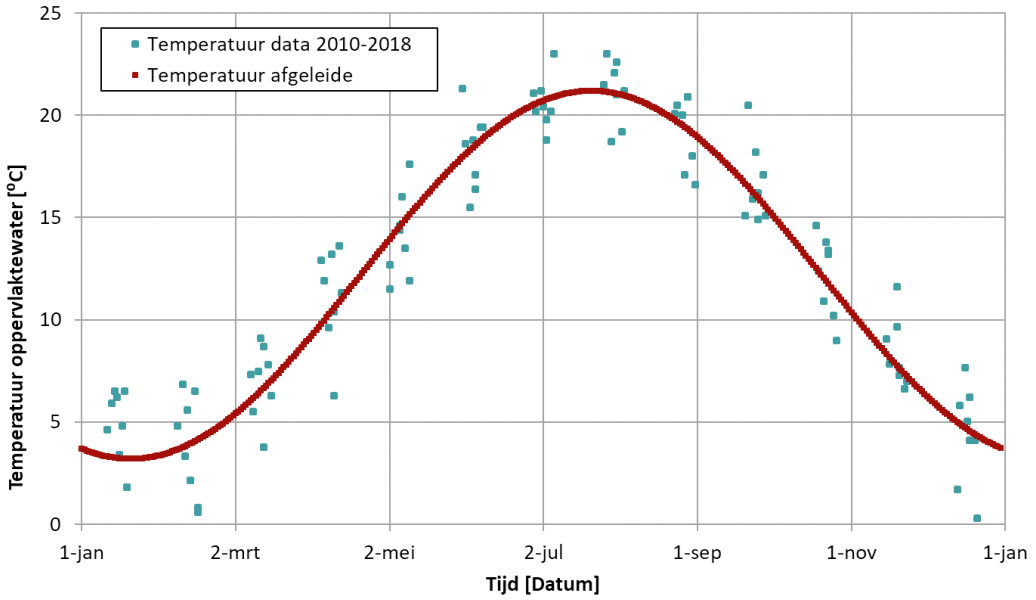
Om te kunnen beoordelen of een TEO systeem haalbaar is, zijn de gegevens van het aanwezige oppervlaktewater belangrijk. Hiermee kan een inschatting worden gemaakt van de hoeveelheid energie die onttrokken kan worden. Verder kan de minimale afstand tussen het onttrekkings- en lozingspunt berekend worden. Uiteindelijk kan met deze gegevens een inschatting worden gemaakt van de investeringskosten van het TEO systeem.

Afmetingen en debieten oppervlaktewater
Het oppervlaktewater dat gebruikt kan worden voor het TEO systeem is het water uit de Hollandsche IJssel (zie Figuur 3.1). De aangenomen gemiddelde breedte en diepte van de Hollandsche IJssel ter hoogte van het projectgebied Zelling Onderneming in de verkennende business case is:
- Breedte: ~100 m
- Diepte: ~4 m

Het is belangrijk dat het TEO systeem dusdanig wordt ontworpen dat thermische interferentie tussen het onttrekkings- en lozingspunt wordt geminimaliseerd. De Hollandsche IJssel kan worden gekenmerkt als een getijrivier. Dit betekent dat de stroomsnelheid zowel positief als negatief kan zijn. Bij negatieve stroming kan koeler geloosd water weer worden onttrokken bij het onttrekkingspunt. Dit is nadelig voor de efficiëntie van het systeem. In een verdiepingsfase zal moeten worden uitgezocht wat het effect is van terugstroming van gekoeld water. Een oplossing zou kunnen zijn onttrekking te plannen op momenten van positieve stroming en dat het systeem stil staat bij negatieve stroming is. Het effect kan zijn dat het benodigd ontwerpdebiet van het onttrekkingssysteem groter wordt, maar dat het onttrekkings- en lozingspunt dichter bij elkaar geplaatst kunnen worden. Een andere optie is actief wisselen van ontrekkings- en lozingspunt. Echter in het huidige systeem worden geen problemen voorzien. Belangrijke variabelen bij thermische interferentie zijn naast stroomsnelheid en onttrekkingsdebiet, ook diepte en breedte van het oppervlaktewater. Sinds de Hollandsche IJssel relatief groot is en het onttrekkingsdebiet laag zal thermische interferentie niet snel plaatsvinden. Aanvullend zorgt de turbulente stroming van een rivier ook voor menging van gekoeld water met warmer water.

Temperatuur oppervlaktewater

De temperatuur van het oppervlaktewater in de Hollandsche IJssel is gegeven in Figuur 3.3. De temperatuur data zijn verzamelde oppervlaktewater temperatuur van 2010 – 2018 5 km stroomopwaarts van het projectgebied Zelling Onderneming ter hoogte van de Voorhaven in Gouda. Deze temperatuur wordt representatief ingeschat voor het oppervlaktewater ter hoogte van Zelling Onderneming. De temperatuur afgeleide wordt gebruikt in de energetische analyse om het moment van laden (oppervlaktewater onttrekken) en de hoeveelheid energie die geladen kan worden te bepalen.



Figuur 3.3 | Aanname temperatuur oppervlaktewater Hollandsche IJssel. De temperatuur data bevat temperaturen van het water in de Hollandsche IJssel in de periode 2010 - 2018 op de locatie Voorhaven in Gouda. Dit is 5 km stroomopwaarts vanaf het projectgebied Zelling Onderneming (bron: Rijkswaterstaat, http://live.waterbase.nl/waterbase_wns.cfm?taal=nl).

Juridisch

Bij het gebruik van oppervlaktewater voor de levering van energie, het onttrekken en lozen van oppervlaktewater geldt een vergunningplicht, meldplicht en/of zorgplicht bij Rijkswaterstaat in het kader van het Artikel 6.16 van de Waterregeling en artikel 6.18 van het Waterbesluit. Sinds de onttrokken hoeveelheid en de geloosde hoeveelheid ruim onder de grens voor vergunningplicht blijft, geldt alleen meldplicht en zorgplicht. De oever van de Hollandsche IJssel is een primaire waterkering met een kernzone waterkering en beschermingszone. Doorvoeren en de aanleg van leidingen in de oever zal moeten worden afgestemd met het bevoegd gezag, hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Op voorhand kan niet met zekerheid worden gezegd dat het systeem zal worden vergund, maar ervaring leert dat een vergunning in goed overleg mogelijk is. Wel zijn er vaak maatwerkvoorschriften die randvoorwaarden vormen voor het ontwerp van onder andere de in- en uitlaat.

3.4 KENMERKEN BODEM

3.4.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw in de directe omgeving van de projectlocatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOloket;
- Boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen.

De bodem op de projectlocatie in de gemeente Zuidplas is geschematiseerd in een aantal watervoerende pakketten en scheidende lagen. De verwachte bodemopbouw op de locatie is weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.3 | Bodemopbouw op de projectlocatie Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel.

diepte [m-mv]	lithologie	geohydrologie
0 - 10	klei, veen, zeer fijn zand	deklaag
10 - 35	grof tot uiterst grof zand	1e watervoerend pakket
35 - 50	klei met zeer fijn tot matig grof siltig zand	1e scheidende laag
50 - 110	zeer fijn tot matig grof zand met enkele kleilagen	2e watervoerende pakket
110 - 240	matig fijn tot zeer grof zand met enkele kleilagen	3e watervoerende pakket
> 240	klei en fijn zand	hydrologische basis

Zowel het 2e als het 3e watervoerende pakket is geschikt voor de toepassing van een monobron met een debiet van 20 m^3/h. Het is onduidelijk of beide pakketten technisch en juridisch gezien gecombineerd kunnen worden en als gecombineerd pakket gebruikt kunnen worden voor de toepassing van een monobron. Indien dit gewenst is, wordt geadviseerd hier in een vervolgtraject onderzoek naar uit te voeren.

3.4.2 Geohydrologie

In Tabel 3.4 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een bodemenergiesysteem in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten/risico's of belemmeringen nader toegelicht.

1 Zoet-/zoutovergangen

Het zoet-/brak- en het brak-/zoutgrensvlak bevinden zich in het 2e watervoerende pakket. Verzilting van het grondwater is in principe niet toegestaan. Vanwege de diepteligging van de grensvlakken wordt verzilting wel verwacht. Aangezien het geen winbaar zoet grondwater bevat, vormt dit mogelijk geen belemmering.

Het mengen van grondwater met verschil in waterkwaliteit kan daarnaast een technisch risico vormen voor het in gebruik hebben van een WKO-bodemenergiesysteem. Indien er gebruik wordt gemaakt van het 2e watervoerende pakket wordt geadviseerd vervolgonderzoek uit te voeren naar de waterkwaliteit in dit pakket. Dit kan door middel van een interpretatie aan de hand van beschikbare grondwateranalyses.

2 Grondwatergebruikers en gesloten bodemenergiesystemen

Op circa 1 km ten westen van de locatie is een WKO-bodemenergiesysteem (monobron) gerealiseerd voor het project de Meander te Nieuwerkerk aan den IJssel. Er is een vergunning

verleend voor een capaciteit van maximaal 33 m^3/h en 65.000 m^3 per jaar in het 2e watervoerende pakket.
Op circa 300 m ten oosten van de locatie zijn twee gesloten bodemenergiesystemen aanwezig. Met beide belangen dient rekening te worden gehouden bij de realisatie en het in werking hebben van het beoogde WKO systeem. Er mag geen negatieve invloed op de reeds bestaande systemen uitgeoefend worden.

Tabel 3.4 | Technische en juridische aspecten bodemenergiesysteem voor projectlocatie Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel.

onderwerp			toelichting
bodemopbouw			
doorlaatvermogen	✓		geschikt
dikte pakket	✓		voldoende dik
grondwater			
grondwaterstand	✓		dieper dan 1 m-mv
stijghoogte 2e en 3e watervoerende pakket	✓		geen risico op artesisch grondwater
grondwaterstroming	✓		5 m/jaar in noordwestelijke richting
zoet/brak/zout-overgangen	!	1	zoet-/brakgrensvlak: circa 20 m-mv, brak-/zoutgrensvlak: circa 60 m-mv, beïnvloeding grensvlakken verwacht
gas	✓		geen afwijkende gasdruk
deeltjes	✓		geen verhoogd risico op deeltjes
redox	✓		geen redoxovergang in opslagpakket
temperatuur opslagpakket	✓		11,5 °C (50 m-mv) tot 14 °C (200 m-mv)
vergunbaarheid			
bodemenergieplan	✓		niet gelegen in bodemenergieplan of interferentiegebied
grondwatergebruikers	!	2	WKO-systeem aanwezig op ca 1 km afstand
gesloten bodemenergiesystemen	!	2	twee gesloten bodemenergiesystemen aanwezig op ca 300 m afstand
zettingen	✓		noemenswaardige zetting wordt niet verwacht
grondwaterbescherming	✓		niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	✓		geen beschermde natuur aanwezig
archeologie/aardkundig waardevol gebied	!		gelegen in een gebied met een redelijke tot hoge trefkans op archeologische sporen, mogelijk vergunning of aanvullend onderzoek nodig
verontreinigingen	!	3	meerdere verontreinigingen aanwezig nabij locatie (voormalige stortplaatsen)
waterkering	!	4	locatie deels gelegen in buitenbeschermingszone en beschermingszone waterkering
aanwezigheid spoor of begraafplaats	✓		geen spoor of begraafplaats aanwezig binnen circa 250 m

✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt ! aandachtspunt of risico ✗ hoog risico of belemmering

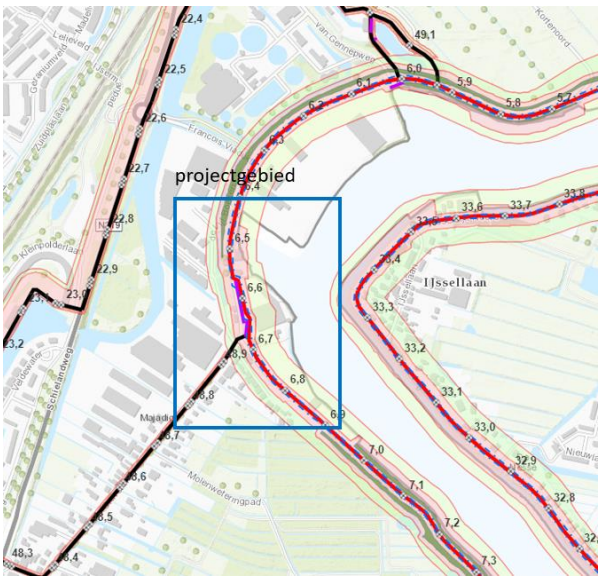
3 Verontreinigingen

Verontreinigingen mogen niet worden verplaatst door de realisatie of exploitatie van een WKO systeem. Er zijn meerdere verontreinigingen en saneringsactiviteiten bekend in en nabij het projectgebied.
In het projectgebied betreft dit Groenendijk 2 - 18. Diverse onderzoeken zijn hier uitgevoerd en er moet gestart worden met sanering van de zelling. Nabij het projectgebied is een verontreiniging aanwezig bij Kortenoord 19 - 23. Dit is een voormalige stortplaats en betonmortelcentrale. Er is reeds een saneringsplan opgesteld voor dit gebied. Ten westen van

het projectgebied bevinden zich meerdere locaties die nog onderzocht moeten worden. Er is veel bedrijvigheid geweest in dit gebied en er zijn mogelijk bodem - en/of grondwaterverontreinigingen aanwezig. Het wordt aangeraden uitvoeriger onderzoek te verrichten naar de verontreinigingssituatie op de projectlocatie. Dit vormt een aandachtspunt maar geen belemmering.

4 Waterkering

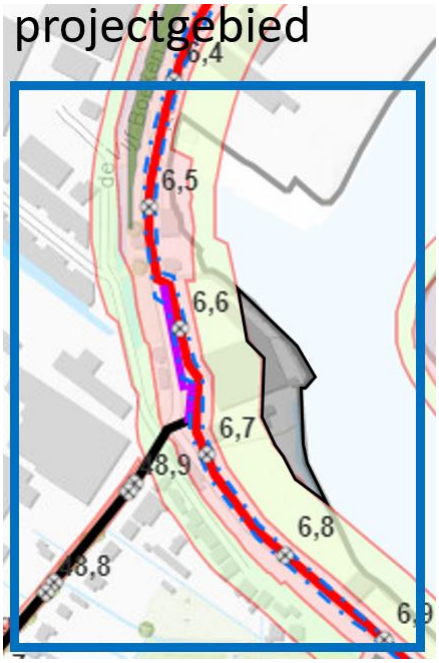
De locatie ligt deels binnen de kernzone waterkering en beschermingszone waterkering (zie Figuur 3.4). Voor werkzaamheden binnen de beschermingszone en kernzone waterkering zijn algemene regels opgesteld. Voor het realiseren en exploiteren van een bodemenergiesysteem is een watervergunning benodigd binnen de kernzone en beschermingszone. De waterkering vormt geen belemmering voor het in gebruik hebben van een WKO-bodemenergiesysteem.



Figuur 3.4 | Projectgebied en waterkering. Geel/groene gebied is een beschermingszone. Het rode gebied/lijn is een kernzone waterkering.

3.4.3 Concept

Het beoogde debiet is circa 20 m³/h. Dit debiet kan met een monobron gerealiseerd worden. Het wordt aangeraden om de bron te realiseren buiten de beschermingszone en kernzone van de waterkering. In dat geval blijft het gebied zoals in Figuur 3.5 geïllustreerd over als zoekgebied.



Figuur 3.5 | Projectgebied en waterkering. Het zwart/grijze polygoon geeft het aanbevolen zoekgebied voor een monobron weer.

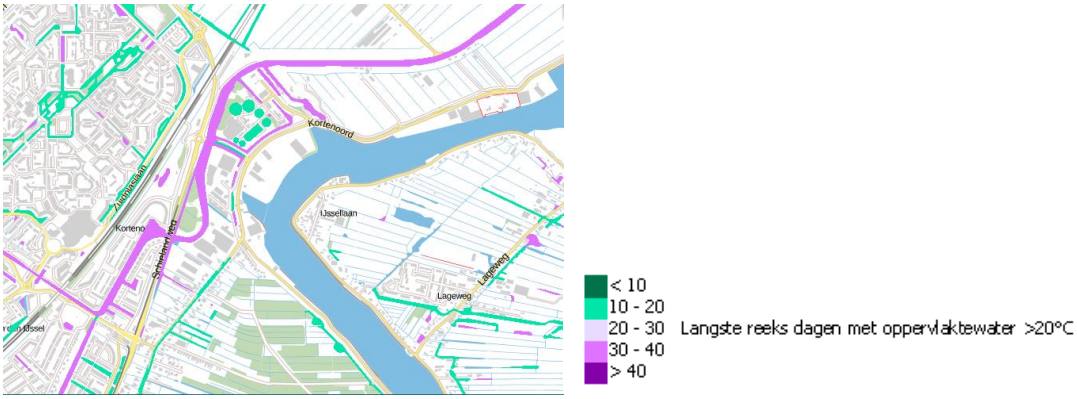
3.5 KLIMAATADAPTIE

Het klimaat warmt op en veel van de sinds de jaren vijftig waargenomen veranderingen in het klimaatsysteem zijn in de afgelopen honderden tot duizenden jaren niet eerder voorgekomen. De concentratie van broeikasgassen is toegenomen, de atmosfeer en de oceanen zijn opgewarmd, de hoeveelheid sneeuw en ijs is afgenomen en de zeespiegel is gestegen. Nederland en omringende landen zijn tweemaal zo snel opgewarmd als gemiddeld op aarde en ook is het hier meer en extremer gaan regenen. Zowel mondiaal als voor Nederland was er in het jaar 2016 een warmte record. Het KNMI heeft klimaatscenario's opgesteld voor de temperatuursverhoging in 2050. Door klimaatverandering zullen er meer warme zomers voorkomen. De zomer krijgt meer tropische nachten, met een minimumtemperatuur van 20°C of hoger, en meer zomerse dagen, met een maximumtemperatuur van 25°C of hoger. Hierdoor zal het aantal locaties met problematische blauwalgenbloei en de duur van blauwalgenbloei toenemen (bron: KNMI, 2015). Ook gedijen ongewenste exotische planten en dieren, ziekteverwekkers- en verspreiders beter.

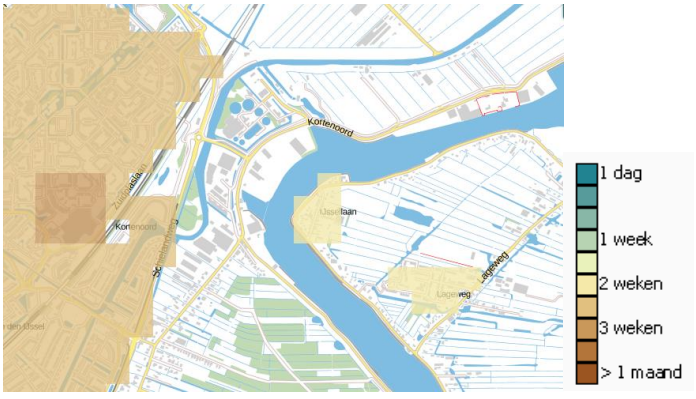
Door het verharde oppervlak en de gebouwen in stedelijk gebied in combinatie met eventueel stilstaand water wordt deze warmte extra vastgehouden en ontstaan hitte-eilanden. Deze hitte-eilanden hebben een negatief effect op de waterkwaliteit. In de Klimaateffectatlas zijn deze effecten te zien middels de hittekaart. Momenteel zijn er in de Klimaateffectatlas effecten te zien voor het gebied rondom Zelling Onderneming (zie Figuur 3.6, Figuur 3.7 en Figuur 3.8). De Hollandsche IJssel laat geen risico opwarming oppervlaktewater zien in Figuur 3.6. Het regionale oppervlaktewater de Ringvaart Zuidplaspolder daarentegen wel, dit geeft aan dat tussen de 30 - 40 aaneengesloten dagen de temperatuur boven de 20 °C uitkomt in 2050. In Figuur 3.7 geven de kleuren een indicatie van de hittestress (aantal tropische nachten per jaar > 20 °C). In Figuur 3.8 is het risico opwarming oppervlaktewater en hittestress door warme nachten gecombineerd. In deze figuren is een duidelijke afhankelijkheid van bebouwing en hittestress te zien. In de richting van

het centrum van Nieuwerkerk aan den IJssel (ten oosten van Zelling Onderneming) is de hittestress aanwezig. Hittestress kan bij kwetsbare groepen leiden tot meer arbeidsuitval, een toename van ziektes en vervroegde sterfte (bron: Klimaateffectatlas).

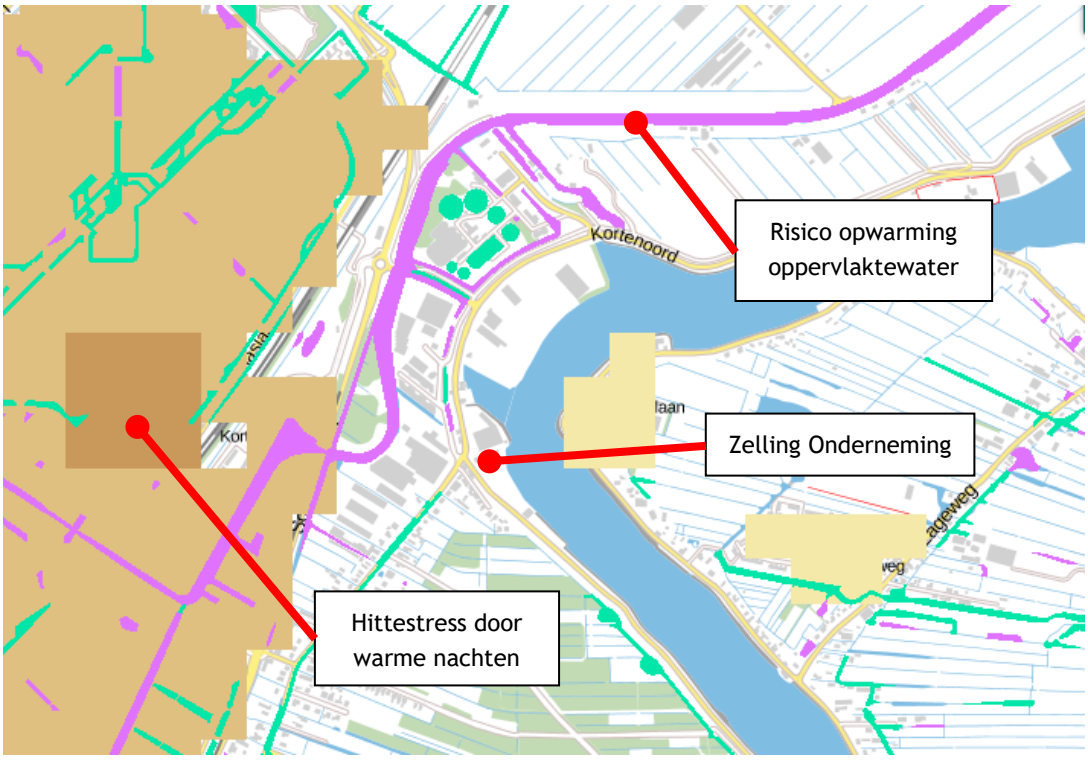
Het onttrekken van warmte uit oppervlaktewater heeft een verkoelend effect op het lokale klimaat. Hiermee zal het oppervlaktewater minder of geen warmte uitstraling meer hebben naar de omgeving en wordt verslechtering van de waterkwaliteit door het stedelijk hitte-eiland effect beperkt. Daarnaast kan het aanbieden van duurzame koeling met grondwater voor een directe warmte emissiereductie zorgen ten opzichte van traditionele koelers (compressiekoelmachine), waarmee extra hittestress wordt voorkomen.



Figuur 3.6 | Hittekaart van het gebied rondom Zelling Onderneming met risico opwarming oppervlaktewater in de zomer. Het is te zien dat er voor de Hollandsche IJssel geen risico wordt ingeschat. Het regionale oppervlaktewater daarentegen heeft wel een verhoogd risico. De kaart toont een inschatting van de langste aaneengesloten periode van dagen per jaar waarin de watertemperatuur hoger is dan 20 °C in 2050. De klimaatverandering is gebaseerd op het WH-scenario voor 2050. Bron: Klimaateffectatlas. Verkregen op 22 februari, 2018 van http://www.klimaateffectatlas.nl.



Figuur 3.7 | Hittekaart van het gebied rondom Zelling Onderneming met hittestress door warme nachten. Tijdens een warme nacht daalt de temperatuur niet onder de 20 °C. De kaart toont een inschatting van het aantal dagen per jaar waarin de nachttemperatuur hoger is dan 20 °C in 2050. De klimaatverandering is gebaseerd op het WH-scenario voor 2050. Bron: Klimaateffectatlas. Verkregen op 19 januari, 2018 van http://www.klimaateffectatlas.nl.



Figuur 3.8 | Hittekaart van gebied rondom Zelling Onderneming met risico opwarming oppervlaktewater en hittestress door warme nachten in 2050. De klimaatverandering is gebaseerd op het WH-scenario voor 2050. Bron: Klimaateffectatlas. Verkregen op 4 januari, 2018 van http://www.klimaateffectatlas.nl.

3.6 OMGEVINGSBELANGEN

3.6.1 Juridische belangen

Voor het realiseren van de energievoorzieningen dienen diverse aspecten juridisch te worden geborgd.

Vergunningen

De benodigde vergunningen voor het onttrekken van bodemenergie (vergunning Waterwet, lozingsvergunning) dienen te worden aangevraagd. Hierbij worden geen (significante) knelpunten voorzien. Voor het onttrekken en terugbrengen van water aan de Hollandsche IJssel is geen vergunning vereist. Wel geldt er een meldplicht en een zorgplicht bij het bevoegd gezag Rijkswaterstaat. Voor het aanleggen van een WKO + TEO systeem in een primaire waterkering is een watervergunning in het kader van de Waterwet verplicht. Het bevoegd gezag is het hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.

4 Business case

Aan de hand van de geïnventariseerde data, die zijn beschreven in hoofdstuk 3, is de business case (BC) doorgerekend. De BC is opgesplitst in drie onderdelen:

- energetisch concept;
- schetsontwerp van het systeem;
- financiële analyse.

Indien aannamen of kentallen gebruikt worden die niet afkomstig zijn uit hoofdstuk 3 zal dit expliciet vermeld worden.

4.1 ENERGIECONCEPTEN

Bij de toepassing van TEO zijn er globaal twee concepten mogelijk: warmte uit oppervlaktewater of koude uit oppervlaktewater (zie Bijlage 1). Afhankelijk van de randvoorwaarden binnen een project bepaalt het concept voor een groot deel de financiële, technische en juridische haalbaarheid. Belangrijke aspecten binnen een concept zijn:

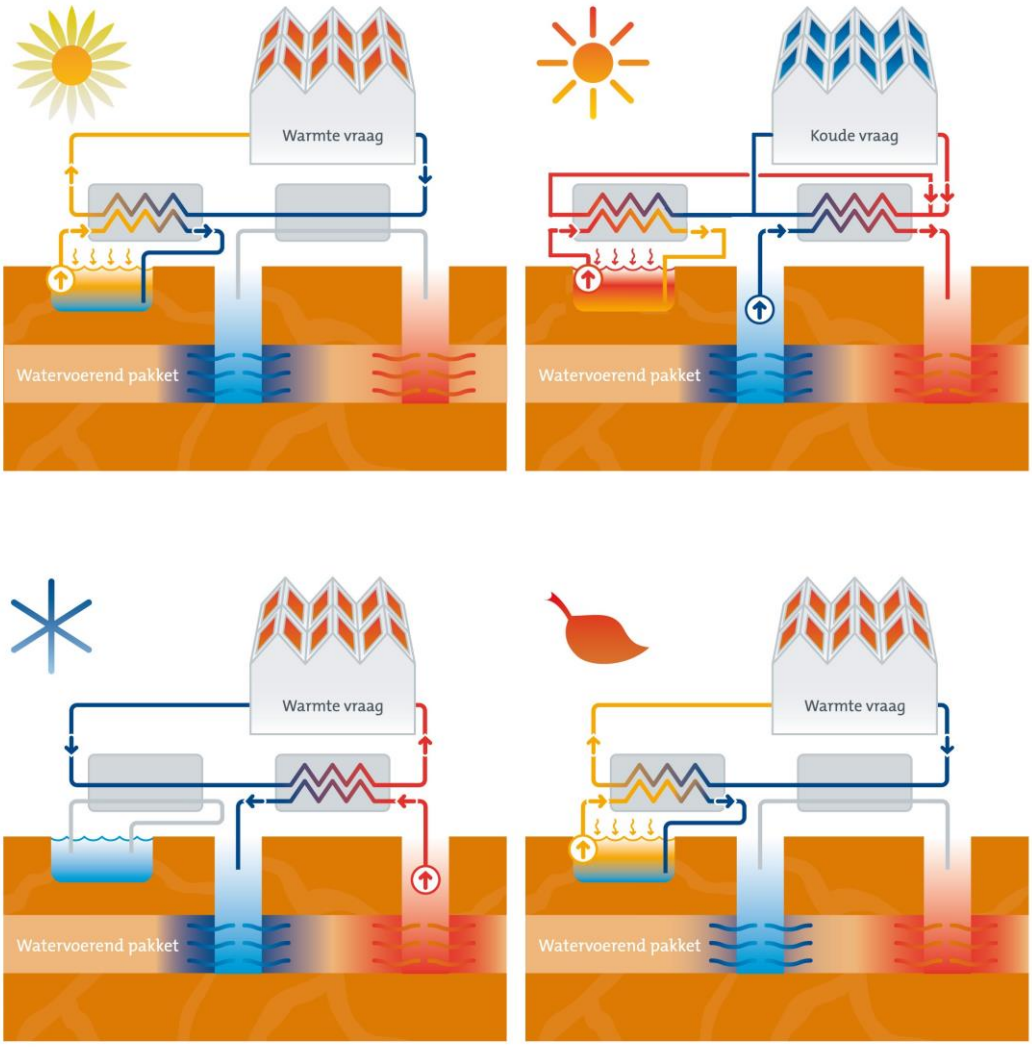
- energievraag (warmte en koude);
- afgiftesysteem;
- distributienet;
- tapwaterbereiding;
- geschiktheid bodem voor WKO;
- aanwezigheid van oppervlaktewater en/of kunstwerken;
- ruimtegebruik inpandig.

Systeemkeuze energievraag

De energievraag van de woningen voor het project Zelling Onderneming kenmerkt zich door een warmte- en koudevraag in de verhouding 3:1. Hierbij is het toepassen van warmte uit oppervlaktewater in combinatie met WKO een voor de hand liggende oplossing (zie Bijlage 1, Figuur 7.1). Bij de selectie van de locatie is aangenomen dat het oppervlaktewater de Hollandsche IJssel voldoende potentie biedt voor het winnen van warmte voor de locatie. De bodemcapaciteit is voldoende voor het toepassen van WKO (zie paragraaf 3.4). In Figuur 4.1 is het globale principe van de energiestromen in de verschillende seizoenen weergegeven.

Door in het voorjaar en najaar ook direct warmte te winnen kan optimaal gebruik gemaakt worden van het potentieel van het oppervlaktewater. Door de combinatie met WKO kan ook duurzame koeling worden geleverd voor de woningen indien dat nodig is. De koeling kan rechtstreeks worden geleverd door middel van vloerkoeling of via een luchtbehandelingskast (LBK).

Er dient ruimte vrijgemaakt te worden voor een WKO + TEO systeem en het bijbehorende leidingwerk in de openbare ruimte. Tevens dienen de systemen op een strategische plek t.o.v. elkaar geplaatst te worden om de kosten van het leidingwerk zoveel mogelijk te verlagen.



Figuur 4.1 | Inzet TEO voor de energievoorziening in de 4 seizoenen. Met de klok mee: lente, zomer, herfst en winter.

Systeemkeuze gebouwinstallatie: monovalent

Een andere belangrijke keuze is het type gebouwinstallatie waarmee de hoogwaardige warmte wordt geproduceerd. De belangrijkste twee installaties zijn:

- monovalent (warmtelevering 100% met warmtepompen, all-electric);
- bivalent (warmtelevering met warmtepompen en piekketels op aardgas).

In Bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van de overwegingen die spelen bij het maken van deze keuze. Het gaat hierbij om overwegingen op het gebied van:

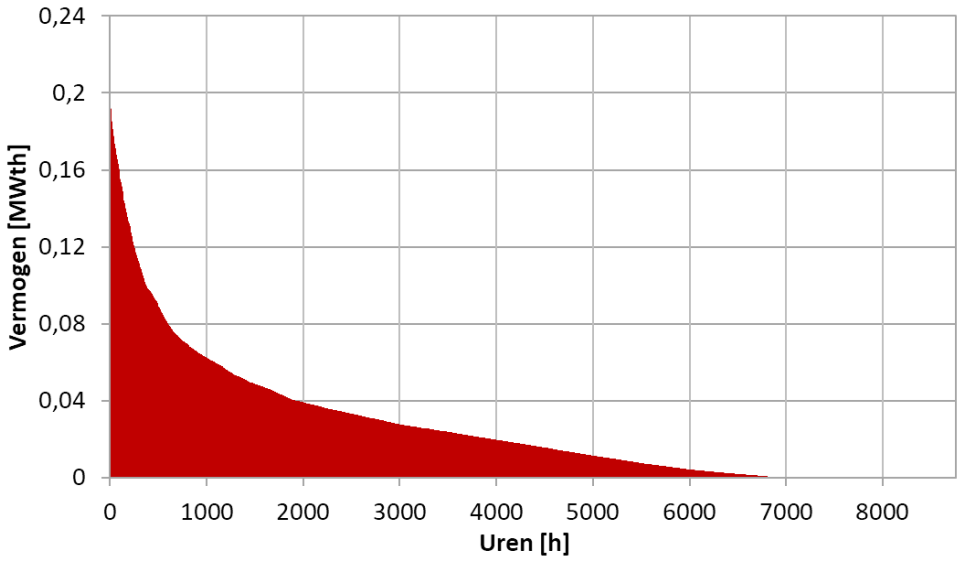
- duurzaamheid;
- financiën;
- leveringszekerheid;
- inpassing.

Bij de woningen voor het project Zelling Onderneming is het de wens om een aardgasloze klimatisering te realiseren. Om die reden wordt als systeemconcept gekozen voor een monovalent opwekkingssysteem. Vanuit duurzaamheidoverwegingen heeft dit systeem ook de voorkeur. De CO_2-emissiereductie is bij een monovalent systeem maximaal als er gebruik wordt gemaakt van groene stroom. De opgave is om vervolgens een systeem te ontwerpen dat voor de overige parameters voldoet aan de haalbaarheidsnormen.

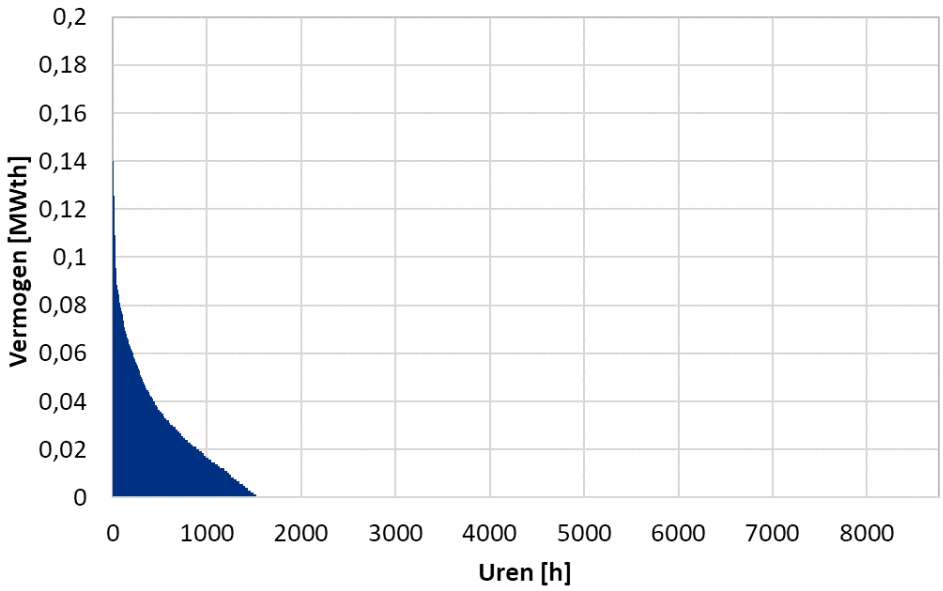
Uitwerking en resultaten energieconcept

In paragraaf 3.2 is een inventarisatie gemaakt van de energievraag voor warmte en koude voor Zelling Onderneming. Om een nauwkeurige analyse te kunnen maken van het totale energieconcept zijn de uitgangspunten voor warmte en koude geschaald naar een bestaande warmtevraag voor een soortgelijke mix van gebouwen met een vergelijkbare functie (bron: IF Technology (2017), niet publiekelijk toegankelijk). Op deze manier kan een bepaalde warmte- en koudevraag gedurende het jaar gekoppeld worden aan de data van het oppervlaktewater. De jaarbelastingduurcurve die hieruit voortvloeit voor de warmte- en koude vraag is gepresenteerd in Figuur 4.2 en Figuur 4.4.

Door TEO toe te passen kan er een energiebalans gecreëerd worden voor het WKO systeem. Dit betekent dat er nagenoeg evenveel warmte geleverd wordt door de warme bron in de winter als dat er warmte geladen wordt in de warme bron tijdens de zomer. Om deze balans te creëren zijn het oppervlaktewater debiet en de minimale oppervlaktewater temperatuur waarbij TEO in werking treedt op elkaar afgestemd. Een aantal belangrijke input en output gegevens van het energieconcept zijn te zien in Tabel 4.1.



Figuur 4.2 | Jaarbelastingduurcurve verwachte warmtevraag voor Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel.



Figuur 4.3 | Jaarbelastingduurcurve verwachte koudevraag voor Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel.

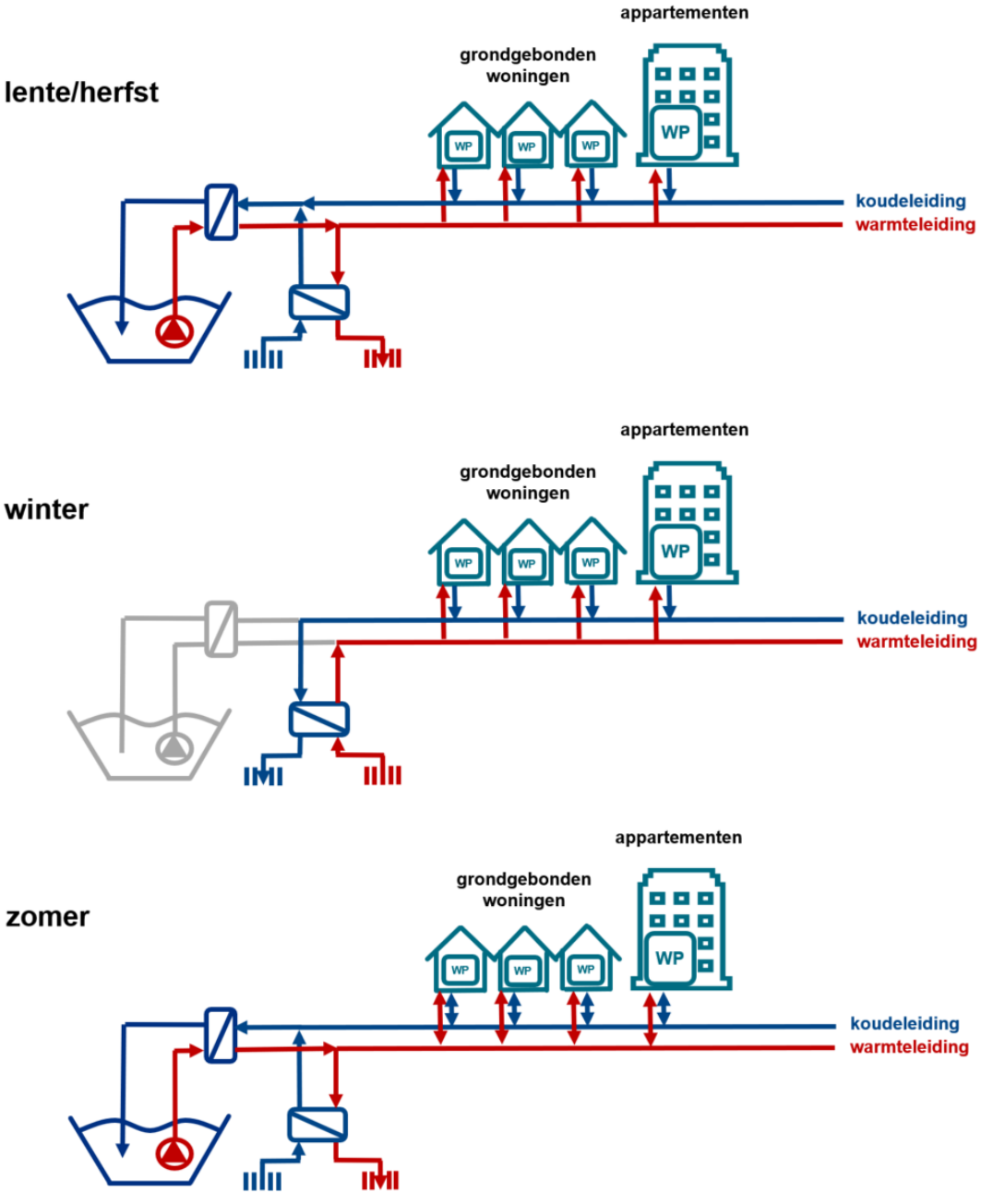
Tabel 4.1 | Input en output parameters van het energetische concept voor Zelling Onderneming.

Input parameters	Eenheid	Waarde
Minimale uitkoeling oppervlaktewater	°C	3,0
Maximale uitkoeling oppervlaktewater	°C	6,0
Minimale lozingstemperatuur	°C	12,0
Minimale onttrekkingstemperatuur	°C	15,0
Infiltratietemperatuur koude	°C	7,0
Aanvoertemperatuur gebouwzijdig	°C	40,0
Output parameters	**Eenheid**	**Waarde**
Maximale COP	-	5,7
Seasonal Performance Factor (SPF)	-	4,9
Maximaal debiet oppervlaktewater	m^3/h	10
Maximaal debiet WKO	m^3/h	20
Gemiddelde infiltratietemperatuur warmte	°C	17,7

De maximaal benodigde debieten zijn belangrijk om het systeem te dimensioneren en om zo de investeringskosten te kunnen ramen. In Figuur 4.4 is het TEO systeem in een schematisch principeschema gepresenteerd gedurende de winter, zomer, herfst en lente. De overgang van winter naar zomer en van zomer naar winter configuratie is afhankelijk van de warmtevraag en de temperatuur van het oppervlaktewater. Er moet expliciet vermeld worden dat de aangegeven jaargetijden niet overeen hoeven te komen met de meteorologische seizoenen. In dit geval zijn de seizoenen indicatief en afhankelijk van de oppervlaktewater temperatuur. In de volgende twee paragrafen worden deze gegevens gebruikt voor het schetsontwerp en de financiële analyse.

Elke woning zal een afgifteset voor ruimteverwarming en warm tapwater bereiding in de woning hebben. Er wordt aangenomen in de huidige studie dat warm tapwater op minimaal 50 °C geleverd

wordt, de temperatuur is afhankelijk van legionella preventie en de geschiktheid van het water voor huishoudelijke apparaten.



Figuur 4.4 | Principeschema TEO systeem in de winter, zomer, lente en herfst (Grijs = niet in bedrijf). Winter: het TEO systeem is uitgeschakeld in dit concept (grijs), omdat er een overwegende warmtevraag is. Er wordt geen koude geleverd aan de woningen (grijs). Het WKO systeem levert de warmte uit de warme bron, die opgewaardeerd wordt in een warmtepomp (WP) in de woningen of het appartementencomplex. Zomer: het TEO systeem is ingeschakeld, warm water wordt aan de WP gevoed (rood) om warmte (rood) en warmtapwater (rood) te leveren. Daarnaast wordt de WKO bron geladen met warmte (rood) van het TEO systeem. De WKO levert koude aan de gebouwen (blauw). Lente/herfst: het TEO systeem en WKO systeem zijn werkzaam, maar er wordt geen koude geleverd.

4.2 SCHETSONTWERP

Voor realisatie van het systeem moeten onder meer de volgende onderdelen worden ingepast:

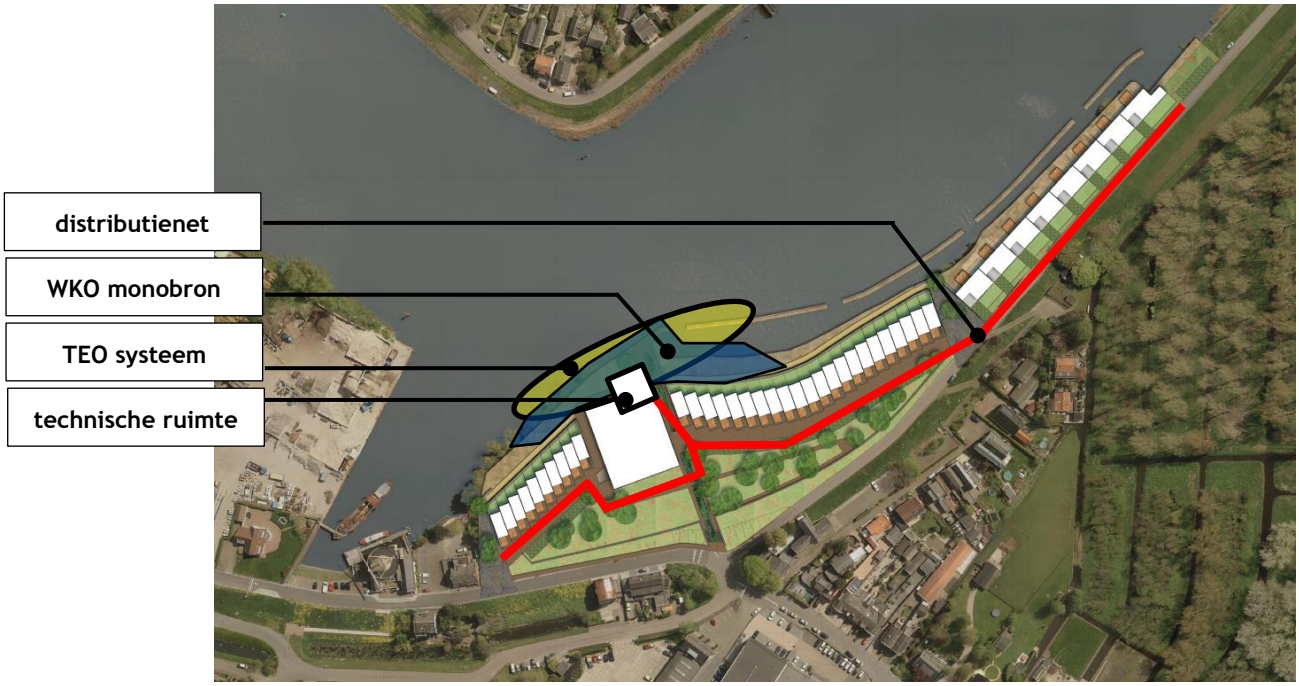
- in- en uitlaat oppervlaktewatersysteem (10 m^3/h);
- WKO monobron (20 m^3/h);
- technische ruimte (warmtewisselaars);
- 2-pijps distributieleidingen met warmte/koude aanvoer en retour woningen;
- distributieleidingen WKO systeem;
- distributieleidingen TEO systeem;
- aansluitleidingen ten behoeve van de aan te sluiten woningen.

Locatie en invoeging

Ter verduidelijking is het schetsontwerp, dat hieronder is beschreven, in Figuur 4.5 te zien. Het moet expliciet vermeld worden dat het schetsontwerp puur indicatief is om een inschatting van afstanden en kosten te kunnen maken. Het schetsontwerp is geenszins een definitief ontwerp:

- **In- en uitlaat oppervlaktewatersysteem:** deze komen bij voorkeur centraal in het gebied te liggen, zodat de kortste route naar het WKO systeem en de woningen kan worden gerealiseerd. De afstand tussen in- en uitlaat is afhankelijk van de stroomsnelheid en stroomrichting in de Hollandsche IJssel en de wensen met betrekking tot uitkoeling van de waterloop. In paragraaf 3.3 is aangenomen dat de stroming in de Hollandsche IJssel positief en negatief kan zijn. Met het verwachte onttrekkingsdebiet, de afmetingen van het water, de stroming en het temperatuurverschil tussen onttrekkings- en lozingspunt is een minimale afstand van 25 m berekend tussen onttrekkings- en lozingspunt. In Figuur 7.3 en Figuur 7.4 van Bijlage 1 zijn twee typen inlaatsystemen van een gerealiseerd TEO systeem te zien. De uitlaat bij het lozingspunt kan onzichtbaar worden afgewerkt in de kademuur of oever. Er worden speciale filters geplaatst om fauna te beschermen. Het leidingnet van het onttrekkingspunt naar de technische ruimte en van de technische ruimte naar het lozingspunt wordt gezien als onderdeel van het oppervlaktewatersysteem. De juridische en civieltechnische mogelijkheden en knelpunten voor plaatsen van de distributieleidingen dienen in detail te worden uitgezocht.
- **WKO monobron:** de WKO monobron dient afgestemd te worden op de warmtevraag in het gebied. Daarnaast is de afstand tussen de WKO en de technische ruimte geminimaliseerd om de kosten van het leidingwerk te kunnen reduceren.
- **Technische ruimte:** deze ruimte kan worden ondergebracht in een eigen ruimte of openbare ruimte. De technische ruimte kan bovengronds of ondergronds geplaatst worden. In dit specifieke geval is het wenselijk om de locatie van de technische ruimte, het TEO systeem en het WKO systeem afhankelijk van elkaar te maken om de kosten zoveel mogelijk te kunnen beperken. In de huidige business case is de locatie van de technische ruimte tussen het TEO en WKO systeem geplaatst. De locatie heeft effect op de business case, omdat het leidingwerk van en naar de technische ruimte een significante investeringspost is. De technische ruimte bevat in dit geval onder andere de warmtewisselaars. Echter kan de locatie van de warmtewisselaar om warmte tussen het water in het distributienet en oppervlaktewater uit te wisselen op verschillende plaatsen gerealiseerd worden. Dit zou eventueel ook direct bij het onttrekkingspunt en de WKO kunnen. Het wordt verwacht dat dit minimale invloed heeft op de kosten van het distributienet. Daarom is die keuze in deze business case achterwege gelaten.
- **Distributieleidingen warmte naar gebouwen:** (zie Figuur 4.5, rode leidingen) omdat er in het gebied meerdere afnemers van warmte zijn is er een distributieleiding nodig. Elke rode lijn bestaat uit 2 leidingen, warmteleiding en koudeleiding. Dit is nodig omdat de gebouwen een verschillende warmte- en koudevraag kunnen hebben.

- **Distributieleidingen WKO systeem:** (niet in Figuur 4.5) de transportleiding van het WKO systeem loopt tussen de monobron en de TR op de kortst mogelijke manier. De capaciteit van deze leidingen moet minimaal overeenkomen met de capaciteit van de WKO, namelijk 20 m^3/h.
- **Distributieleidingen TEO systeem:** (niet in Figuur 4.5) het distributienetwerk van het TEO systeem loopt tussen het onttrekkingspunt en het lozingspunt en de TR op de kortst mogelijke manier. De capaciteit van deze leidingen moet overeenkomen met de capaciteit van het TEO systeem, namelijk 10 m^3/h.
- **Aansluitleidingen ten behoeve van de aan te sluiten gebouwen:** deze lopen van de woning en het appartementencomplex naar het distributienetwerk.



Figuur 4.5 | Schetsontwerp WKO + TEO systeem voor Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel met het 2 pijps-distributienet (rode leidingen), zoekgebied WKO monobron (blauw), zoekgebied TEO systeem (geel), technische ruimte (zwart, niet op ware grootte). De leidingen van TEO en WKO naar de technische ruimte zijn niet getekend, evenals de aansluitleidingen naar de gebouwen. Het leidingwerk en locatie TEO en WKO systeem zijn indicatief om een inschatting van de totale lengte en kosten te kunnen doen. In een verdiepingsfase is een detailontwerp van de verschillende systemen noodzakelijk. Daarnaast dienen eventuele obstakels en technische en juridische knelpunten tot meer in detail uitgezocht te worden.

4.3 IMPACT LEEFOMGEVING

De voorzieningen worden deels ondergronds aangelegd (bronnen, leidingen, warmtewisselaars) of inpandig (warmtepomp). Deze hebben, na aanleg, nagenoeg geen visuele impact op de omgeving. Van de bronnen zijn de putten zichtbaar. Deze kunnen desgewenst op maaiveld afgewerkt worden of, indien gewenst, juist uit het landschap worden getild om het duurzame karakter te benadrukken.

Het ontwerp en de constructie in de kadeafwerking zal afgestemd dienen te worden met het bevoegd gezag (de gemeente en het waterschap).

4.4 FINANCIËLE ANALYSE

Methode

Voor de financiële analyse is het concept WKO + TEO met individuele warmtepompen in de grondgebonden woningen en een collectieve warmtepomp voor het appartementencomplex vergeleken met een referentiesysteem. Het referentiesystemen bestaat uit:

- individuele gasketel voor de warmtevoorziening;
- koelmachine voor de koudevoorziening;
- decentrale oplossing, elke grondgebonden woning heeft een eigen aansluiting, het appartementencomplex heeft een collectieve gasketel en koelmachine.

Het verschil met het WKO + TEO systeem is dat er geen distributienet tussen WKO, TEO, TR en gebouwen nodig is. Daarentegen zijn er wel voorzieningen in de openbare ruimte en gebouwen nodig voor de distributie van gas. De voorzieningen in de openbare ruimte voor de distributie van gas zijn meegerekend in de OPEX (vastrecht, capaciteitstarief, periodieke aansluitvergoeding en meterhuur voor gas). Daarnaast zijn de minimale kosten van de eenmalige aansluitvergoeding op het gasnet meegerekend in de CAPEX. Het is belangrijk om te vermelden dat gebouwzijdige aanpassingen in verband met deze concepten niet zijn meegerekend in de financiële analyse. Er wordt aangenomen dat de warmte binnen de gebouwen op eenzelfde manier wordt verzorgd. De investeringskosten (CAPEX), operationele kosten (OPEX) en eventuele subsidies zijn met elkaar vergeleken. Vervolgens is de terugverdientijd van WKO + TEO berekend ten opzichte van het referentiesysteem.

Uitgangspunten financiële analyse

Voor de financiële berekeningen is rekening gehouden met de uitgangspunten gegeven in Tabel 4.2. In navolgende tabellen zijn de te verwachten kosten inzichtelijk gemaakt. Alle genoemde bedragen zijn exclusief btw en gebaseerd op prijspeil 2018.

Tabel 4.2 | Uitgangspunten financiële analyse.

Parameter	Eenheid	Waarde
CAPEX		
Indexering investeringskosten	%	1,8
Project looptijd	jaar	30
Herinvestering gasketel	jaar	16 (100%)
Herinvestering warmtepomp	jaar	16 (100%)
Herinvestering warmtewisselaar	jaar	16 (100%)
Herinvestering afgifteset	jaar	16 (100%)
Herinvestering leidingnet	jaar	16 (34%)
OPEX		
Indexering operationele kosten	%	1,8
Netbeheerder	-	Stedin

Investeringskosten

In Tabel 4.3 zijn de eenmalige investeringskosten voor het WKO + TEO systeem in beeld gebracht. De investeringskosten van het referentiesysteem zijn gegeven in Tabel 4.4.

De maatschappelijke kosten van aanleg van een gasnet zijn hierin niet meegenomen. Om een juiste afweging te maken, dienen deze kosten wel in acht genomen te worden. De aansluitvergoeding op het gasnet bevat uitsluitend een maximale leidinglengte van 24 m, inclusief standaard regelset, en het opnemen en herplaatsen van standaard bestrating.

Tabel 4.3 | Investeringskosten realisatie WKO + TEO.

Investeringskosten WKO + TEO	Eenheid	Kosten
Bodemenergievoorzieningen	€	110.000
Oppervlaktewater voorzieningen	€	94.000
Distributie voorzieningen	€	100.000
Warmtepomp	€	290.000
Afgifteset	€	92.000
Ontwerp, advies en vergunningen (8%)	€	54.000
Onvoorzien (15%)	€	100.000
Totaal	**€**	**840.000**

Tabel 4.4 | Investeringskosten realisatie referentiesysteem: gasketel en koelmachine.

Investeringskosten referentiesysteem	Eenheid	Kosten
Gasketel	€	140.000
Koelmachine	€	100.000
Leidingwerk	€	11.000
Afgifteset	€	32.000
Ontwerp, advies en vergunningen (8%)	€	23.000
Onvoorzien (15%)	€	43.000
Eenmalige aansluitvergoeding gasnet	€	55.000
Totaal	**€**	**410.000**

Eenmalige inkomsten

In Tabel 4.5 zijn de eenmalige inkomsten in beeld gebracht voor een WKO + TEO systeem. De Energie-investeringsaftrek (EIA) is vanuit het ministerie van Economische Zaken bedoeld om duurzaam ondernemen te stimuleren. Met deze regeling kan 55% van de investeringskosten afgetrokken worden van de fiscale winst. Dit levert een gemiddeld voordeel op van 13,5%. Een belangrijke voorwaarde om in aanmerking te komen voor de EIA is dat de energiezuinige investering als “bedrijfsmiddel” op de Energielijst van RVO staat.

Voor de aansluiting op een warmtenet kan een eenmalige aansluitbijdrage gevraagd worden. Bij een bestaand warmtenet is deze aansluitbijdrage gereguleerd door de Autoriteit Consumenten Markt. De eenmalige aansluitbijdrage in 2017 is € 1037,78 incl. btw. Bij een nieuw aan te leggen warmtenet wordt er geen vaste prijs gesteld. In de huidige business case is de eenmalige aansluitbijdrage € 3.000 excl. btw per woning.

Tabel 4.5 | Eenmalige inkomsten realisatie WKO + TEO.

Inkomsten WKO + TEO	Eenheid	Waarde
Energie-investeringsaftrek (EIA) 13,5%	€	42.000
Bijdrage aansluitkosten (BAK) (€ 3.000)	€	180.000
Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE)	€	120.000
Totaal	**€**	**350.000**

De investeringssubsidie duurzame energie (ISDE) is in dit geval van toepassing op de warmtepompen. De ISDE is van toepassing op warmtepompen tot 70 kW.

Het referentiesysteem, met een gasketel, komt niet in aanmerking voor BAK, omdat de gebouwen niet op een warmtenet worden aangesloten. De EIA geldt ook niet, omdat er geen energiezuinige investering plaatsvindt. Ook de ISDE is niet van toepassing.

Tarieven
Het tarief voor elektriciteit en gas bestaat uit vaste kosten en variabele kosten. De vaste kosten voor elektriciteit en gas zijn gebaseerd op de tarieven van netbeheerder Stedin. De vaste kosten bestaan uit een aansluitdienst, transportdienst en meetdienst. De variabele kosten voor elektriciteit en gas zijn gebaseerd op een landelijk gemiddelde voor huishoudelijk verbruik. De variabele kosten bestaan uit de energieprijs, energiebelasting en opslag duurzame energie. De elektriciteitskosten voor de collectieve faciliteiten zijn gebaseerd op de zakelijke tarieven van Stedin.

Jaarlijkse exploitatiekosten
In Tabel 4.6 en Tabel 4.7 zijn de jaarlijkse exploitatiekosten weergegeven voor het WKO + TEO systeem en het referentiesysteem, respectievelijk.

Tabel 4.6 | Jaarlijkse exploitatiekosten WKO + TEO.

Exploitatiekosten WKO + TEO	Eenheid	Kosten
Inkoop		
Elektriciteit (vast en variabel)	€/jaar	11.000
Onderhoud en beheer		
Opwekking (WKO en TEO)	€/jaar	4.000
Distributienet	€/jaar	1.000
Warmtepompen	€/jaar	9.000
Afgifteset	€/jaar	2.000
Totaal	**€/jaar**	**27.000**

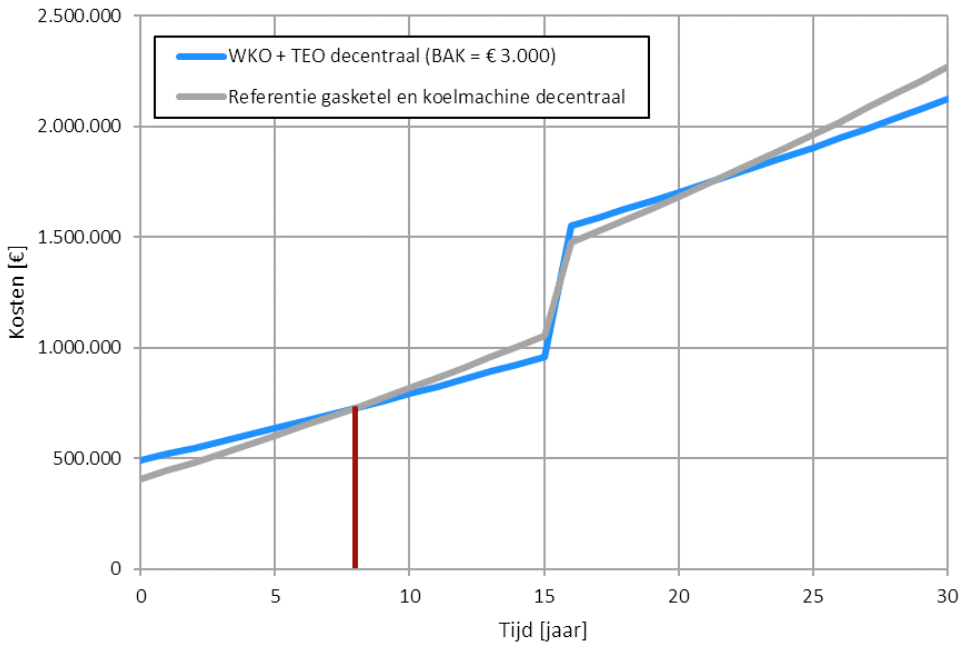
Tabel 4.7 | Jaarlijkse exploitatiekosten referentiesysteem: gasketel en koelmachine.

Exploitatiekosten referentiesysteem	Eenheid	Kosten
Inkoop		
Elektriciteit (vast en variabel)	€/jaar	2.700
Gas (vast en variabel)	€/jaar	24.000
Onderhoud en beheer		
Gasketel	€/jaar	5.700
Koelmachine		4.100
Distributie en afgifteset		700
Totaal	**€/jaar**	**37.000**

Terugverdientijd

In Figuur 4.6 zijn de kosten en baten van het WKO + TEO systeem (blauw en oranje) uitgezet tegen het referentiesysteem (grijs) met individuele gasketels over een projectperiode van 30 jaar. De trend van de kosten voor beide systemen wordt onder andere veroorzaakt door de eenmalige investeringskosten en eventuele inkomsten (subsidies) in jaar 0. Daarbij zorgen de exploitatiekosten voor de stijgende lijn. Opvallend is de toename van kosten in het jaar 16, deze wordt veroorzaakt door de herinvesteringen die gegeven zijn in Tabel 4.2.

De terugverdientijd van het WKO + TEO systeem is erg afhankelijk van de bijdrage aansluitkosten (BAK). Bij een BAK van € 3.000 is de terugverdientijd van het WKO + TEO systeem 8 jaar ten opzichte van het referentiesysteem met gasketels en koelmachines. Hierbij moet expliciet vermeld worden dat de totale kosten van dit systeem na herinvesteringen na 15 jaar bijna gelijk zijn aan het referentiesysteem. Doordat de exploitatiekosten lager zijn over de projectlooptijd van 30 jaar wordt een positief financieel resultaat ten opzichte van de referentie verwacht na 30 jaar.



Figuur 4.6 | Kosten-batenanalyse van het WKO + TEO systeem (blauw) en het referentiesysteem (grijs).

Conclusie
Op basis van de berekende resultaten kan geconcludeerd worden dat met het WKO + TEO systeem een positief financieel resultaat behaald kan worden ten opzichte van het referentiesysteem met decentrale warmte opwekking binnen 8 jaar ervan uitgaande dat de BAK tussen de € 3.000 per woning is. Bij het referentiesysteem wordt warmte en koude geleverd door middel van individuele gasketels en koelmachines.

Zoals aangegeven in paragraaf 3.1 zijn de energetische uitgangspunten geschaald naar een vergelijkbaar bestaande wijk om de business case te kunnen doorrekenen. De daadwerkelijke warmtevraag voor ruimteverwarming en warm tapwater kan hierdoor afwijken van de gehanteerde waarden. Verder hebben de vaste en variabele kosten van elektriciteit en gas invloed op de exploitatiekosten. Dit zou de terugverdientijd van het WKO + TEO systeem kunnen beïnvloeden. Daarnaast heeft het moment van herinvesteren ook een effect op de terugverdientijd.

4.5 DUURZAAMHEID

Rendement en emissie
In Tabel 4.8 is een overzicht gegeven van enkele prestatiefactoren op het gebied van duurzaamheid. Het equivalent opwekkingsrendement (EOR) is het rendement op primaire energie van de warmte- of koudelevering tot aan de meters voor warmte- en koudelevering. Bij de EOR is rekening gehouden met een opwekkingsrendement in elektriciteitscentrales van 50% (CBS, 2013). De warmte emissie van het referentiesysteem is in dit geval 700 GJ_{th}. Dit is gelijk aan de som van de warmte onttrekking aan oppervlaktewater en de warmte afgifte aan de omgeving door de koelmachine in het warme seizoen. De CO_2-emissie van WKO + TEO ligt tussen de 0 – 54 ton/jaar. De CO_2-emissie van het referentiesysteem is ~54 ton/jaar. Dit is gebaseerd op de emissiefactoren in de Uniforme Maatlat voor 2020. De minimale uitstoot van 0 kan bereikt worden door volledige groene (duurzame) elektriciteitsopwekking. De maximale uitstoot voor WKO + TEO gaat uit van grijze elektriciteitsopwekking (RVO, 2016). Tot slot zijn de NOx en de SO_2 emissies gegeven (CE Delft, 2015).

Tabel 4.8 | Prestatiefactoren WKO + TEO systeem en referentiesysteem (decentrale gasketels).

Prestatiefactor	WKO + TEO (groen)	WKO + TEO (grijs)	referentie
Equivalent opwekkingsrendement (EOR)	2,0	2,0	0,96
Warmte emissie (hittestress) [GJ_{th}]	0	0	700*
CO_2-emissie [ton_{CO2}/jaar]	0	30	54
NOx emissie [kg/jaar]	0	10	55
SO_2 emissie [kg/jaar]	0	29	7

*Dit is gelijk aan de som van de warmte onttrekking aan oppervlaktewater en de warmte afgifte aan de omgeving door de koelmachine in het warme seizoen.

Energieverbruik
In Tabel 4.9 is het energieverbruik (exclusief het opwekkingsrendement van elektriciteit) gepresenteerd. Het is te zien dat het WKO + TEO systeem significant minder energie verbruikt dan het referentiesysteem om dezelfde warmte te produceren. Bij een elektriciteitsopwekkingsrendement van 50% wordt het primair energieverbruik van een WKO + TEO systeem 500 GJ_{th}, terwijl het referentiesysteem een primair energieverbruik van 1.040 GJ_{th} heeft. Deze verhouding van primair energieverbruik is ook terug te vinden in de verhouding van de EOR in

Tabel 4.8. Dit betekent een besparing van primair energieverbruik van 540 GJ_{th} (~52%) voor WKO + TEO ten opzichte van de referentie (gasketels).

Tabel 4.9 | Energieverbruik van WKO + TEO systeem en referentiesysteem.

Energieverbruik	WKO + TEO	Referentie
Elektriciteit		
Warmtepomp [GJ_e]	180	-
Bronpomp [GJ_e]	30	-
Oppervlaktewaterpomp [GJ_e]	10	-
Distributiepomp [GJ_e]	30	-
Koelmachine [GJ_e]	-	55
Gas		
Gasketel	-	985
Totaal systeem[GJ]	**250**	**1.040**

Flora en fauna

Het resultaat van het WKO + TEO concept is ook dat het oppervlaktewater dat wordt verpompt in de zomer enkele graden afkoelt, wat een positief effect heeft op de oppervlaktewaterkwaliteit. Voor de huidige situatie met onttrekking en lozing op de Hollandsche IJssel is het verwachte effect minimaal. Met name in de stedelijke omgeving waar de oppervlaktewatertemperatuur negatief wordt beïnvloed door het stedelijk hitte eiland effect, ontstaan lokale knelpunten met de waterkwaliteit zoals blauwalgen, drijflagen en botulisme als gevolg van vissterfte. Vaak is dat het gevolg van een overmaat aan voedingsstoffen (eutrofiëring) in combinatie met een te hoge oppervlaktewatertemperatuur waardoor de natuurlijke processen worden versneld. Door het water in beweging te brengen kan het water meer zuurstof opnemen. Dit wordt versterkt door het water enkele graden af te koelen wat de zuurstofopname bevorderd. Ook zal kouder water enkele negatieve processen remmen zoals blauwalgenbloei. Hiermee kan de Smart polder bijdragen aan klimaat adaptatie en een toekomst bestendig waterbeheer.

Dit zal niet alle problemen direct wegnemen, maar er zijn wel veel positieve effecten te benoemen te weten:

- De watertemperatuur zal afnemen, wat sturend is voor veel fysische, chemische en biologische processen.
- In koud water kan meer zuurstof opgelost worden.
- Met name in kleine wateren zal door de lozing het water in beweging gebracht worden waardoor meer zuurstof in het water wordt opgenomen (reaeratie).
- De lozing kan de vorming van het giftige waterstofsulfide verminderen, als door de lozing zuurstofarm water zuurstofrijk wordt.
- Verbeterde zuurstofcondities bevordert de binding van fosfaat aan ijzer, waardoor deze minder beschikbaar komt.
- Het koudere water zal afbraak van organisch materiaal remmen en daarmee ook het zuurstof verbruik.
  De stratificatie kan in diepe plassen door een lozing veranderen of verdwijnen. Bij een koudelozing zal het hypolimnion (onderste koude laag) groter worden en meer zuurstof gaan bevatten. Als het water wordt ingenomen in het epilimnion (bovenste warme laag) zal dit het proces versterken.
- Het proces van denitrificatie zal afnemen bij een lagere temperatuur.

Vanuit de waterkwaliteit zijn de meeste effecten positief te noemen. Wel kan de stikstofconcentratie verhoogd worden (afname denitrificatie). In diepe wateren moet bij grootschalige lozingen goed gekeken worden naar de effecten op de stratificatie.

Verder is het uitgangspunt dat de ecologie niet nadelig wordt beïnvloed. Er zijn positieve en negatieve effecten te verwachten op de ecologie. De positieve effecten zullen in veel gevallen opwegen tegen de negatieve effecten. Toch zijn er een aantal effecten die kritisch bekeken moeten worden.

In totaal kan er in het warme seizoen ~20.000 m^3/jaar aan oppervlaktewater gekoeld worden met ~6 °C voor de situatie in deze studie.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 TECHNISCHE EN ENERGETISCHE HAALBAARHEID

Uitgangspunten en opwekkingspotentieel

Voor het project Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel zijn de energetische uitgangspunten bepaald (zie paragraaf 3.2 en 4.1). Daarnaast zijn de bodem- en oppervlaktewaterkenmerken uitgewerkt om het thermisch potentieel en de technische haalbaarheid te bepalen (paragrafen 3.3 en 3.4). De resultaten zijn kort samengevat in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 | Kern uitgangspunten, technische haalbaarheid en thermisch potentieel voor Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel.

Parameter	Waarde
Kern uitgangspunten	
Gebouwen	Mix van bestaande grondgebonden woningen en appartementen
Warmtevraag	230 MWh_{th} (840 GJ_{th}) per jaar
Koudevraag	50 MWh_{th} (170 GJ_{th}) per jaar
Doelstellingen	Duurzaam en aardgasloos
Technische haalbaarheid	
Capaciteit bodem: benodigd	175 MWh_{th}/jaar, 30.000 m^3/jaar, 20 m^3/h
Type bron	monobron
Capaciteit oppervlaktewater: benodigd	135 MWh_{th}/jaar, 10 m^3/h

Er kan worden geconcludeerd dat op de onderzochte locatie (Zelling Onderneming en het oppervlaktewater van de Hollandsche IJssel) duurzame energieopwekking uit het oppervlaktewater in combinatie met energieopslag, technisch en energetisch haalbaar is.

Systeemconcept

Voor de levering van de opgewekte energie aan de afnemers is een systeemconcept uitgewerkt. Warmtelevering voor ruimteverwarming en warm tapwater wordt geleverd via een distributienet. Regeneratie van warmte vindt plaats vanuit de Hollandsche IJssel. De overwegingen bij de concepten zijn toegelicht in paragraaf 4.1.

Er is sprake van een 100% elektrisch aangedreven warmtevoorziening. Het concept is dus aardgasloos. Naast het leveren van duurzame warmte levert dit TEO concept ook een positieve bijdrage aan de doelstellingen op het gebied van klimaatadaptatie en water.

5.2 RUIMTELIJKE INPASSING

Inpassen voorzieningen

Voor realisatie van het systeem moeten onder meer de volgende onderdelen worden ingepast:

- in- en uitlaat oppervlaktewatersysteem (10 m^3/h);
- WKO doublet (20 m^3/h);
- technische ruimte (warmtepomp(en) en warmtewisselaars);
- 2-pijps distributieleidingen met warmteleiding en koudeleiding;
- distributieleidingen WKO systeem;

- distributieleidingen TEO systeem;
- aansluitleidingen ten behoeve van de aan te sluiten panden.

In paragraaf 4.2 staan de onderdelen en inpassingsmogelijkheden benoemd. In Figuur 4.5 is de inpassing van de onderdelen grafisch weergegeven. Aandachtspunten zijn onder meer de inpassing van de technische ruimte, WKO, TEO systeem en het distributienet. Voor de voorzieningen geldt dat er nauw dient te worden afgestemd met de gebiedscoördinator. Locatie en toegankelijkheid (zowel in realisatie als exploitatiefase) dienen geborgd te worden. Er dient ruimte gereserveerd te worden voor de technische ruimte.

Juridische knelpunten
Op juridisch gebied worden vooralsnog geen knelpunten voorzien voor de realisatie van de energievoorziening. In de verdiepingsfase dient er meer aandacht te worden besteed aan juridische en organisatorische zaken.
De belangrijkste aandachtspunten voor het bodemenergiesysteem zijn de zoet-/zoutovergangen in het 2^{e} watervoerende pakket, andere bodemenergiesystemen in de omgeving, verontreinigingen in het projectgebied en de aanwezigheid van een primaire waterkering in het projectgebied.

Impact directe leefomgeving
De voorzieningen kunnen grotendeels uit het zicht van de omgeving worden gerealiseerd (ondergronds of inpandig). De bronputten kunnen, desgewenst, juist uit het landschap worden getild en gebruikt worden om de aandacht te vestigen op de duurzame energievoorziening. De voorziening veroorzaakt geen lokaal merkbare uitstoot of geluidsoverlast. Koud water uit de retourleiding van het oppervlaktewater systeem kan geloosd worden in de Hollandsche IJssel.

Energierendement en uitstoot
Voor het geheel van de energielevering (opwekking, distributie en afgifte tot aan afgiftesets) aan de afnemers wordt voor WKO + TEO een equivalent opwekkingsrendement (EOR) van 2,0 verwacht. De vergelijking is gemaakt met een referentiesysteem (individuele gasketels) die voor een vergelijkbare warmtevraag een EOR van 0,96 heeft. Door duurzaam te koelen kan er 700 GJ_{th} warmte emissie aan de omgeving voorkomen worden.

Het uitgewerkte WKO + TEO concept maakt gebruik van duurzame bronnen en is 100% elektrisch aangedreven. De complete voorziening kan energieneutraal gemaakt worden door aan te sluiten op groene (duurzame) stroom. In dat geval kan de CO_2-emissie tot 0 gereduceerd worden. In het slechtste geval (100% grijze stroom) is de CO_2-emissie met 30 ton/jaar alsnog significant lager dan het referentiesysteem (individuele gasketel) met 54 ton/jaar.

5.3 FINANCIËLE HAALBAARHEID

De investeringskosten, inkomsten en jaarlijkse exploitatiekosten van het WKO + TEO systeem is vergeleken met een referentiesysteem (individuele gasketels). De terugverdientijden van het WKO + TEO systeem is 8 jaar ten opzichte van het referentiesysteem ervan uitgaande dat de bijdrage aansluitkosten (BAK) € 3.000 is. De terugverdientijd is ook afhankelijk van andere factoren. Belangrijke variabelen die het resultaat kunnen beïnvloeden zijn de energiekosten voor elektriciteit en gas, en de herinvesteringskosten.

5.4 AANBEVELINGEN

In deze paragraaf zijn een aantal aanbevelingen geschreven die belangrijk kunnen zijn om in overweging te nemen in een eventuele vervolgfase.

Koudevraag

De koudevraag in de huidige studie is gebaseerd op de energiebehoefte voor koeling bij woningen die volgens de BENG-norm worden gebouwd beschreven in de Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving (UMGO) (RVO, 2016). Deze energiepost wordt in de UMGO berekend door het warmteoverschot fictief te koelen met een koelinstallatie met een forfaitaire COP van 3. De energiebehoefte van 50 MWh/jaar in deze casus is een gemiddelde inschatting van de minimale koudevraag voor BENG-woningen. Bij woningen met veel glas kan verwacht worden dat de koudevraag toeneemt. Daarom wordt geadviseerd om in een vervolgstudie een transmissieberekening te laten uitvoeren om de werkelijke warmte- en koudevraag nauwkeuriger te kunnen inschatten.

Het effect op de terugverdientijd ten opzichte van het referentiesysteem zal waarschijnlijk positief zijn. Bij WKO + TEO vindt de koeling passief plaats. Dit betekent dat er minder energie nodig is om de koude te leveren in vergelijking met een actieve koelmachine. Dit heeft een positief effect op de exploitatiekosten ten gunste van WKO + TEO. Daarnaast is in dit geval de warmtevraag bepalend voor de capaciteit van de WKO. Indien het vermogen van de koude groter wordt betekent dit dat de CAPEX voor WKO + TEO niet verandert, omdat het systeem is uitgelegd op het vermogen van de warmtevraag. Bij het referentiesysteem is een actieve individuele koelmachine geplaatst. Bij een groter vermogen zal de CAPEX van het referentiesysteem wel kunnen toenemen.

Collectief systeem

Uit andere business cases is gebleken dat een collectief systeem in het algemeen financieel aantrekkelijker is dan een individueel systeem. Bij een collectief systeem wordt de warmte met een centrale warmtepomp geproduceerd. De investeringskosten van een centrale warmtepomp zijn lager dan de investeringskosten van de individuele warmtepompen. Dit zorgt er ook voor dat de herinvesteringskosten na 15 jaar lager zijn. In een eventuele verdiepende fase wordt aanbevolen om een collectieve oplossing mee te nemen in een variantenstudie.

Alternatieve referenties

In de huidige studie is de vergelijking gemaakt met gasketels voor warmtelevering en koelmachines voor koeling. In dit geval is daarvoor gekozen omdat deze studie deel uitmaakt van een groter geheel. Verschillende business cases worden gebundeld in een cockpit waar de standaard referentie gas is, zodat de potentie van WKO + TEO voor uiteenlopende projecten goed inzichtelijk wordt gemaakt. Daarnaast wordt er in sommige gevallen nog steeds nagedacht over een systeem met een gasketel. Via deze studies wordt weergegeven dat een duurzaam monovalent WKO + TEO systeem een goed alternatief is.

Vanuit de huidige studie kan een energetisch/technisch en financieel vergelijk gemaakt worden met alternatieve all-electric oplossingen, zoals onder andere WKO met regeneratie via de buitenlucht, lucht-/waterwarmtepompen en/of gesloten bodemenergiesystemen (individuele bodemlussen met warmtepomp).

Distributienet
De locatie van het distributienet in de huidige studie is indicatief weergegeven. In een vervolgfase zal nader bekeken kunnen worden waar het distributienet idealiter geplaatst kan worden. Hierbij kunnen onder andere kosten, aanwezigheid primaire waterkering, locatie WKO + TEO en andere infrastructuur in de grond een rol spelen.

Zonnepanelen
In het energetisch concept en de financiële analyse is het effect van het gebruik van zonnepanelen niet meegenomen. Bij een all-electric oplossing zoals WKO + TEO is het elektriciteitsverbruik hoger dan bij een conventioneel systeem met een gasketel. Indien het aantal zonnepanelen wordt aangepast aan het elektriciteitsverbruik van de woningen kan dit effect hebben op de terugverdientijd van het totale systeem. Dit geldt ook voor het vergelijk met alternatieven all-electric concepten. In het algemeen is het elektriciteitsverbruik bij regeneratie met oppervlaktewater lager dan bij regeneratie met lucht. Dus bij het energieneutraal maken van de woning zijn er minder zonnepanelen nodig met WKO + TEO.

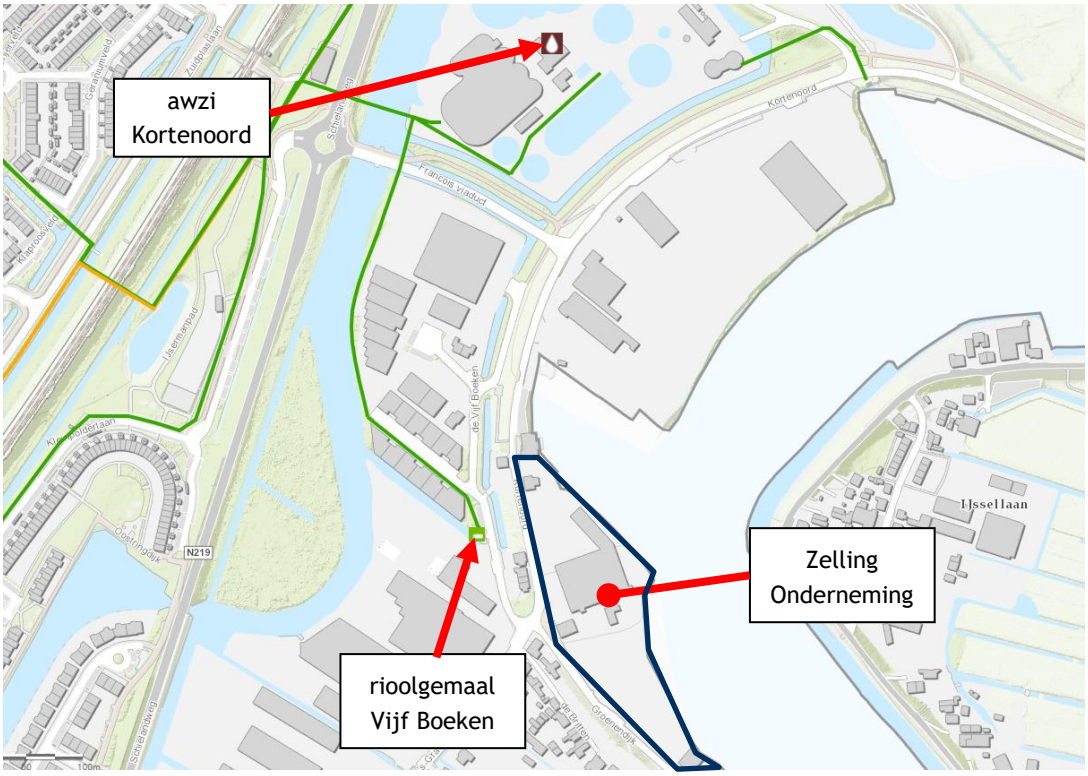
Ontwerp OVW systeem
Voor het water in de Hollandsche IJssel wordt geen risico op opwarming van het oppervlaktewater verwacht. Het regionale water in Nieuwerkerk aan den IJssel (zie Figuur 3.8) toont wel risico op opwarming. Eventueel zou er water teruggebracht kunnen worden in de Ringvaart. Indien dat gebeurt moet er nader onderzocht worden wat de effecten zijn van water verplaatsen tussen verschillende oppervlaktewaterlichaam en de benodigde verplichtingen en vergunningen die hierbij een rol spelen.

Thermische energie uit afvalwater (TEA)
In de buurt van het project Zelling Onderneming zit het rioolgemaal Vijf Boeken met een capaciteit van 75 m^3/h. De gemiddelde temperatuur van afvalwater in Nederland is ~23 °C. Dit kan een potentiële warmtebron voor regeneratie van de WKO zijn. Dit concept wordt ook wel thermische energie uit afvalwater (TEA) genoemd. Het voordeel van een dergelijk systeem is dat er geen TEO systeem nodig is (~€ 100.000). De haalbaarheid van een dergelijk concept ligt voornamelijk aan de inpassingsmogelijkheden bij het rioolgemaal en de beschikbare energie in het afvalwater. In een eventuele verdiepende fase wordt aanbevolen om thermische energie uit afvalwater mee te nemen in een variantenstudie.

Temperatuur oppervlaktewater
De verwachting is dat de temperatuur aangenomen in Figuur 3.3 en het model conservatief is ingeschat en dus hoger zou kunnen zijn. In werkelijkheid zal de temperatuur van het oppervlaktewater fluctueren en geen sinusvormig gedrag vertonen zoals in Figuur 3.3. Echter de aanname van gemiddelde temperatuur over een seizoen zal in deze fase een goede indicatie geven van het benodigde systeem. Het vermoeden bestaat dat de temperatuur op zou kunnen lopen tot boven de 25 °C.

Indien de temperatuur van het oppervlaktewater hoger zou zijn, komt dit zeer waarschijnlijk ten gunste van de business case voor TEO. Een hogere oppervlaktewatertemperatuur zorgt voor een hogere WKO opslag temperatuur. Daarnaast kan het zorgen voor een grotere ΔT en een verlaging van de maximale benodigde capaciteit. Het gevolg is lagere investerings- en exploitatiekosten.

Gevoeligheidsanalyse
Een gevoeligheidsanalyse geeft inzicht op de effecten en gevoeligheden van andere uitgangspunten. Hierbij kan gedacht worden aan e.g. prijsstijgingen voor elektriciteit en gas die effect hebben op de exploitatiekosten. Ook de hierboven gevoeligheden van temperatuur water en BAK kunnen worden onderworpen aan een gevoeligheidsanalyse.



Figuur 5.1 | Rioolgemaal Vijf Boeken (75 m³/h) en afvalwaterzuiveringsinstallatie Kortenoord zitten in de buurt van het project Zelling Onderneming.

5.5 SPOORBOEKJE

In Figuur 5.2 zijn de afgeronde stappen en toekomstige stappen overzichtelijk weergegeven (STOWA, 2017). Na het definitief maken van de huidige business case bevindt het proces zich aan het einde van fase 1: verkenning. Zoals ook geschetst in het plan van aanpak (paragraaf 2.2) zou de vervolgstap op deze business case het creëren van draagvlak bij de stakeholders zijn om het project verder te brengen. Het betrekken van stakeholders in de verkenningsfase kan ervoor zorgen dat problemen snel kunnen worden doorgrond die een haalbare case in de weg staan. Ook is het belangrijk om gezamenlijk standpunten en belangen te verkennen en tot een gemeenschappelijk beeld te komen en een rolverdeling vast te stellen. In de verkenning is het ook raadzaam om een financiële vergelijking te maken met andere aardgasloze opties (all-electric).

Voor het vervolg (fase 2: verdieping) is het van belang dat de technische, financiële, juridische en organisatorische kaders in meer detail worden uitgewerkt en dat er afstemming plaatsvindt met de belanghebbenden. Hierbij is het raadzaam om voorwaarden voor het vervolg vast te leggen in een intentieovereenkomst tussen de belanghebbenden (waterschap, gemeenten en eventueel anderen)

en daarmee fase 1 af te ronden. Tijdens de verdiepingsfase zal moeten worden bepaald op welke wijze het project in de markt zal worden gezet. De ervaring uit eerdere TEO-projecten leert dat een bijeenkomst voor de presentatie van de eindresultaten van dit onderzoek ook efficiënt kan worden gebruikt om een gezamenlijk vervolg te formuleren.

Opbouw handreiking thermische energie uit oppervlaktewater
Proces, stappen en tools

	Fase 0. Omgevingsscan	Fase 1. Verkenning	Fase 2. Verdieping	Fase 3. Uitwerking
Technisch	• Karakteristieken bepalen ✓ • Schatting potentie ✓	• Uitwerken grof technisch ontwerp ✓	• Uitwerken voorlopig technisch ontwerp	• Uitwerken definitief technisch ontwerp • Aanbesteding voorbereiden
Organisatorisch	• Identificeren stakeholders (potentiële partners en indirecte stakeholders) ✓	• Stakeholderanalyse ✓ • Benaderen partijen • Vaststellen rollen	• Rolinvulling uitwerken • Warmte/koudeleverings-voorwaarden uitwerken	• Onderlinge afspraken vastleggen in overeenkomsten
Financieel	• 'achterkant van sigarendoosje' berekening financiële haalbaarheid ✓	• Scan financiële haalbaarheid ✓	• Uitwerking businesscase • Investeringsbereidheid partners vastleggen • Risico's uitwerken	• Definitieve businesscase per partner • Uitwerken financierings-constructie
Juridisch		• Scan juridische voorwaarden (vergunningen, overeenkomsten, ...) ✓ • Opstellen intentieovk	• Juridisch kader opstellen • Opstellen samenwerkingsovk	• Overeenkomsten opstellen • Vergunningen aanvragen
Resultaat fase	• Lijst te benaderen potentiële partners • Inzicht in type project en grove potentie	• Gezamenlijk inzicht in belangen / wensen • Inschatting technische, juridische, financiële haalbaarheid • Inzicht in meekoppelkansen	• Voorlopig ontwerp • Rolinvulling • Leveringsvoorwaarden • Businesscase • Juridisch kader	• Definitief ontwerp • Overeenkomsten tussen deelnemende partijen • Financieringsvoorstel • Vergunningen
Vastgelegd in...		Intentieovereenkomst	Samenwerkingsovereenkomst	Investeringsbesluit

Figuur 5.2 | Opbouw handreiking thermische energie uit oppervlaktewater (bron: STOWA, 2017).

6 Referenties

Brink (2015), CO2-PRIJS EN VEILINGOPBRENGSTEN IN DE NATIONALE ENERGIEVERKENNING 2015. Achtergronden bij de projecties. PBL-notitie 1900, PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag. Verkregen op 4 september, 2017 van http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl_2015__co2-prijs-en-veilingopbrengsten-in-de-nationale-energieverkenning-2015_1900.pdf.

CBS (2013). Rendementen en CO2-emissie van elektriciteitsproductie in Nederland, update 2013. Verkregen op 4 juli, 2017 van https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2015/04/rendementen-en-co2-emissie-van-elektriciteitsproductie-in-nederland-update-2013.

CE Delft (2015). Emissiekentallen elektriciteit: Kentallen voor grijze en 'niet-geoormerkte stroom' inclusief upstream-emissies. Verkregen op 4 juli, 2017 van http://www.ce.nl/publicatie/emissiekentallen_elektriciteit/1599.

EZ (2016). Energierapport – Transitie naar duurzaam. Verkregen op 20 juli, 2017 van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/01/18/energierapport-transitie-naar-duurzaam.

IF Technology (2016a). Landelijke verkenning warmte en koude uit Rijkswateren en kunstwerken. Eindrapportage 7 oktober 2016. Verkregen op 20 juli, 2017 van https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2016/10/IF-Technology-Onderzoek-potentieel-warmte-koudeopslag-Waterschappen-2016.pdf.

IF Technology (2016b). Landelijke verkenning warmte en koude uit het watersysteem. Eindrapportage 31 juli 2016. Verkregen op 20 juli, 2017 van https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2016/10/IF-Technology-Onderzoek-potentieel-warmte-koudeopslag-Rijkswaterstaat-2016.pdf.

KNMI (2015). KNMI klimaatscenario's voor Nederland '14. Verkregen op 29 juni, 2017 van http://www.klimaatscenarios.nl/brochures/images/KNMI14_Klimaatscenarios_folder_2015.pdf.

PBL (2017). Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland. Verkregen op 20 juli, 2017 van http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-toekomstbeeld-klimaatneutrale-warmtenetten-in-nederland-1926.pdf.

RVO (2016). Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving (UMGO) voor de warmtevoorziening in de woning- en utiliteitsbouw. Verkregen op 12 mei, 2017 van https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/09/Uniforme%20Maatlat%20Gebouwde%20Omgeving%20UMGO%204.0%20-%2021%20september%202016.pdf.

STOWA (2017). Thermische energie uit oppervlaktewater – Handreiking voor ontwikkeling TEO-projecten. Verkregen op 20 december, 2017 van http://stowa.nl/upload/Publicaties%202017/STOWA%202017%2035%20WEB%20LR%202.pdf.

7 Afkortingen

BC	business case
BVO	bruto-vloeroppervlakte
CAPEX	capital expenditures
EOR	equivalent opwekkingsrendement
ISDE	investeringssubsidie duurzame energie
LBK	luchtbehandelingskast
LSC	Lake Source Cooling
NCW	Netto Contante Waarde
OPEX	operating expenditures
SO	schetsontwerp
TEO	thermische energie uit oppervlaktewater
TR	technische ruimte
UMGO	Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving

Bijlage 1 Conceptbeschrijvingen TEO/Smart polder

1.1 PRINCIPE SMART POLDER - TEO

Potentie van energie uit oppervlaktewater

Voor de waterschappen en Rijkswaterstaat is in 2016 de potentie van TEO in kaart gebracht. Deze kaarten laten zien waar het economisch interessant is om warmte of koude uit oppervlaktewater te winnen. Om een economisch interessant project te kunnen maken moeten waterlopen en plassen in de nabijheid liggen van een warmte en/of koudevraag. Door de thermische vraag uit de warmteatlas te combineren met de kaart van Nederlandse oppervlaktewateren is een potentiekaart gemaakt (zie onderstaande link).

http://www.nationaleenergieatlas.nl

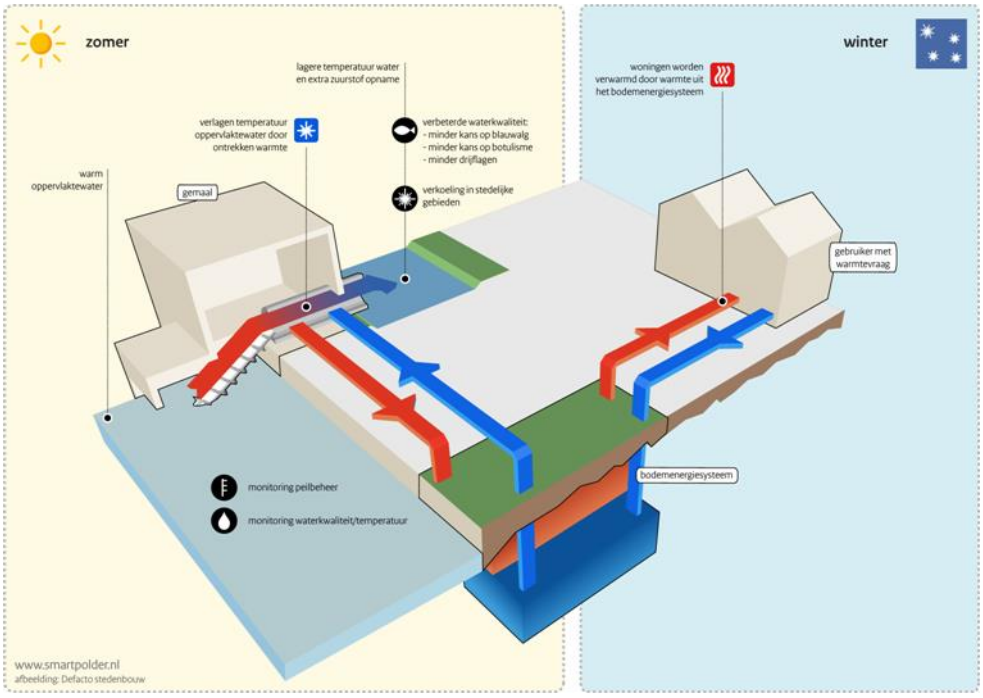
Daar waar energievraag en oppervlaktewater samenkomen is een economische rendabel project te maken. Op basis van de huidige energievraag is het economisch winbare potentieel 12% van de landelijke warmtevraag (42 PJ) en 54% van de landelijke koudevraag (3,8 PJ).

Het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en Utrechtse gemeenten hebben deze landelijke verkenning uitgewerkt in een meer gedetailleerde regionale kansenkaart (zie onderstaande link) voor de identificatie van kansrijke locaties voor het toepassen van TEO.

https://www.hdsr.nl/werk/water-energiebron

Warmte uit oppervlaktewater

Thermische energie in de vorm van warmte in oppervlaktewater in de zomer, kan worden omgezet in hoogwaardige warmte met een warmtepomp voor verwarming van gebouwen of de bereiding van warm tapwater. Dit is bijzonder goed toepasbaar bij afnemers met een overwegende warmtevraag zoals woningen. De grote potentie zit in de combinatie van warmtewinning uit oppervlaktewater met een seizoensopslag zoals een bodemenergiesysteem (= warmte-/koudeopslag = WKO). Hierbij wordt gebruik gemaakt van het natuurlijke temperatuurverschil van het oppervlaktewater in de zomer de temperatuur van grondwater (ca. 12 °C). In de zomer kan daarmee warmte uit het oppervlaktewater worden gewonnen en worden opgeslagen in een WKO (zie Figuur 22). Deze warmte kan in de winter vervolgens weer worden opgepompt om te dienen als warmtebron voor de warmtepomp. Hiermee kan op een zeer duurzame wijze warmte worden geproduceerd. De warmte kan zeer efficiënt worden gewonnen op een gemaal of stuw aangezien daar al water stroomt.



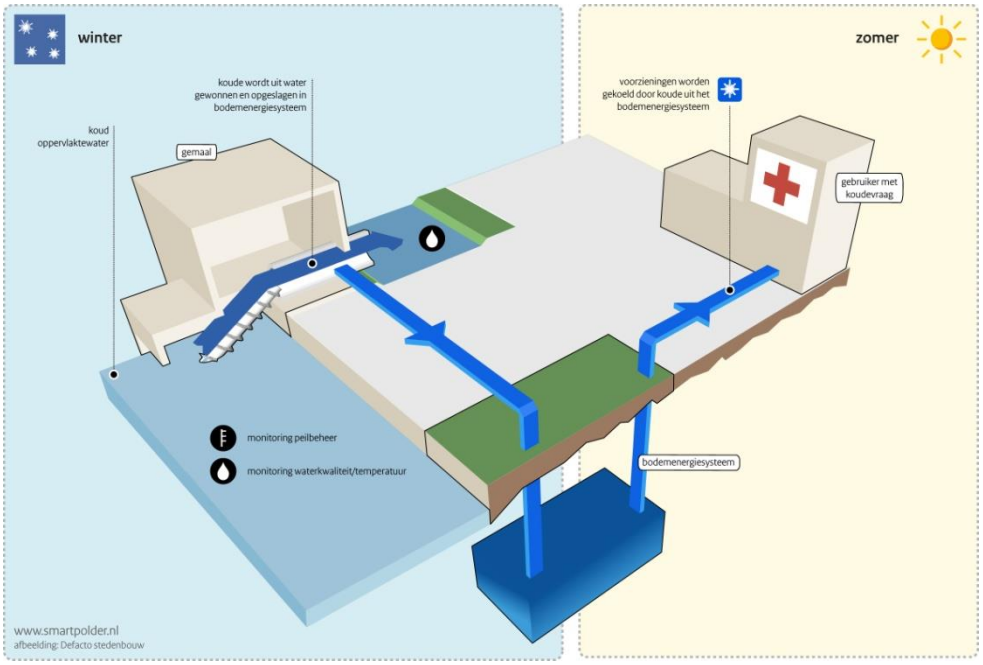
Figuur 7.1 | Gemaal als warmtecentrale in combinatie met WKO.

Het resultaat van dit concept is ook dat het oppervlaktewater dat wordt verpompt in de zomer enkele graden afkoelt, wat een positief effect heeft op de oppervlaktewaterkwaliteit. Met name in de stedelijke omgeving waar de oppervlaktewatertemperatuur negatief wordt beïnvloed door het stedelijk hitte eiland effect, ontstaan lokale knelpunten met de waterkwaliteit zoals blauwalgen, drijflagen en botulisme als gevolg van vissterfte. Vaak is dat het gevolg van een overmaat aan voedingsstoffen (eutrofiëring) in combinatie met een te hoge oppervlaktewatertemperatuur waardoor de natuurlijke processen worden versneld. Door het water in beweging te brengen kan het water meer zuurstof opnemen. Dit wordt versterkt door het water enkele graden af te koelen wat de zuurstofopname bevorderd. Ook zal kouder water enkele negatieve processen remmen zoals blauwalgenbloei. Hiermee kan de Smart polder bijdragen aan klimaat adaptatie en een toekomst bestendig waterbeheer. Dit zal niet alle problemen direct wegnemen, maar er zijn wel veel positieve effecten te benoemen te weten:

- De watertemperatuur zal afnemen, wat sturend is voor veel fysische, chemische en biologische processen.
- In koud water kan meer zuurstof opgelost worden.
    - Met name in kleine wateren zal door de lozing het water in beweging gebracht worden waardoor meer zuurstof in het water wordt opgenomen (reaeratie).
- De lozing kan de vorming van het giftige waterstofsulfide verminderen, als door de lozing zuurstofarm water zuurstofrijk wordt.
- Verbeterde zuurstofcondities bevordert de binding van fosfaat aan ijzer, waardoor deze minder beschikbaar komt.
- Het koudere water zal afbraak van organisch materiaal remmen en daarmee ook het zuurstof verbruik.
- Het proces van denitrificatie zal afnemen bij een lagere temperatuur.

Koude uit oppervlaktewater

In de winter kan ook koude worden gewonnen uit oppervlaktewater en worden opgeslagen in een WKO voor gebruik in de zomerperiode (zie Figuur 7.2). Dit concept is interessant voor afnemers met een overwegende koudevraag zoals datacenters, ziekenhuizen en industrie. Hiermee kan zonder aanvullende technieken zeer duurzame koeling worden geleverd met lage temperaturen (7 à 9 °C). Ook hier kan rechtstreeks koude worden geleverd als de temperatuur van het oppervlaktewater laag genoeg is. Door grote capaciteiten van gemalen is bij een beperkte temperatuursverandering al een zeer groot koude vermogen beschikbaar en dat maakt thermische winning op gemalen erg interessant.



Figuur 7.2 | Gemaal als koudecentrale in combinatie met WKO.

Inlaat en uitlaat bij onttrekkingspunt TEO systeem

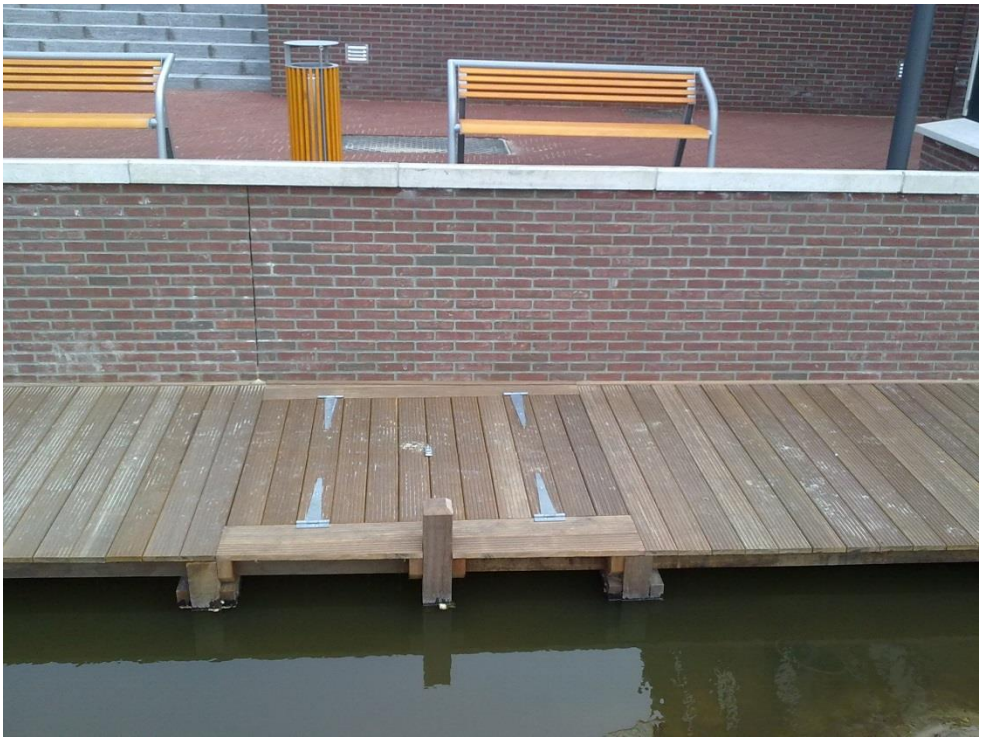
In Figuur 7.3 is de kadeafwerking bij een inlaat van een TEO systeem te zien. De inlaat in de kade is boven water geplaatst en afgewerkt onder een steiger. In Figuur 7.4 is een alternatief te zien, waarbij de inlaat van het TEO systeem onder water is geplaatst, volledig uit het zicht.

De inlaat kan ook als kade doorvoer worden gemaakt, daarmee is er geen object in de watergang.

De uitlaat kan onzichtbaar worden afgewerkt in de kademuur.



Figuur 7.3 | Inlaat van een TEO systeem. De inlaat is boven water geplaatst onder een steiger.

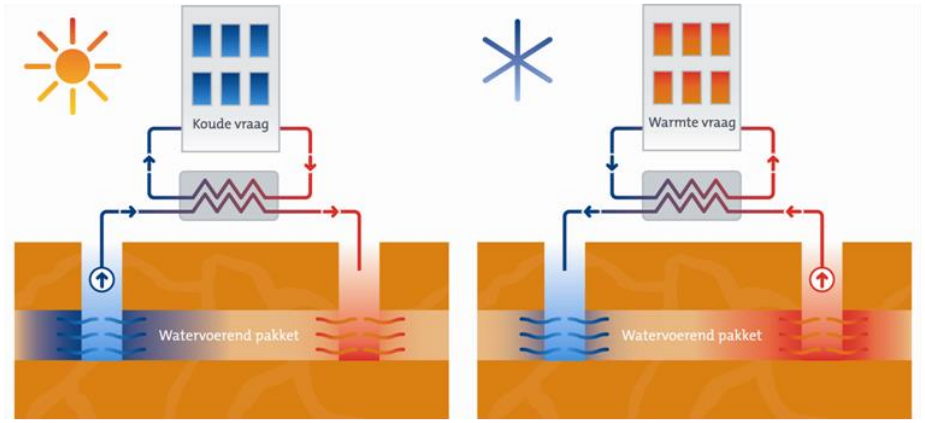


Figuur 7.4 | Inlaat van een TEO systeem. De inlaat is onder water geplaatst onder een steiger.

1.2 PRINCIPE WARMTE- EN KOUDE OPSLAG (WKO)

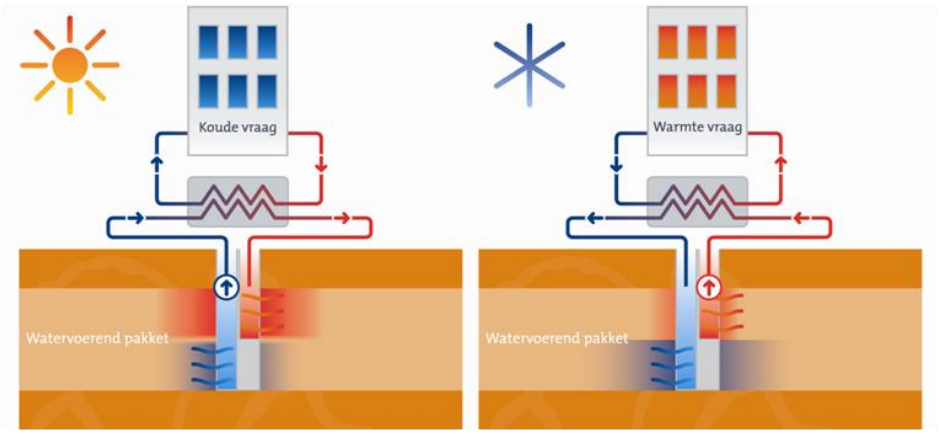
Het principe van een WKO met een open grondwatersysteem is dat in de winter het gebouw of proces wordt verwarmd met zomerwarmte en in de zomer wordt gekoeld met winterkoude. De warmte en koude worden door middel van open bronnen in een ondergrondse watervoerende laag opgeslagen en onttrokken.

Toepassing van dit principe kan op meerdere manieren. Bijvoorbeeld met een aparte warme en koude bron (een doublet) in hetzelfde watervoerende pakket. Hierbij worden beide bronnen met voldoende onderlinge afstand gerealiseerd om negatieve invloed te beperken. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 7.5.



Figuur 7.5 | Principe van energieopslag met een doublet.

Naast de toepassing van een doublet is het mogelijk een monobron te realiseren. Hierbij worden de warme en koude bron niet naast elkaar, maar onder elkaar in één boorgat in hetzelfde watervoerende pakket geplaatst. Hiervoor is het noodzakelijk dat op de projectlocatie een voldoende dik watervoerend pakket aanwezig is. Het principe van energieopslag met een monobron is weergegeven in Figuur 7.6.



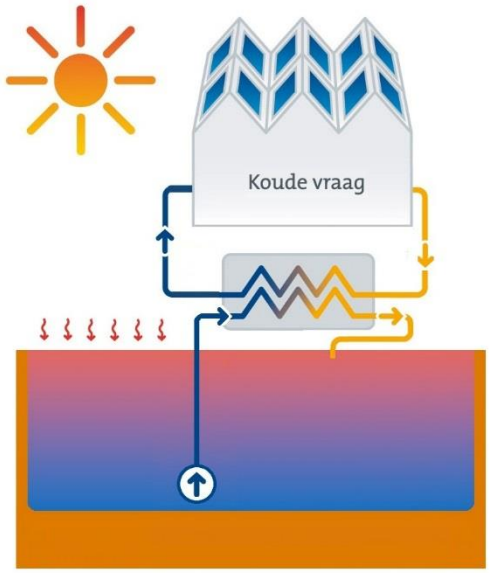
Figuur 7.6 | Principe van energieopslag met een monobron.

Een WKO dient in energiebalans te zijn, de hoeveelheid gewonnen koude dient doorgaans gelijk te zijn aan de gewonnen warmte. Indien er bij een afnemer een energieonbalans is (overwegende warmtevraag bij woningen en overwegende koudevraag bij datacenters en industrie) kan deze worden aangevuld met warmte of koude uit oppervlaktewater.

1.3 KOUDE UIT DIEPE PLASSEN

In diepe meren is van nature een voorraad koude aanwezig. Deze koude blijft door een natuurlijk fenomeen (stratificatie) voor een groot deel geïsoleerd van de zomerwarmte. Door de temperatuurverschillen van de seizoenen zal de koude in de winter weer worden aangevuld. Bij Lake Source Cooling (LSC) wordt deze koude opgepompt en benut voor bijvoorbeeld de koeling van gebouwen of processen. In Figuur 7.7 is een schematische voorstelling gemaakt van dit concept.

Gerealiseerde systemen in Nederland zijn:
- Ouderkerkerplas te Amsterdam NUON;
- Nieuwe Meer te Amsterdam NUON;
- Eeserwold te Steenwijk URcool (Unica/Roelofs);
- Strandpark Slijk- Ewijk Cobb Herveld.



Figuur 7.7 | Diepe onttrekking met LSC voor koude levering.

Het water dat uit de plas wordt onttrokken kan op diverse manieren worden geloosd/ingezet. Als de waterkwaliteit van de plas slecht is (hoge nutriëntenlast) kan de lozing gecombineerd worden met een helofytenfilter (biocascade). Hierdoor worden de nutriënten afgevangen voordat het water weer terugstroomt in de plas. Ook kan het water worden ingezet als watervoorziening van de omliggende polders. Deze variant wordt toegepast in Herveld waar de lozing op de naastliggende A-watergang gebeurt. Hierdoor wordt het relatief koele en schone water ingezet als watervoorziening tijdens de warme en droge dagen. De plas zal hiermee als alternatieve bron voor zoetwater gaan werken.

In de onderstaande links staan koppelingen naar relevante documenten over de ontwikkeling van TEO en de plaats van TEO (Smart polder/aquathermie) in het toekomstige energielandschap.

Rapport PBL toekomstbeeld klimaat neutrale warmtenetten:
http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-toekomstbeeld-klimaatneutrale-warmtenetten-in-nederland-1926.pdf

Green Deal Energie Waterschappen:
http://www.stowa.nl/publicaties/publicaties/slim_samenwerken_aan_groene_waterschappen__van_green_deal_naar_praktijkonderzoek

Rapport EEP 2017-2020 MJA:
https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2017/03/Arcadis-Klimaatmonitor-waterschappen-2016.pdf

Bijlage 2 Energieconceptvorming gebouwinstallatie

Afwegingen bij energieconceptvorming
Bij de toepassing van bodemenergiesystemen zijn verschillende concepten mogelijk. Afhankelijk van de randvoorwaarden binnen een project bepaalt het concept voor een groot deel de financiële, technische en juridische haalbaarheid. Belangrijke aspecten binnen een concept zijn:

- gebouwinstallatie;
- wijze van warmte en koude laden;
- distributienet;
- tapwaterbereiding;
- inzet componenten;
- ruimtegebruik inpandig.

De keuze voor de gebouwinstallatie en de wijze van warmte en koude laden zijn vaak bepalende keuze voor de financiële, technische en juridische haalbaarheid. Binnen de kaders van de hierin gemaakte keuzes, zijn over het algemeen verschillende ontwerpvarianten mogelijk voor wat betreft de overige aspecten.

In navolgende alinea's wordt toelichting gegeven op de overwegingen bij het kiezen van een concept voor de gebouwinstallatie.

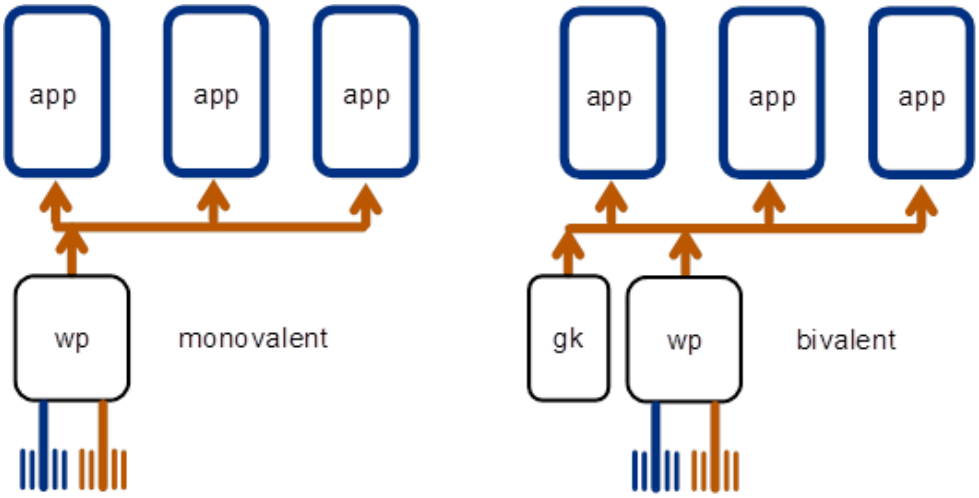
Gebouwinstallatie
Voor de gebouwsystemen kan gekozen worden voor monovalente of bivalente systemen. Beide systemen zijn schematisch weergegeven in Figuur 7.8. Een korte toelichting aan de hand van warmtelevering volgt hieronder:

Monovalent: Appartementen (app) hebben een warmtevraag (ruimteverwarming en tapwaterbereiding). Bij een monovalent systeem wordt één omzetter gebruikt die alle warmte levert. In het voorbeeld (zie Figuur 7.8) is dit een warmtepomp (wp) in combinatie met energieopslagsysteem.

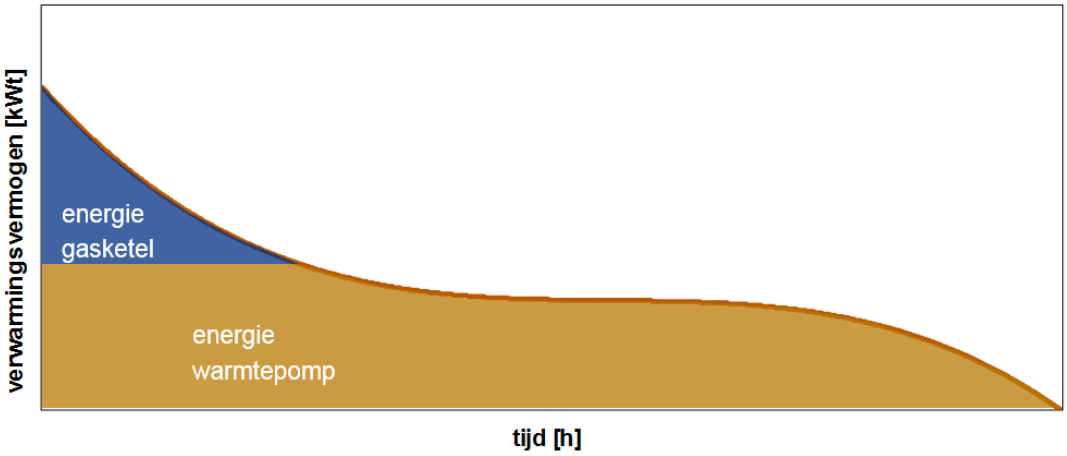
Bivalent: Bij een bivalent systeem wordt gebruik gemaakt van twee omzetters voor de warmtelevering. In het voorbeeld levert een warmtepomp in combinatie met een energieopslagsysteem een deel van de warmte. Het andere deel van de warmte wordt geleverd door bijvoorbeeld een gasketel (gk).

Veelal draait één omzetter (bijvoorbeeld de warmtepomp) op een basislast en levert hiermee een groot deel van de warmte terwijl de andere omzetter ingezet wordt als piekdekking en slechts een klein deel van de warmte levert. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 7.9 aan de hand van een jaarbelastingduurcurve. Een jaarbelastingduurcurve is een rangschikking van het

verwarmingsvermogen gedurende een heel jaar. Het is te zien dat het maximale verwarmingsvermogen slechts een paar uur per jaar nodig is. Doorgaans ligt het benodigd verwarmingsvermogen ver onder het maximale vermogen. Hierdoor kan met een beperkt vermogen nog steeds een groot deel van de totale warmtevraag geleverd worden.



Figuur 7.8 | Monovalent vs. Bivalent systeem (schematisch)



Figuur 7.9 | Jaarbelastingduurcurve.

De afweging tussen beide systeemconcepten is afhankelijk van een aantal criteria zoals duurzaamheid, financieel, leveringszekerheid en inpassing. Deze zijn hieronder beschreven.

Duurzaamheid
Zowel bij directe koudelevering als bij warmtelevering door warmtepompen in combinatie met het bodemenergiesysteem wordt energiebesparing en CO2-emissiereductie gerealiseerd ten opzichte van de referentievariant. Vanuit duurzaamheidoverwegingen heeft een monovalent systeem de voorkeur. De CO2-emissiereductie is bij een monovalent systeem maximaal. Bij een bivalent systeem bedraagt de CO2-emissiereductie circa 50-80% ten opzichte van de maximale CO2-emissiereductie.

Financieel
Zowel koudelevering als warmtelevering kunnen monovalent of bivalent worden uitgevoerd. Van beide situaties wordt voorafgaand aan de uitwerking het optimale systeemconcept bepaald.

Warmtelevering
Warmtelevering met een bodemenergiesysteem vindt bijna altijd plaats in combinatie met een warmtepomp. Wanneer er voor warmtelevering gebruik wordt gemaakt van een bivalent systeem, draait een warmtepomp vaak op een lage basislast en levert hiermee een groot deel van de benodigde warmte. Een ketel wordt in dit geval ingezet voor piekdekking. De investeringskosten voor een warmtepomp liggen hoger dan voor een gasketel (ca. factor 3). Door een bivalent systeem toe te passen in plaats van een monovalent systeem blijven de meer investeringen beperkt. De energiebesparing ligt bij een monovalent systeem hoger. Maar doordat de warmtepomp bij een basislast een groot deel van totale energievraag levert, zijn de besparingen voor energieverbruik beperkt. Ervaring leert dat vanuit financieel oogpunt de toepassing van een bivalent systeemconcept optimaal is.

Koudelevering
Eén van de grote voordelen van bodemenergiesystemen is dat direct gekoeld kan worden in combinatie met een hoge temperatuur koelsysteem. Koud grondwater wordt opgepompt uit de koude bron en in een warmtewisselaar wordt de koude overgedragen aan het gebouwzijdige circuit. Bij directe koeling wordt (veel) minder elektrische energie verbruikt dan bij conventionele compressiekoelmachines. Dit vertaalt zich naar primaire energiebesparing, CO2-emissiereductie en lagere exploitatiekosten.

Leveringszekerheid
Een voordeel van de bivalente variant is dat de leveringszekerheid hoger ligt dan bij de monovalente variant. Doordat gebruik wordt gemaakt van een warmtepomp en een ketel, kan bij wegvallen van één van deze componenten de andere component (een deel) van de warmte blijven leveren.

Inpassing
Bij een monovalent systeem wordt alle energie en vermogen onttrokken aan de bodem. Hierdoor wordt de bodem zwaarder belast en wordt het grondwatersysteem groter (meer bronnen, grotere afstand tussen de bronnen). Bij beperkte oppervlak van het perceel kan dit problematisch zijn voor de inpassing.

IF Technology **Creating energy**

Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl
I www.iftechnology.nl

NL60 RABO 0383 9420 47
KvK Arnhem 09065422
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**