



# Duurzame energievoorziening voor De Waard en het Waardeiland Leiden in beeld

20 december 2023

## Verantwoording

|                                          |                                                                                        |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Titel</b>                             | Duurzame energievoorziening voor De Waard en het Waardeiland Leiden in beeld           |
| <b>Opdrachtgever</b>                     | Gemeente Leiden en Stichting Energietransitie De Waard en Waardeiland (SEDWW)          |
| <b>Projectleider</b>                     | Simon Bos                                                                              |
| <b>Auteur(s)</b>                         | Simon Bos, Astrid Wentzel, Martin Koorn                                                |
| <b>Tweede lezer</b>                      | Geert van Rens                                                                         |
| <b>Uitvoering meet- en inspectiewerk</b> | Hans van Arnhem, Astrid Wentzel, Simon Bos                                             |
| <b>Projectnummer</b>                     | 1322519                                                                                |
| <b>Aantal pagina's</b>                   | 70 (exclusief bijlagen)                                                                |
| <b>Datum</b>                             | 20 december 2023                                                                       |
| <b>Handtekening</b>                      | 'Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven' |

## Colofon

Syntraal  
Kamperstraat 13021  
Postbus 479  
7400 AL Deventer  
T +31 88 02 44 300  
E [info@syntraal.nl](mailto:info@syntraal.nl)

## Inhoud

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Samenvatting .....                                                    | 6  |
| 1 Inleiding .....                                                     | 13 |
| 1.1 Onderzoeksvraag en afbakening .....                               | 13 |
| 1.2 Onderzoek aanpak .....                                            | 13 |
| 2 Projectgebied .....                                                 | 15 |
| 2.1 Afbakening projectgebied .....                                    | 15 |
| 2.2 De Waard .....                                                    | 16 |
| 2.2.1 Energielabels .....                                             | 16 |
| 2.2.2 Theoretische warmtevraag De Waard .....                         | 16 |
| 2.3 Het Waardeiland .....                                             | 17 |
| 2.3.1 Energielabel .....                                              | 18 |
| 2.3.2 Theoretische warmtevraag het Waardeiland .....                  | 18 |
| 2.3.3 Elektriciteitsvraag .....                                       | 19 |
| 3 Bronnenanalyse .....                                                | 21 |
| 3.1 Kader en afbakening .....                                         | 21 |
| 3.2 Duurzame warmtebronnen .....                                      | 22 |
| 3.2.1 Thermische energie uit oppervlaktewater .....                   | 22 |
| 3.2.2 Bodemwarmte middels bodemlussen .....                           | 24 |
| 3.2.3 WarmtelinQ .....                                                | 25 |
| 3.2.4 PVT-panelen op individuele basis .....                          | 26 |
| 3.2.5 PVT-panelen op collectieve basis .....                          | 26 |
| 3.2.6 Lucht/Water-warmtepomp (L/W-warmtepomp) .....                   | 27 |
| 3.3 Warmte Koude Opslag (WKO) .....                                   | 28 |
| 3.4 Elektriciteitsbronnen .....                                       | 30 |
| 3.4.1 Zonne-energie .....                                             | 30 |
| 3.4.2 Windenergie .....                                               | 31 |
| 4 Afweging bronnenanalyse .....                                       | 34 |
| 4.1 Kader .....                                                       | 34 |
| 4.2 Afweging .....                                                    | 34 |
| 4.2.1 Gezamenlijkheid verduurzaming De Waard en het Waardeiland ..... | 34 |

|       |                                                        |    |
|-------|--------------------------------------------------------|----|
| 4.2.2 | Individuele oplossingen voor het Waardeiland .....     | 35 |
| 4.2.3 | Collectieve oplossingen voor het Waardeiland .....     | 35 |
| 4.2.4 | Mogelijke locaties WKO.....                            | 37 |
| 4.2.5 | Opwekken elektriciteit.....                            | 38 |
| 4.3   | Vijfde generatie warmtenetten.....                     | 38 |
| 4.4   | Conclusie .....                                        | 40 |
| 5     | Uitwerking warmteopties.....                           | 41 |
| 5.1   | Impact op de openbare ruimte .....                     | 41 |
| 5.2   | Woningschouw.....                                      | 42 |
| 5.3   | Bronnet .....                                          | 43 |
| 5.3.1 | Impact op de woning.....                               | 44 |
| 5.3.2 | Aanpassingen afgiftesysteem.....                       | 44 |
| 5.3.3 | Kostencomponenten voor aansluiting op een bronnet..... | 45 |
| 5.3.4 | Investerings voor de bewoner .....                     | 46 |
| 5.3.5 | Jaarlijkse kosten voor de bewoner .....                | 47 |
| 5.4   | MT-net met TEO als bron.....                           | 48 |
| 5.4.1 | Impact op de woning.....                               | 49 |
| 5.4.2 | Investerings voor de bewoner .....                     | 49 |
| 5.4.3 | Jaarlijkse kosten voor de bewoners.....                | 50 |
| 5.5   | MT-net met WarmtelinQ als bron .....                   | 51 |
| 5.5.1 | Impact op de woning en noodzakelijke aanpassingen..... | 52 |
| 5.5.2 | Investerings in de woning en jaarlijkse kosten.....    | 52 |
| 5.6   | Lucht/water-warmtepomp (L/W warmtepomp) .....          | 52 |
| 5.6.1 | Impact op de woning.....                               | 52 |
| 5.6.2 | Investerings voor de bewoner .....                     | 52 |
| 5.6.3 | Jaarlijkse kosten voor de bewoner .....                | 53 |
| 5.7   | Resumé.....                                            | 54 |
| 6     | Warmtenetkosten.....                                   | 57 |
| 6.1   | Ontwerp warmtetracés .....                             | 57 |
| 6.2   | Investering bronnet en MT-net met TEO als bron .....   | 60 |
| 6.3   | Operationele kosten .....                              | 61 |
| 6.3.1 | Uitgangspunten .....                                   | 61 |



|           |                                                           |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------|----|
| 6.3.2     | Opbrengsten.....                                          | 62 |
| 6.3.3     | Subsidie.....                                             | 62 |
| 6.3.4     | Resultaat businesscase bronnet met TEO als bron.....      | 62 |
| 6.3.5     | Resultaat businesscase MT-net met TEO als bron .....      | 63 |
| 6.4       | Conclusie .....                                           | 64 |
| 7         | Total Cost of Ownership en CO <sub>2</sub> -reductie..... | 65 |
| 7.1       | Total Cost of Ownership (TOC).....                        | 65 |
| 7.2       | CO <sub>2</sub> -reductie .....                           | 67 |
| Bijlage 1 | Verslag locatiebezoek het Waardeiland 2 juni 2023.....    | 71 |
| Bijlage 2 | Gebruikte afkortingen .....                               | 84 |

## Samenvatting

Vanuit de bewoners en ondernemers van het Waardeiland en De Waard is een samenwerking ontstaan, die als doel heeft te streven naar een duurzame toekomst voor de volgende generatie. Het gebruik van omgevingsbronnen om de warmtevoorziening te verduurzamen, is als uitgangspunt gedefinieerd voor de onderhavige studie. Het doel is om inzicht te geven in de haalbaarheid van de verschillende verduurzamingsscenario's ten aanzien van het opwekken van warmte en elektriciteit. Uniek aan dit project is dat het hierbij gaat om een bedrijventerrein en een woonwijk, die het energievraagstuk gezamenlijk op aan willen pakken

### Het gebied

De Waard is een industrieterrein aan de rand van het centrum van Leiden, ontstaan in de jaren '70, toen bedrijvigheid uit het centrum werd geweerd en naar de toenmalige randen werd verplaatst. Van de panden is zo'n 40% in de jaren '70 gebouwd; de meeste overige panden zijn in de jaren '80 gebouwd. Een tiental panden is jonger dan veertig jaar. Bij het locatiebezoek bleek dat veel panden niet of maar deels worden verwarmd. De warmtevraag van De Waard is hiermee gering. Het gemiddelde aardgasverbruik voor de panden op De Waard is vastgesteld op circa 10.000 tot 12.500 m<sup>3</sup> aardgas. Dit komt overeen met circa 350 GJ jaar per bedrijf. Extrapolatie naar het gehele gebied leidt tot een totale warmtevraag van circa 17.500 GJ per jaar, ofwel circa 550.000 m<sup>3</sup> gas per jaar.

Aan de andere kant van het Rijn-Schiekanaal ligt het Waardeiland. In deze woonwijk staan 465 woningen, die allemaal in particulier bezit zijn. Hiervan is 28% appartementen, 47% tussenwoningen en 23% hoekwoningen (2% vrijstaand en overig). Van de woningen komt 84% uit periode 1975-1994 en 16% uit de periode na 1995. De woningen in het midden van de wijk zijn van een recenter bouwjaar. Het aardgasverbruik op het Waardeiland is gemiddeld circa 1.500 m<sup>3</sup> per woning per jaar geweest (47,5 GJ). De warmtevraag ligt daarmee bijna 30% boven het landelijk gemiddelde. De totale warmtevraag van de wijk bedraagt daarmee circa 26.250 GJ per jaar, ofwel circa 830.000 m<sup>3</sup> gas.

### Beschikbare warmtebronnen

In de omgeving van De Waard en het Waardeiland zijn verschillende warmtebronnen beschikbaar. Door de ligging aan het Rijn-Schiekanaal is er veel potentie voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO). Maar ook PVT-panelen bieden een mogelijkheid en de optie van WarmtelinQ (warmte uit het Rotterdamse havengebied) is ook in de beschouwing meegenomen. Voor sommige collectieve warmtebronnen is het van belang om een warmte-koude opslag (WKO) toe te passen. Daarnaast zijn ook de Lucht/Water (L/W)-warmtepompen beschouwd als optie. Naast warmte is er ook gekeken naar de mogelijkheden voor het opwekken van duurzame elektriciteit. In dit kader is gekeken naar zonne-energie en windenergie.

### De afweging

Om tot een goede afweging van de bronnen en technieken te kunnen komen, is als uitgangspunt gehanteerd dat het proces van de warmtevoorziening randvoorwaardelijk is. Hiermee wordt bedoeld dat het van belang is om te weten hoe de warmte wordt opgewekt en hoe de warmte in de woning wordt gebracht. Dat houdt onder ander in dat bij de individuele bronnen de warmtebron als zodanig meespeelt

in de afweging; de bron is min of meer onlosmakelijk verbonden met het verdere proces. Voor de collectieve oplossingen is de bron als zodanig minder zwaarwegend in de afweging. Evenals bij de individuele technieken is ook hierbij van belang hoe de warmte in de woning wordt gebracht. Het opwekken van de warmte kan collectief worden gedaan (MT- of LT-net) of kan als brontemperatuur worden aangeboden aan de woningen (bronnnet), waarna in de woningen de verder opwaardering moet plaatsvinden.

Om voldoende warmte te produceren met PVT-panelen is een flinke hoeveelheid dakoppervlak nodig. Een gedachte is om de PVT-panelen te installeren op de daken van de bedrijfspanden van De Waard en de warmte te benutten voor zowel De Waard als het Waardeiland. De Waard zou in dit scenario met name leverancier van warmte zijn, zodat in een coöperatieve vorm de uitwisselingen en wederzijdse benutten geregeld dient te worden. Van belang bij een dergelijke constructie is dat het voor de continuïteit belangrijk is om langjarige afspraken te maken en met elkaar vast te leggen. Gedacht moet worden aan contractperiodes van 20 tot 30 jaar. Dit is organisatorisch complex, waarmee deze oplossing vooral gunstig lijkt te zijn voor de woningen op het Waardeiland en minder voor de panden op De Waard; de warmtevraag op De Waard is relatief laag en de warmtedichtheid is gering, zodat een warmtenet voor De Waard een relatief dure oplossing wordt. Daarmee wordt deze optie als minder wenselijk beschouwd. Individuele oplossingen in de vorm van L/W-warmtepompen liggen voor de panden op De Waard meer voor de hand.

Het collectief opwekken van elektriciteit op de daken van de panden van De Waard zal ook grotendeels ten goede komen aan de woningen op het Waardeiland. Dit laatste is uiteraard een mooi vorm van samenwerking, omdat betwijfeld kan worden of de ruimte op de daken van de woningen van het Waardeiland groot genoeg is om voldoende elektriciteit op te wekken voor de elektriciteitsvraag van de woningen.

Door de hoge dichtheid van de woningen op het Waardeiland is dit gebied niet geschikt voor het toepassen van bodemlussen met individuele warmtepompen als oplossing voor alle woningen. Het risico op te grote afkoeling van de bodem met uiteindelijk bevroeringsverschijnselen is realistisch en zeer onwenselijk. Voor bedrijventerrein De Waard zou deze optie wel geschikt kunnen zijn, omdat de onderlinge afstand tussen de bedrijven veel groter is dan die tussen de woningen. Het toepassen van individuele L/W warmtepompen bij elke woning op het Waardeiland kan een optie zijn. Consequentie hierbij is wel dat bij elke woning een individuele warmtepomp komt te staan. Naast het visuele aspect, zal dit ook een bepaalde vorm van geluidsoverlast kunnen veroorzaken. Voor wat betreft de warmtenet-oplossingen lijkt een collectief warmtenet op MT-temperatuur als ook een bronnnet een voor de hand liggende oplossing voor de woningen op het Waardeiland te zijn. De mogelijkheid is ook aanwezig dat er op het netwerk van WarmtelinQ alsnog voldoende capaciteit is voor De Waard en het Waardeiland. Waardoor het mogelijk is om het warmtenet uit te breiden naar deze wijken.

### Impact op de openbare ruimte

Voor de aanleg van een bronnnet en ook voor een MT-net wordt er in de openbare ruimte een TEO-systeem, een WKO en een bron- c.q. warmtenetstelsel aangelegd. Alle drie componenten hebben een impact op de openbare ruimte. Voor wat betreft het bronnnet en het MT-net, deze worden veelal onder de verharding van de wegen en straten aangelegd, om de woningen aan te kunnen sluiten. Daarmee is de

impact op de openbare ruimte relatief groot. Het ondergrondse ruimtebeslag is in beide gevallen fors, omdat de leiding ook met een onderling afstand van elkaar aangebracht moeten worden. Over het algemeen is de ondergrond in het bebouwde gebied al flink benut door diverse kabels en leidingen en dat zal op het Waardeiland niet anders zijn. Daarbij speelt ook mee dat het Waardeiland via één route ontsloten is met het overige deel van Leiden. Eén en ander zal met name tijdens de realisatieperiode de nodige aandacht en afstemming vergen.

Een ander aspect is dat er een WKO nodig is om een deel van de warmte die in de zomer uit het Rijn-Schiekanaal gewonnen wordt, op te slaan. Deze opgeslagen warmte kan in de winter benut worden om het bronnet te voeden. Voor een WKO is, naast de putten die ondergrond afgewerkt kunnen worden, ook een technische ruimte nodig van waaruit de aansturing plaatsvindt.

Tenslotte verdient ook de warmtewisselaar de nodige aandacht. Deze installatie is nodig om de warmte uit het water van het Rijn-Schiekanaal te kunnen winnen.

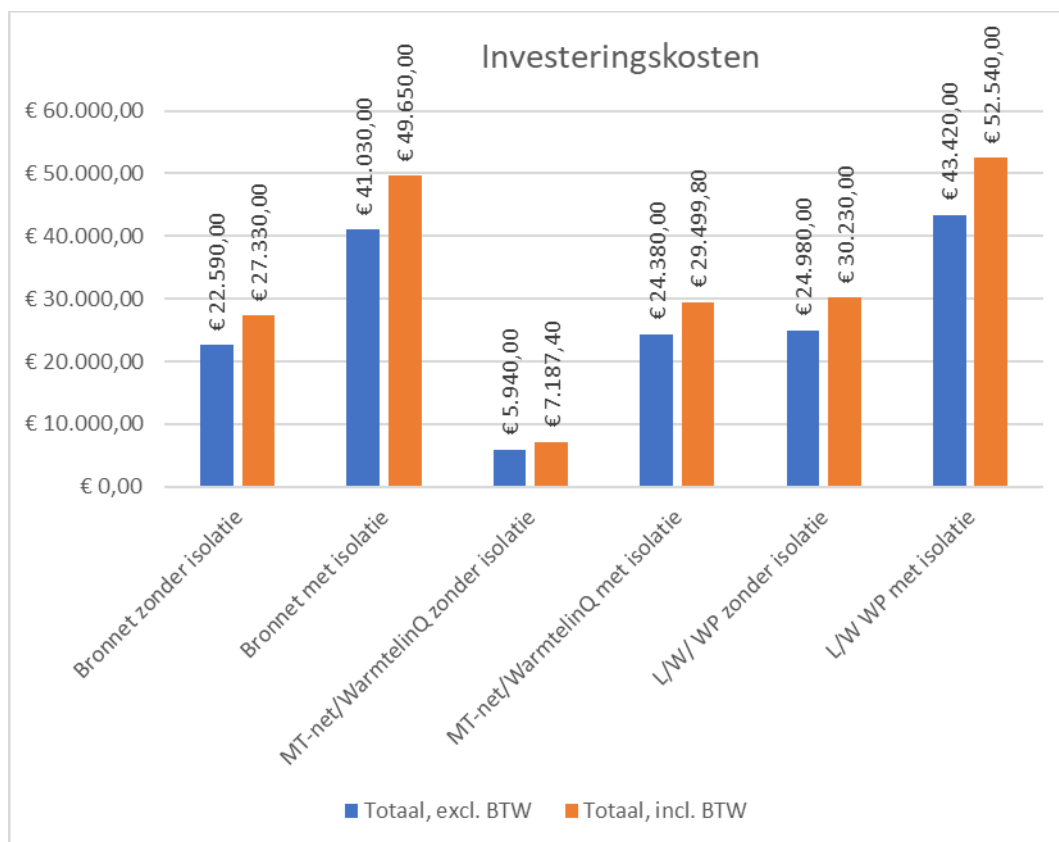
### Impact op de woningen

In de meeste woningen komt de huidige gasleiding bij de voordeur binnen en loopt deze via de meterkast naar de bovenste verdieping waar de CV-ketel staat. Het is voor de hand liggend om de aanvoer- en retourleidingen van een collectieve oplossing op dezelfde plaats de woning binnen te laten komen. Het is dan nodig om de leidingen – dit zijn er twee, waar dit voor aardgas maar één leiding betreft – naar de bovenste verdieping te leiden. Voor de meeste appartementen en woningen zal dit technisch mogelijk zijn. Voor een aantal appartementen is deze opgave veel ingewikkelder. En andere optie, die voor alle woningen geldt, is om de leidingen aan de buitenzijde van de woning aan te brengen en op de plaatst van de warmtepomp naar binnen te leiden.

### Investerings- en jaarlijkse kosten

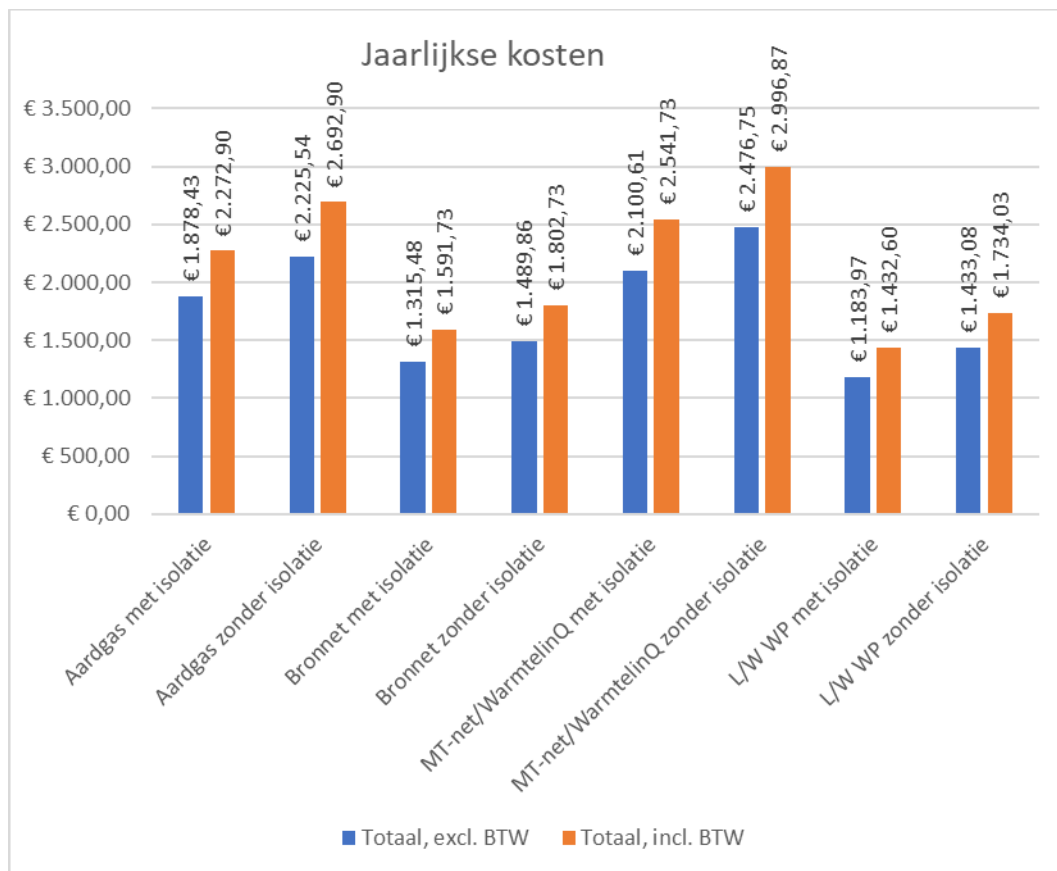
Als een woning volledig gasloos wordt en een eigen warmtepomp krijgt, betekent dit dat de kosten voor het leveren en gebruik van gas volledig vervallen, maar dat de kosten voor elektriciteit zullen toenemen. Naast het elektraverbruik door de warmtepomp, zullen veel woningen ook een elektrische of een inductie kookplaat aan moeten schaffen. Daarnaast zal de elektriciteitsaansluiting in de woningen mogelijk verzwaaard moeten worden om voldoende stroom te kunnen leveren aan alle apparaten.

Samenvattend zijn in Figuur 1-1 de investeringskosten van de beschouwde varianten grafisch weergegeven, waarvoor bij alle opties onderscheid is gemaakt in de investeringen met en zonder het uitvoeren van isolatiemaatregelen. Of en welke isolatiemaatregelen noodzakelijk zijn, kan relatief eenvoudig vastgesteld worden door de aanvoertemperatuur van de gasketel in de huidige situatie te verlagen en vast te stellen of bij een lagere aanvoertemperatuur een even groot of acceptabel comfort wordt bereikt



*Figuur 1-1: Samenvatting investeringskosten van de beschouwde varianten per woning. 'Zonder isolatie' betekent dat er geen aanvullende isolatiemaatregelen worden uitgevoerd. 'Met isolatie' betekent dat er wel isolatiemaatregelen zijn uitgevoerd. De ingeschatte kosten zijn in de berekeningen meegenomen.*

In Figuur 1-2 zijn de jaarlijkse kosten van de beschouwde varianten grafisch weergegeven.



*Figuur 1-2: Samenvatting jaarlijkse kosten beschouwde varianten per woning. 'Zonder isolatie' betekent dat er geen aanvullende isolatiemaatregelen worden uitgevoerd. 'Met isolatie' betekent dat er wel isolatiemaatregelen zijn uitgevoerd. De ingeschatte kosten zijn in de berekeningen meegenomen.*

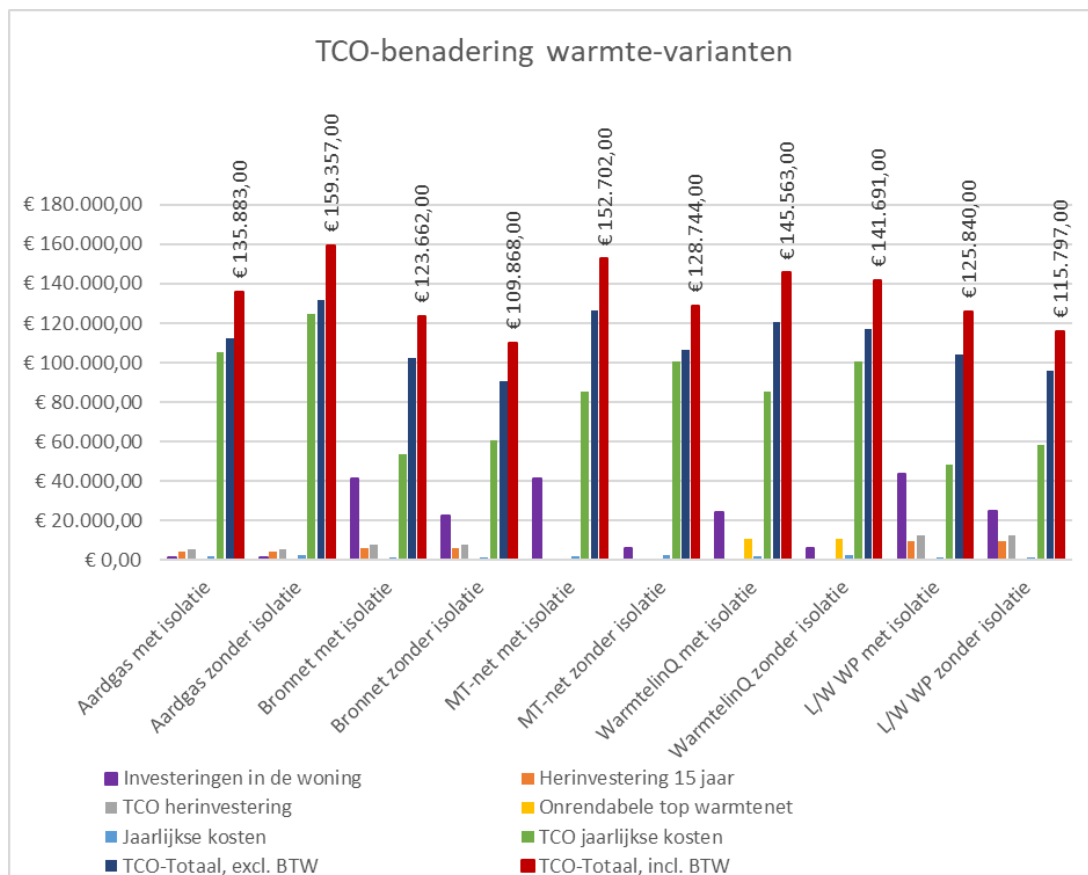
Voor de opzet van een collectieve warmtevoorziening met een bronnet of een warmtenet is ook het perspectief van de energieleverancier van belang. Bij de aanleg van een collectief warmtenet ontstaat er collectieve kosten voor de investeringen en de operationele kosten, maar ook inkomsten vanuit de bewoners die voor de geleverde diensten betalen. Het aantal aangesloten woningen bepaalt in sterke mate de haalbaarheid van de businesscase, omdat door middel van het aantal aansluitingen inkomsten gegenereerd worden. Bij MT-net is een gemiddelde deelname van 80% noodzakelijk voor een gezonde businesscase. Voor een bronnet is dit percentage iets lager, gemiddeld 70%.

### Totale kosten over 30 jaar

Om inzicht in de totale kosten te krijgen, is een TCO-benadering uitgevoerd. Hierbij zijn de totale kosten over een periode van 30 jaar in beeld gebracht. In Figuur 1-3 zijn de resultaten hiervan grafisch weergegeven. Hierbij zijn de TCO-totaal, inclusief en exclusief BTW als totale kosten weergegeven. De overige vier componenten ('Investeringen in de woning', 'TCO-herinvestering', 'Onrendabele top warmtenet' en 'TCO jaarlijkse kosten') als daadwerkelijke kosten voor deze onderdelen weergegeven. Deze vier componenten zijn dus niet gesommeerd, maar betreffende de afzonderlijke kosten voor deze componenten. Duidelijk is te zien dat de jaarlijkse kosten, die voornamelijk uit energiekosten bestaan, voor het



grootste deel van de totale kosten over 30 jaar zorgen. Met name bij de opties waar de energiekosten uit kosten voor elektriciteit bestaan (het bronnet en de L/W warmtepomp) is het gebruik van eigen opgewekte energie middels PV-panelen interessant. Hiermee kunnen deze kosten dalen of zelfs (grootendeels) geëlimineerd worden, waarmee deze varianten financieel gezien nog positiever scoren ten opzichte van de overige varianten.



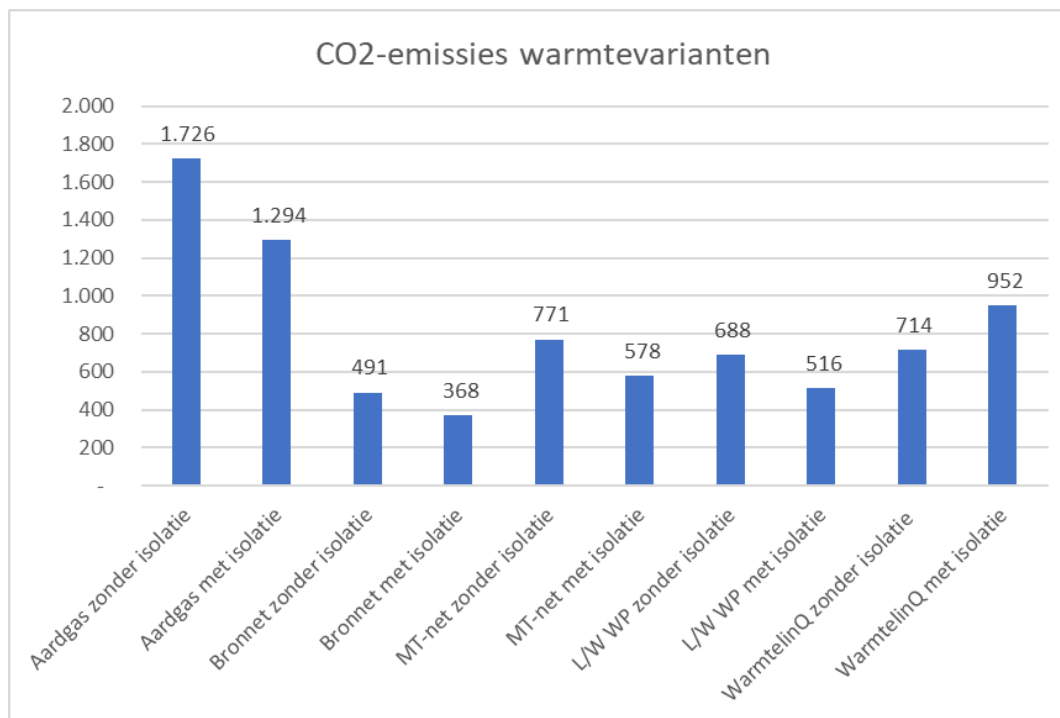
*Figuur 1-3: Grafische weergave TCO-benadering doorerekende varianten. 'Zonder' betekent dat er geen aanvullende isolatiemaatregelen worden uitgevoerd. 'Met' betekent dat er wel isolatiemaatregelen zijn uitgevoerd. De ingeschatte kosten zijn in de berekeningen meegenomen.*

Op basis van de grafiek zou geconcludeerd kunnen worden dat de kosten voor isolatie zich ogenschijnlijk niet terug laten verdienen in de jaarlijkse kosten. Isolatie zal echter leiden tot een hoger energielabel, wat een waardeverhoging van de woning tot gevolg heeft.

## CO<sub>2</sub>-effect van de varianten

Voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissie van de verschillende varianten zijn de rekenregels van de Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK) gehanteerd. De SNK stelt methodedocumenten vast waarmee CO<sub>2</sub>-reductie op een gewaarborgde manier wordt berekend. Voor de vrijwillige koolstofmarkt in Nederland is de SNK bevoegd om CO<sub>2</sub>-certificaten uit te geven. In Figuur 1-4 is de CO<sub>2</sub>-emissie van de verschillende

warmtevarianten grafisch weergegeven. Geconcludeerd kan worden dat een bronnet tot de grootste CO<sub>2</sub>-reductie leidt, gevolg door de individuele L/W warmtepompen.



Figuur 1-4: Grafische weergave CO<sub>2</sub>-emissie warmtevarianten

## 1 Inleiding

Nederland heeft een grote uitdaging ten aanzien van het verduurzamen van de bebouwde omgeving. Initiatieven vanuit bewoners worden daarom enthousiast ontvangen door de overheden. Ook in Leiden is een dergelijk initiatief ontstaan vanuit de bewoners en ondernemers van het Waardeiland en De Waard, dat enthousiast is ontvangen door de gemeente Leiden en provincie Zuid-Holland. Het betreft een samenwerking tussen het bewonersinitiatief Waardeiland (BEW) en de ondernemersvereniging De Waard (OV De Waard). Het doel is te streven naar een duurzame toekomst voor de volgende generatie. Het idee is om hiervoor gebruik te maken van omgevingsbronnen ten aanzien van het verduurzamen van de warmtevoorziening. Het Waardeiland en De Waard hebben daarbij een unieke ligging, beiden zijn gelegen langs het Rijn-Schiekanaal.

De aanpak van het Waardeiland en De Waard sluit aan bij de klimaatdoelstellingen die de gemeente Leiden voor ogen heeft. Zij wil door middel van een zogenaamde mixed energy-benadering streven naar collectieve, alternatieve warmteopwekking. Door middel van samenwerkingsverbanden met verschillende partijen richt zij zich op energiebesparing en verduurzaming van de bebouwde omgeving. Dit doen zij door het isoleren van woningen en gebouwen en door toepassing van duurzame warmte en energie.

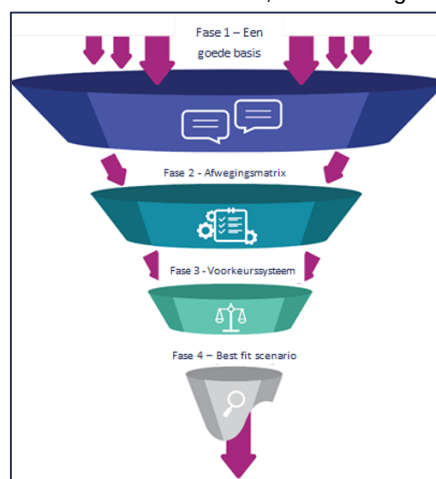
### 1.1 Onderzoeksvraag en afbakening

Het doel van dit rapport is om inzicht te geven in de haalbaarheid van de verschillende verduurzamingsscenario's ten aanzien van het opwekken van warmte en elektriciteit. Het gaat hierbij zowel om de technische als ook de financiële aspecten.

### 1.2 Onderzoek aanpak

Om tot het "best-fit" scenario te komen, is gewerkt aan de hand van een trechtermodel, zoals weergegeven in Figuur 1.1. Hiermee is een goede basis gelegd, die vervolgens verder toegespitst is naar enkele voorkeurs-scenario's.

In *fase 1* van het onderzoek is een bronnenanalyse uitgevoerd (zie hoofdstuk 3). In de geschetste scenario's vanuit de projectgroep zijn verschillende energiebronnen in de omgeving van het Waardeiland en De Waard gelokaliseerd. Er is in kaart gebracht hoeveel warmte er beschikbaar is en ook of het mogelijk is om de warmte die in de zomer gewonnen kan worden, opgeslagen kan worden in de bodem. Deze opgeslagen warmte kan dan in de winterperiode worden benut. Naast de warmtebronnen zijn ook mogelijkheden voor elektriciteitsopwekking in beeld gebracht, omdat het verduurzamen van de warmtevoorziening vaak gepaard gaat met een extra behoefte aan elektriciteit.



Figuur 1-1: Onderzoek aanpak in vier fasen

In *fase 2* is een afwegingsmatrix voor de verschillende technieken vormgegeven en getoetst. Over de technisch haalbare bronnen is het gesprek aangegaan met betrokken ondernemers vanuit De Waard en bewoners van het Waardeiland. Als basis hiervoor is de bronnenanalyse, zoals beschreven in hoofdstuk 3 gehanteerd. In hoofdstuk 4 worden de conclusies van de bronnenanalyse beschreven.

In *fase 3 en 4* zijn de voorkeurstechnieken verder uitgewerkt, waarbij met name is gefocust op de praktische haalbaarheid. Gedurende het proces bleek er bij zowel de ondernemers als bij de bewoners meer behoefte te zijn aan extra toelichting en uitleg over de beschikbare technieken. Er is daarom is besloten de uitgewerkt technieken van deze fase ook van een toelichting te voorzien in deze rapportage, zie hiervoor de hoofdstukken 5 en 6. Daarnaast is ook een berekening van de kosten over een periode van 30 jaar gemaakt, deze zijn beschreven en weergegeven in hoofdstuk 7 waarbij tevens op de CO<sub>2</sub>-reductie wordt ingegaan.

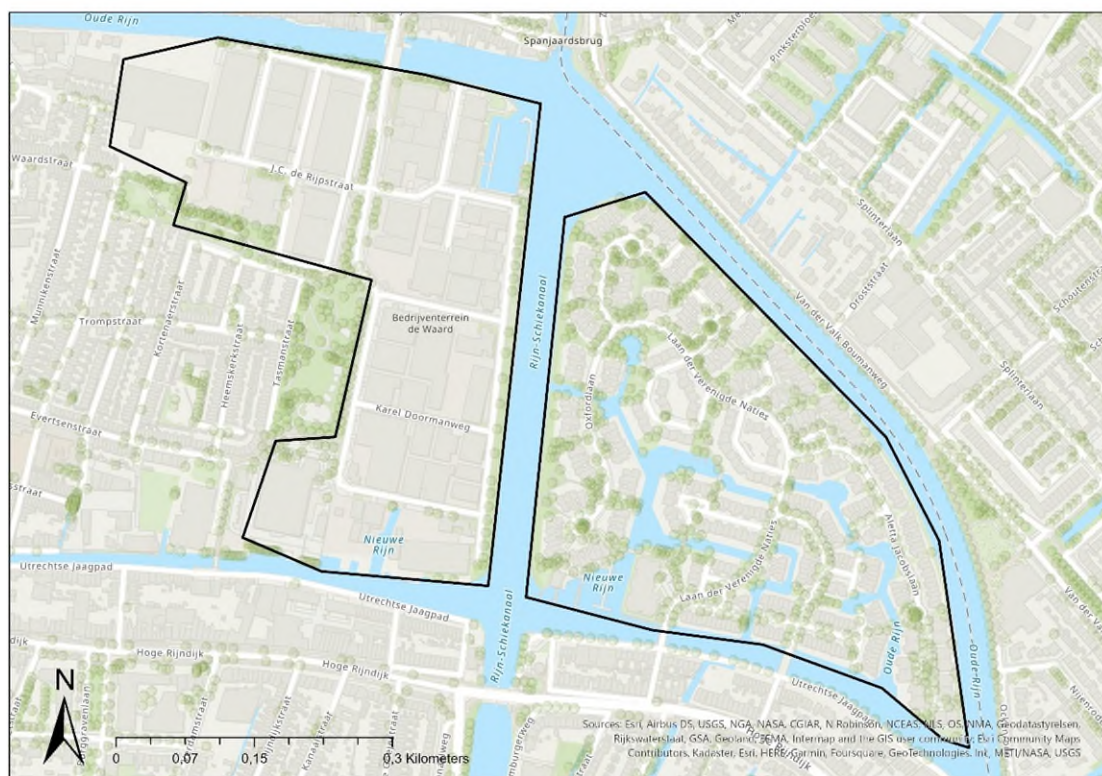
Tenslotte is in bijlage 2 een verklarende lijst van de in dit rapport gebruikte afkortingen opgenomen.

## 2 Projectgebiet

*In het hoofdstuk wordt eerst een beschrijving van het projectgebied gegeven. Hierbij wordt ook aandacht geschonken aan de energielabels en de warmte- en elektriciteitsvraag.*

## 2.1 Afbakening projectgebied

Het doel van dit project is om meer inzicht te krijgen in duurzame energiebronnen voor De Waard en het Waardeiland in Leiden. Uniek aan dit project is dat het hierbij gaat om een bedrijventerrein en een woonwijk, die het energievraagstuk gezamenlijk op aan willen pakken. In Figuur 2.1 is de afbakening van de beide gebieden weergegeven. In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de opbouw van beide deelgebieden, op basis waarvan ook de warmtevraag is bepaald. Op basis daarvan kan worden bepaald of de aanwezige warmtebronnen in de omgeving voldoende energie kunnen leveren. In paragraaf 2.1 wordt ingegaan op de panden en de opbouw van bedrijventerrein De Waard, in paragraaf 2.2 volgt hetzelfde voor het Waardeiland.



*Figuur 2-1: De Waard (links) en het Waardeiland (rechts), gescheiden door het Rijn-Schiekanaal*

## 2.2 De Waard

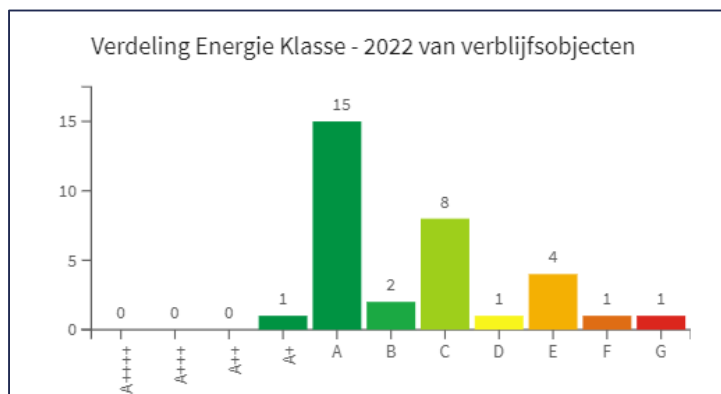
De Waard is een industrieterrein aan de rand van het centrum van Leiden. In Figuur 2.2 is als indicatie een luchtfoto van een deel van het industrieterrein weergegeven. Het industrieterrein is ontstaan in de jaren '70, toen bedrijvigheid uit het centrum werd geweerd en naar de toenmalige randen werd verplaatst. Van de panden is zo'n 40% in de jaren '70 gebouwd; de meeste overige panden zijn in de jaren '80 gebouwd. Een tiental panden is jonger dan veertig jaar. In de loop der jaren is het gebied omringd geraakt door woningbouw. De bedrijven en panden op het industrieterrein zijn gevarieerd van samenstelling. Er staan loodsen, kantoorgebouwen maar ook bevinden zich enkele winkels in het gebied. Een overeenkomstigheid tussen de panden is dat ze over het algemeen platte daken hebben met een relatief groot oppervlak.



Figuur 2-2: Luchtfoto van bedrijventerrein De Waard

### 2.2.1 Energielabels

De definitieve energielabels zijn in het algemeen goed, zoals samengevat in Figuur 2-3. Van belang is om in ogenschouw te nemen dat het hier alleen energielabels betreft van kantoren en huurpanden, omdat andere objecten (nog) niet voorzien hoeven te zijn van een energielabel.



Figuur 2-3: Definitieve energielabels van bedrijventerrein De Waard<sup>1</sup>

### 2.2.2 Theoretische warmtevraag De Waard

Bij het locatiebezoek bleek dat veel panden niet of maar deels worden verwarmd, zoals loodsen en werkplaatsen. In sommige gevallen moeten deze gebouwdelen vorstvrij worden gehouden, waardoor er maar enkele dagen in het jaar verwarmd zal worden. Bij veel panden wordt alleen het kantoorgedeelte verwarmd tot kamertemperatuur. Dit is vaak een klein deel van het totale pand. De warmtevraag van De Waard is hiermee gering.

<sup>1</sup> <https://wijkpaspoort.vng.nl/?admin=GM0546>



Boven sommige panden op De Waard bevinden zich woonappartementen. Deze hebben uiteraard ook een bepaalde warmtevraag, maar niet elke wooneenheid heeft een eenduidige of duidelijk herleidbare eigen aansluiting en ook de bestendigheid van deze bewoning is niet eenduidig. Om die reden is op verzoek van de betrokkenen van De Waard voor het bepalen van de warmtevraag uitgegaan van de officieel geregistreerde en door de netbeheerders beschikbaar gestelde verbruiksdata.

Het gemiddelde aardgasverbruik voor de panden op De Waard is vastgesteld op circa 10.000 tot 12.500 m<sup>3</sup> aardgas. Dit komt overeen met circa 350 GJ jaar per bedrijf. Extrapolatie van deze gegevens naar het gehele gebied laat zien dat het bedrijventerrein een totale warmtevraag heeft van circa 17.500 GJ per jaar, wat overeenkomt met circa 550.000 m<sup>3</sup> gas per jaar. Deze gegevens komen overeen met het onderzoek van Green Expert uit 2021<sup>2</sup>. Het gasverbruik per vierkante meter komt daarmee voor het gehele bedrijventerrein op circa 5 m<sup>3</sup> per jaar<sup>3</sup>. Dit is erg laag vergeleken met bijvoorbeeld een woonwijk. Dat komt ook overeen met het beeld na het locatiebezoek. Om deze redenen kan geconcludeerd worden dat de warmtevraagdichtheid te laag is om een rendabel warmtenet aan te leggen en kan op voorhand gesteld worden dat deze collectieve aanpak voor het bedrijventerrein De Waard niet interessant zal zijn.

### 2.3 Het Waardeiland

Aan de andere kant van het Rijn-Schiekanaal ligt het Waardeiland. In deze woonwijk staan 465 woningen, die allemaal in particulier bezit zijn. Hiervan zijn 28% appartementen, 47% tussenwoningen en 23% hoekwoningen (2% vrijstaand en overige type woningen).

Er zijn verschillende typen appartementen. Bij de ingang van de wijk staat een appartementencomplex uit 1998. Ook zijn er complexen met boven- en benedenwoningen met zes eenheden per blok. In beide gevallen geldt dat elk appartement een CV-ketel heeft.

Van de woningen komt 84% uit periode 1975-1994 en 16% uit de periode na 1995. De woningen in het midden van de wijk zijn van een recenter bouwjaar, zoals te zien in Figuur 2.4. Omdat dit recentere deel van de wijk gebouwd is na 1992 (in dat jaar trad een nieuw Bouwbesluit in werking) is aangenomen dat deze woningen voldoen aan strengere regelgeving conform het Bouwbesluit. Deze woningen hebben over het algemeen een hoger energielabel.



Figuur 2-4: Bouwjaren woningen op het Waardeiland<sup>1</sup>

<sup>2</sup> Warmtetransitie OV De Waard, oktober 2021

<sup>3</sup> <https://dego.vng.nl/?label=topo&query=Gemeente+Leiden#14.57/52.15853/4.51515>

## 2.3.1 Energielabel

Ongeveer de helft van de woningen op het Waardeiland heeft een definitief energielabel. Dit geeft een indicatie voor de gehele wijk. De woningen met een definitief energielabel zijn ook bijna allemaal redelijk tot goed geïsoleerd. Zoals ook te zien in Figuur 2.5 voldoet de helft van de woningen met een definitief energielabel aan de isolatiestandaard (energielabel B of hoger). Deze woningen zijn daarmee theoretisch geschikt voor laagtemperatuur verwarmingssysteem. Van belang is wel om in ogenschouw te nemen dat dit afhangt van de maatregelen waarmee het label bereikt is. Zonnepanelen (PV) leiden als voorbeeld tot een hoger label, maar maakt een woning daarmee niet per definitie geschikt voor een lage temperatuur verwarmingssysteem.

Wanneer de data geëxtrapoleerd wordt over het Waardeiland als geheel, dan geeft dat de indicatie dat circa helft van de woningen nog een bepaalde isolatie-inspanning moet verrichten alvorens de overstap naar een laagtemperatuur verwarmingssysteem te maken.



Figuur 2-5: Definitieve energielabels op woonwijk het Waardeiland<sup>4</sup>

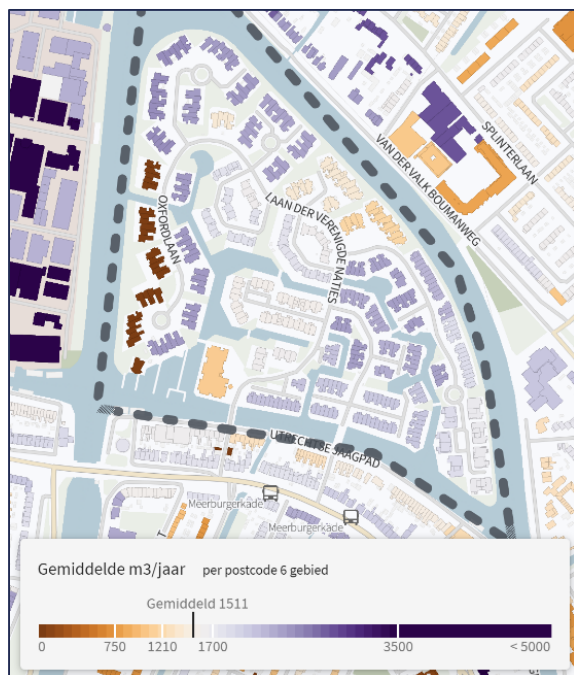
## 2.3.2 Theoretische warmtevraag het Waardeiland

De vraag naar aardgas op het Waardeiland in de afgelopen jaren is gemiddeld circa 1.500 m<sup>3</sup> per woning per jaar geweest, zie Figuur 2.6. Dit komt overeen met circa 47,5 GJ per woning per jaar. De warmtevraag ligt daarmee bijna 30% boven het landelijk gemiddelde<sup>5</sup>. De totale warmtevraag van de wijk bedraagt daarmee circa 26.250 GJ per jaar, ofwel circa 830.000 m<sup>3</sup> gas. Ook dit komt overeen met de resultaten van de eerdergenoemde studie van Green Experts.

<sup>4</sup> <https://wijkpaspoort.vng.nl/?admin=GM0546>

<sup>5</sup> <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/inzicht-in-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik>

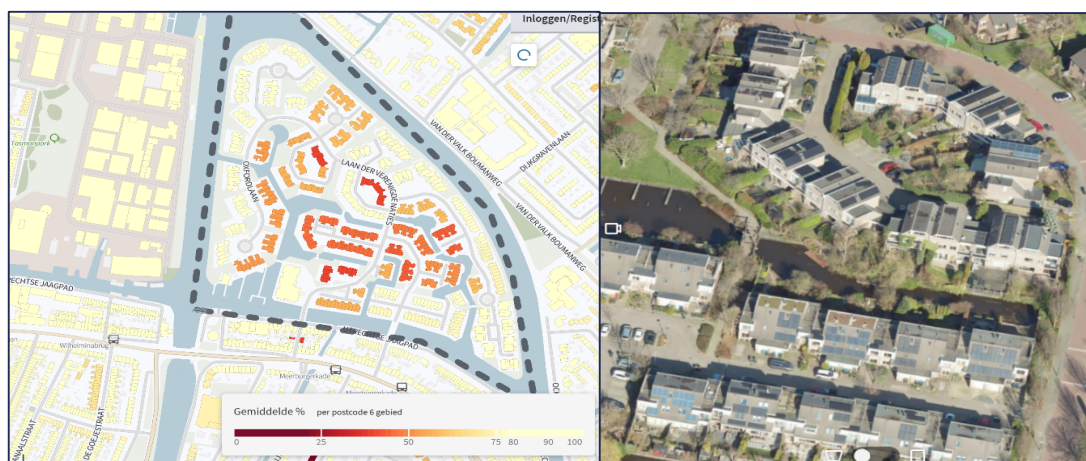




Figuur 2-6: Gemiddelde vraag naar aardgas per m<sup>3</sup> inhoud per jaar

### 2.3.3 Elektriciteitsvraag

In de elektriciteitsbehoefte van de wijk wordt deels voorzien via eigen zonnepanelen. Figuur 2.7 laat zien in hoeverre in de elektriciteitsbehoefte wordt voorzien vanuit het netwerk, het overige deel van de elektra wordt opgewekt door middel van eigen zonnepanelen.



Figuur 2-7: Percentage elektriciteit dat geleverd wordt vanuit het netwerk, overige door eigen PV-panelen<sup>6</sup>. De luchtfoto laat zien dat veel woningen voorzien zijn van zonnepanelen.

<sup>6</sup> <https://dego.vng.nl/?label=topo&query=Gemeente+Leiden#13.43/52.15767/4.5034>

Door de overstap te maken naar aardgasvrij, zal gebruik gemaakt worden van warmtepompen, individueel of collectief. In beide gevallen zal het elektraverbruik van de woningen c.q. van de wijk toenemen. Een warmtepomp gebruikt een deel elektriciteit om de omgevingswarmte om te zetten in warmte voor tapwater of ruimteverwarming. Het rendement verschilt per warmtebron en wordt uitgedrukt in de Coëfficiënt of performance (COP). Hoe hoger de COP, des te meer energie haalt de warmtepomp uit de omgevingsbron en daarmee wordt de elektriciteitsvraag dus lager.

Belangrijk aandachtspunt is om tijdig met de netbeheerder vast te stellen of het huidige elektriciteitsnet voldoende capaciteit heeft om het extra elektraverbruik voor de warmtepompen te kunnen leveren c.q. of er voldoende uitbreidingsmogelijkheden zijn om het net hiervoor uit te breiden. Dit geldt overigens ook bij de toename van de duurzaam op te wekken energie middens PV-panelen. Ook hiervan wordt en (flink) deel in eerste instantie terug geleverd aan het net, om later benut te kunnen worden.

### 3 Bronnenanalyse

*In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de bronnen die in de omgeving van De Waard en het Waardeiland aanwezig zijn en benut zouden kunnen worden voor de verduurzaming van de beide gebieden. In deze analyse wordt gekeken naar zowel duurzame warmtebronnen als de mogelijkheid om warmte uit de zomer tijdelijk op te kunnen slaan. Daarnaast wordt ook gekeken naar de duurzame mogelijkheden om elektriciteit op te wekken.*

#### 3.1 Kader en afbakening

In de omgeving van De Waard en het Waardeiland zijn verschillende warmtebronnen beschikbaar. Door de ligging aan het Rijn-Schiekanaal is er veel potentie voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO). Ook is er gekeken naar de optie van WarmtelinQ. Dit warmtenet wordt grotendeels gevoed met restwarmte uit het Rotterdamse havengebied. Naar verwachting wordt dit warmtenet aangelegd richting Leiden, waardoor ook de mogelijkheid bestaat om De Waard en het Waardeiland van warmte te kunnen voorzien.

Voor sommige collectieve warmtebronnen is het van belang om een warmte-koude opslag (WKO) toe te passen. Veel warmte kan in de zomer gewonnen worden, maar dan is de behoefte aan warmte laag of nauwelijks aanwezig. Daarom is het wenselijk om warmte in de zomer op te kunnen slaan, om deze in de winter te kunnen benutten.

Daarnaast zijn er twee warmteopties beschouwd, die minder locatieafhankelijk zijn, te weten PVT-panelen en L/W-warmtepompen. Beide technieken kunnen als individuele oplossingen ingezet worden om een enkel pand of een enkele woning te verwarmen. Bij de PVT-optie is het echter ook mogelijk om dit middels een collectief te organiseren en hier een warmtenet mee te voeden. Naast warmte is er ook gekeken naar de mogelijkheden voor het opwekken van duurzame elektriciteit. In dit kader is gekeken naar zonne-energie en windenergie.

Waterstof is buitenbeschouwing gelaten, omdat de marktrijpheid voor woonwijken nog te ongewis is. Waterstof wordt meer kansrijk geacht voor industriële processen.

Tabel 3.1 geeft een samenvatting van de mogelijk warmtebronnen, de bronnen van duurzame elektriciteit en de mogelijkheid van energieopslag middels een WKO, die in dit onderzoek zijn beschouwd. Uiteraard zijn er nog andere oplossingen en mogelijkheden, maar de genoemde opties zijn het meest voor de hand liggend als het gaat om de stand der techniek.

*Tabel 3-1: Samenvatting bronnenanalyse (afgerond op 2 significante getallen)*

| Bron                   | Type                    | Potentie                                 | Eenheid             |
|------------------------|-------------------------|------------------------------------------|---------------------|
| TEO – Rijn-Schiekanaal | Warmte                  | 9.000                                    | GJ/jaar per winpunt |
| WarmtelinQ             | Warmte                  | Nog onbekend                             |                     |
| L/W-warmtepomp         | Warmte                  | Wordt aangepast aan behoefte             |                     |
| PVT-panelen            | Warmte en elektriciteit | Afhankelijk van beschikbaar dakoppervlak |                     |

| Bron              | Type          | Potentie | Eenheid                 |
|-------------------|---------------|----------|-------------------------|
| Bodemopslag (WKO) | Opslag        | 28.000   | GJ/jaar                 |
| Zonne-energie     | Elektriciteit | 20.000   | GJ/jaar                 |
| Windenergie       | Elektriciteit | 111      | GJ/jaar per windturbine |

In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de genoemde warmtebronnen, op de warmte opslag in de bodem (WKO) en op de mogelijkheden voor het opwekken van duurzame energie uit zon of wind.

### 3.2 Duurzame warmtebronnen

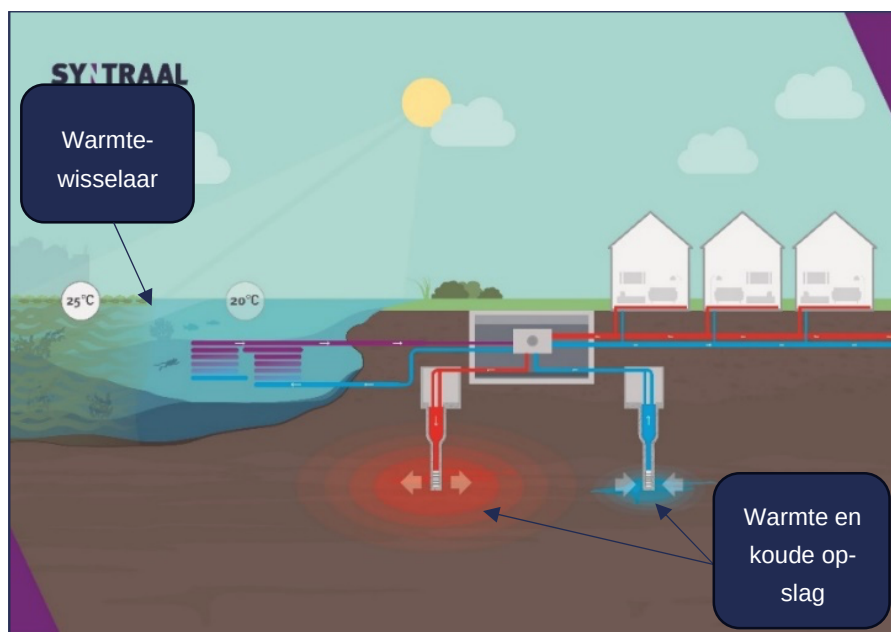
Voor de mogelijk warmtebronnen wordt in de ze paragraaf ingegaan op warmte uit het Rijn-Schiekanaal (TEO), bodemwarmte, WarmtelinQ, PVT-panelen en L/W-warmtepomp.

#### 3.2.1 Thermische energie uit oppervlaktewater

Het Rijn-Schiekanaal scheidt De Waard en het Waardeiland van elkaar. Grote waterlopen, meren en plassen kunnen fungeren als bron voor het winnen van warmte en/of koude ten behoeve van de verwarming en/of koeling van gebouwen en woningen. Het water van een oppervlaktewaterlichaam stroomt langs een warmtewisselaar met een warmtevoerend medium. Hierdoor neemt dit medium warmte op uit het oppervlaktewater, waarbij dit oppervlaktewater licht afkoelt. De opgenomen thermische energie wordt door een warmtepomp omgezet naar warmte om gebouwen en woningen van warmte te voorzien. De schematische werking van het winnen van warmte uit oppervlaktewater is weergegeven in Figuur 3.1.

De gewonnen thermische energie kan direct gebruikt worden als bron voor het koelen of verwarmen van een gebouw of woningen, maar kan ook tijdelijk worden opgeslagen in een warmte-koudeopslag (WKO). Door de warmtewinning in de zomer te combineren met opslag in een WKO kan slim gebruik gemaakt worden van gunstige temperaturen in de zomer. De werking en beschikbaarheid van een WKO wordt in paragraaf 3.3 nader toegelicht.

Bij het winnen van thermische energie uit oppervlaktewater is de ecologische impact van belang, met name in kleine en ondiepe wateren zoals vijvers. Meestal mag alleen in het zomerseizoen (van april tot en met september) warmte worden onttrokken, wanneer het oppervlaktewater minimaal 12 °C is. De ecologische impact kan in de zomermaanden overigens ook positief zijn. Door de warmtewinning koelt het water af en wordt de waterbeweging verhoogd. Dit kan leiden tot een verlaging van de temperatuur en een verhoging van de opname van zuurstof.



Figuur 3-1: Schematische weergave TEO-systeem

Warmte kan uit verschillende typen oppervlaktewateren gewonnen worden. Afhankelijk van het type water en factoren zoals diepte en stroomsnelheid kan bepaald worden hoeveel warmte onttrokken kan worden. Het is daarnaast belangrijk om in een vroeg stadium met het waterschap te overleggen wat er vergunning technisch onttrokken mag worden.



Figuur 3-2: Rijn-Schiekanaal tussen De Waard (links) en het Waardeiland (rechts).

Via de omgevingswarmtekaart van Hoogheemraadschap van Rijnland is het debiet bepaald van de Oude Rijn en de vertakkingen, waaronder het Rijn-Schiekanaal. Het KRW type van de rivier is R6, ofwel een langzaam stromende rivier. Aan de hand van de handreiking koudelozingen 1.0 van de STOWA is het maximale debiet voor koudelozingen 1% van het gemiddelde zomerdebiet. Het Rijn-Schiekanaal is gemiddeld 3,5 meter diep en circa 35 meter breed. De lengte van de mengzone is aan de hand hiervan bepaald op 100 meter. In de handreiking van de STOWA is hier een formule voor gedefinieerd, waarmee ook de afstand tot een volgend winpunt kan worden bepaald. Tabel 3.2 geeft een samenvatting van de warmtepotentie van het Rijn-Schiekanaal.

Tabel 3-2: Warmtepotentie TEO uit het Rijn-Schiekanaal

| Variabele                | Eenheid               | Waarde |
|--------------------------|-----------------------|--------|
| Gemiddeld debiet         | [m <sup>3</sup> /s]   | 4,7    |
| Lozingsdebiet koude (1%) | [m <sup>3</sup> /s]   | 0,047  |
| Lozingsdebiet koude      | [m <sup>3</sup> /uur] | 168    |
| Vermogen                 | [MW]                  | 1,17   |
| Vollasturen              | [uur]                 | 2.200  |
| Potentie per koudelozing | [GJ/jaar]             | 9.330  |
| Afstand per koudelozing  | [m]                   | 100    |

In Nederland zijn inmiddels al diverse projecten met warmte uit oppervlaktewater gerealiseerd. Op de site van het Netwerk Aquathermie is een overzicht van diverse projecten opgenomen, zie <https://aquathermie.nl/praktijk/aquathermie+projectenkaart/default.aspx>.

### 3.2.2 Bodemwarmte middels bodemlussen

Een andere omgevingswarmtebron is het benutten van de warmte uit de bodem. Voor het onttrekken van bodemwarmte wordt een boorgat tot vele tientallen meters diep in de bodem geboord, waarin vervolgens een zogenaamde bodemlus wordt aangebracht. Deze lus is vervaardigd van kunststof met veelal een diameter van 32 mm. In de praktijk wordt voor huishoudens meestal tot zo'n 100-150 meter diep geboord. Dit is vaak genoeg om voldoende vermogen uit de bodem te kunnen halen. Voor het ontwerp van een bodemlus is regelgeving van de BRL 11000 van toepassing. Hiermee wordt onder andere geregeld dat het ontwerp van de bodemenergiebron zodanig is, dat deze langdurig (tenminste 30 jaar) de benodigde warmte en koude kan leveren en het uitputten van de bodem voorkomen wordt. De bodemlussen moeten zo ontworpen worden, dat de warmte-koude-verhouding in de bodem in balans blijft.

De bodemlus wordt gekoppeld aan de warmtepomp; een zogeheten Water/Water (W/W) warmtepomp. In huis wordt een binnen-unit geplaatst, om de warmte af te leveren. Daarbij geldt in alle gevallen dat er een buitenunit wordt geplaatst. In tegenstelling tot de L/W warmtepomp is de



Figuur 3-3: Schematische werking van een bodemlus



'buitenunit' (het leidingwerk en de warmtewisselaar) niet zichtbaar, maar ondergronds weggewerkt. In Figuur 3-3 is schematisch de werking van een bodemlus weergegeven.

In het geval er verschillende bodemlussen dicht bij elkaar staan, kan onderlinge beïnvloeding (interferentie) optreden en kunnen zelfs op termijn bevroeringsverschijnselen van de bodem optreden als er (veel) meer warmte dan koude uit de bodem wordt gewonnen. Daarmee is deze optie niet geschikt om grootschalig toe te passen, omdat er na een periode van 10 tot 15 jaar in potentie aanzienlijke temperatuurproblemen kunnen ontstaan. Deze techniek is daarom niet geschikt als individuele oplossing voor alle woningen op het Waardeiland.

### 3.2.3 WarmtelinQ

Vattenfall beheert het warmtenet voor de stadsverwarming in het centrum van Leiden. Anno 2023 wordt dit warmtenet gevoed vanuit de Uniper-centrale in het centrum van Leiden. De intentie is om warmte uit het Rotterdamse havengebied via WarmtelinQ hiervoor in te zetten, waarvoor een leiding aangelegd wordt tussen het havengebied en (onder andere) Leiden. Een eerste traject tussen Den Haag, via Rijswijk naar Vlaardingen wordt in 2023 mee gestart. Het traject van Rijswijk naar Leiden zit in de planfase.

De mogelijkheid bestaat dat er op het netwerk van WarmtelinQ alsnog capaciteit voldoende is voor De Waard en het Waardeiland. Dit maakt het mogelijk om het warmtenet uit te breiden. Tijdens de uitvoering van dit onderzoek (anno 2023) zijn de resultaten van het Open Regionaal Energiesysteem voor de Leidse regio bekend<sup>7</sup>. In deze studie is gekeken naar manieren om regionale bronnen beschikbaar te krijgen voor gemeenten in de Leidse regio en welke varianten dat oplevert. Voor de kosten van het geheel zijn inschattingen gemaakt voor de kosten van een warmtenet per cluster van wijken (11 stuks). Daarbij is uitgegaan van de wijken die in de Transitievisie Warmte als prioritair voor een collectieve warmtenet naar voren zijn gekomen. Het uiteindelijke resultaat van de studie geeft een grove indicatie van de kosten per wijk (inclusief een indicatie van aansluitkosten op basis van gemiddelde type woningen per cluster van wijken), de onrendabele top op basis van de warmtetarieven van 2022, zonder subsidies.

Er is dus nog onzekerheid over de realisatietermijn en de capaciteit, zodat deze optie in de toekomst nader geactualiseerd dient te worden. In dit onderzoek is de mogelijkheid van WarmtelinQ meegenomen op basis van de op dit moment beschikbare gegevens.

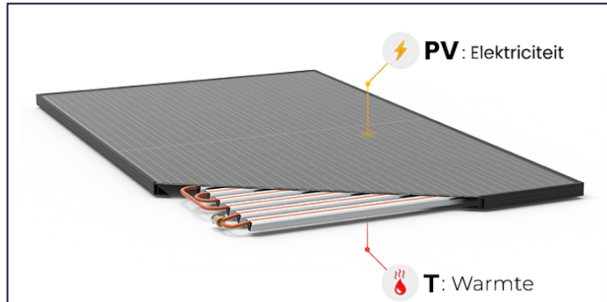
---

<sup>7</sup> [https://leiderdorp.parlaeus.nl/user/councildocument/action=showannex/gdb=18412/Bijlage\\_3\\_Afrondende\\_Rapportage\\_Open\\_Regionaal\\_Energiesysteem\\_ORES.pdf](https://leiderdorp.parlaeus.nl/user/councildocument/action=showannex/gdb=18412/Bijlage_3_Afrondende_Rapportage_Open_Regionaal_Energiesysteem_ORES.pdf)



### 3.2.4 PVT-panelen op individuele basis

Een PVT-paneel, een Photo Voltaïsch Thermisch-paneel, is een samenvoeging van een zonnepaneel (PV-paneel) en een zonnecollector (PT-paneel), zie ook Figuur 3-4. Het systeem bestaat uit een aantal buizen waar waterglycol (of een andere vloeistof) doorheen stroomt en door de zon wordt opgewarmd. Een PVT-paneel levert daarmee elektriciteit en zonnewarmte tegelijkertijd.



Figuur 3-4: Schematische weergave van een PVT-paneel

Een nadeel van PVT-panelen is dat het moment van warmtevraag en -aanbod niet altijd goed op elkaar aansluit. Waar in de zomer vooral warmte wordt geproduceerd, is daar in de winter met name behoefte aan. Op individueel niveau is deze mismatch niet eenvoudig op te lossen. De zonnecollector is een goede optie als aanvulling op een andere warmtebron, maar mist zonder aanvullende warmtevoorzieningen de capaciteit om een geheel pand of woning van warmte te voorzien op het moment dat deze warmte daadwerkelijk nodig is. Individuele PVT-panelen lijken voor de woningen op het Waardeiland niet de meest voor de hand liggende optie te zijn. Veel woningen zijn al voorzien van zonnepanelen. Het is mogelijk om deze te vervangen of aan te passen, wanneer dat nodig of wenselijk is, maar de financiële kosten en baten dienen goed afgewogen te worden.

Voor bedrijfspanden geldt dat de PVT-panelen een aanvulling zouden kunnen zijn op bijvoorbeeld een L/W-warmtepomp, met name als de behoefte aan warm water groot is, zoals bijvoorbeeld bij wasserij.

### 3.2.5 PVT-panelen op collectieve basis

De PVT-panelen zouden ook benut kunnen worden om een warmtenet van warmte te voorzien. Als PVT-panelen bijvoorbeeld op de daken van bedrijfspanden geïnstalleerd worden, kan een deel van de warmte worden benut voor eigen gebruik en kan een (flink) deel worden ingezet voor collectief gebruik middels een warmtenet. Op deze manier kan de vraag en het aanbod van het hele projectgebied op elkaar worden afgestemd. Hierbij is het wel noodzakelijk om ook gebruik te maken van de opslag van warmte in bijvoorbeeld een WKO. Een groot deel van de warmte zal in de zomermaanden worden geproduceerd, terwijl de behoefte aan warmte dan laag of niet aanwezig is. De 'overtollige' warmte uit de zomer kan op deze manier in de winter worden benut, wat het systeem effectiever en efficiënter maakt.

Om voldoende warmte te produceren met PVT-panelen is een flinke hoeveelheid dakoppervlak nodig. De gedachte is om de PVT-panelen te installeren op de daken van de bedrijfspanden van De Waard en de warmte te benutten voor zowel De Waard als het Waardeiland. De Waard zou in dit scenario met name leverancier van warmte zijn, zodat in een coöperatieve vorm de uitwisselingen en wederzijdse benutten geregeld dient te worden. Van belang bij een dergelijke constructie is dat het voor de continuïteit belangrijk is om langjarige afspraken te maken en met elkaar vast te leggen. Gedacht moet worden aan contractperiodes van 20 tot 30 jaar. Dit is organisatorisch complex, waarmee deze oplossing vooral gunstig lijkt te zijn voor de woningen op het Waardeiland en minder voor de panden op De Waard; de warmtevraag op De Waard is relatief laag en de warmtedichtheid is gering, zodat een

warmtenet voor De Waard een relatief dure oplossing wordt. Daarmee wordt deze optie als minder wenselijk beschouwd.

### 3.2.6 Lucht/Water-warmtepomp (L/W-warmtepomp)

De L/W-warmtepomp verwijst naar de bron (lucht) en het medium waarmee de warmte wordt getransporteerd (water). Lucht als omgevingswarmtebron is in principe altijd beschikbaar. Met behulp van een warmtewisselaar wordt thermische energie uit de buitenlucht gewonnen. Via een warmtepomp wordt deze tot de gewenste temperatuur opgewaardeerd. Bij dit concept wordt via een buitenunit (verdampers met ventilator) wordt warmte onttrokken aan de buitenlucht, dit wordt opgenomen in een koelmiddel en via een compressor in temperatuur verhoogd. Het verwarmingssysteem, vaak warm water dat door (radiatoren) buizen stroomt, geeft de warmte af aan de ruimtes in huis.

Voordeel van de L/W-warmtepomp is dat het voor elke woning geschikt is, mits deze voldoende is geïsoleerd. Met de opkomst van propaan-warmtepompen ligt de lat voor isolatie alweer iets minder hoog. Een reguliere L/W-warmtepomp kan water verwarmen tot rond de 55°C, met propaan kan dit 75 °C worden. De lagere temperaturen van de warmtepomp vereisen dat het pand voldoende geïsoleerd is, omdat het anders niet behaaglijk te krijgen is in de winter. Daarnaast, bij benodigde temperaturen van > 55°C zal het rendement van de warmtepomp flink omlaaggaan, waardoor er veel elektriciteit nodig is om het huis warm te krijgen.

Een aandachtspunt bij de L/W-warmtepompen is het onderhoud: de lamellen in de buitenunit dienen regelmatig te worden schoongemaakt om ophoping van stof en vuil te verwijderen. Dit heeft namelijk een negatief effect op de warmte-uitwisseling. Ook moeten de buitenunits bij buitentemperaturen onder het vriespunt soms worden ontdooid om ijsvorming te beperken (vergelijkbaar met een vriezer). De meeste warmtepompen zijn uitgerust met een automatische ontdooicyclus, maar dit verbruikt wel extra elektriciteit.

Bij een lucht-water warmtepomp heeft men de keuze uit een splitunit of een monoblock. Bij een splitunit staat er een warmtewisselaar buiten en komt een warmtepomp binnen in de woning. Bij een monoblock staat de gehele installatie buiten. Met leidingen wordt de warmte naar binnen gebracht en direct aangesloten op het afgiftesysteem (verwarming). Een monoblock is groter dan een splitunit. In Figuur 3-5 zijn een aantal vormen van L/W warmtepompen weergegeven. Een voorbeeld van een monoblock warmtepomp is ondermeer te vinden op de website van Inventum, zie <https://www.inventum.com/downloads/brochure-modul-air-blue/>.



*Figuur 3-5: Diverse modellen van een L/W-warmtepomp met buitenunit*

Voor tapwater is een aparte boiler aan te raden (bij combiwarmtepompen zit deze er meestal al in). Om legionella te voorkomen moet tapwater wekelijks tot minimaal 60°C worden verwarmd. Een goed geïsoleerde woning kan verwarmd worden met een lagere temperatuur, vandaar dat hiervoor een apart apparaat ingezet wordt.

Nadeel van deze techniek is dat warmte voor de woning met name gewonnen wordt wanneer de buitenlucht koud is (in de winterperiode of 's morgens vroeg). Om die reden dient men rekening te houden met een lage SCOP<sup>8</sup> bij het gebruik van een L/W warmtepomp van circa 2,8. Dit houdt in dat op 1,8 delen buitenlicht er één deel elektriciteit toegevoegd moet worden.

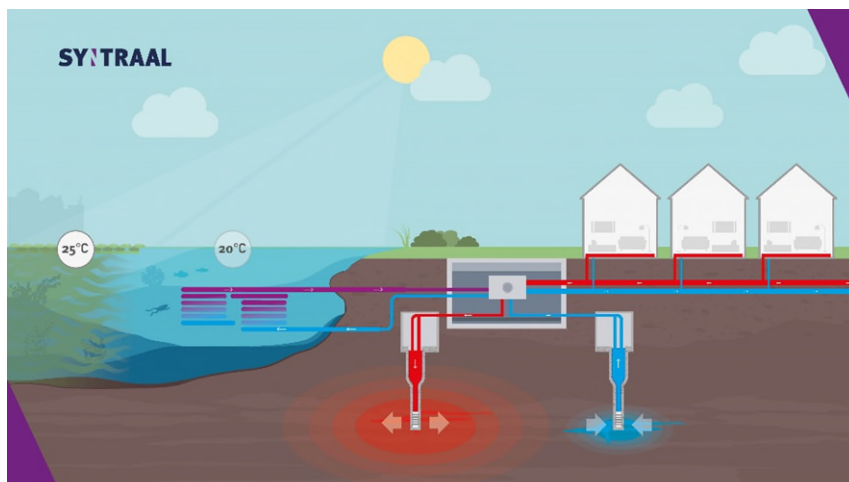
Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met de geluidsproductie van deze pompen. Volgens art. 3.8 van de Warmtewet 2012 mag een warmtepomp een geluidniveau van hoogstens 30 decibel op het aangrenzende perceel (de burens) veroorzaken<sup>9</sup>.

### 3.3 Warmte Koude Opslag (WKO)

Bij een collectief warmtenet wordt in bijna alle gevallen gebruik gemaakt van Warmte en Koude Opslag (WKO). Met deze toepassing kan warmte gewonnen worden wanneer deze het meest voorradig is (in de zomer), om benut te kunnen worden in de periode dat het nodig / wenselijk is (de winter). In Figuur 3-6 is schematisch de werking van een WKO weergegeven.

<sup>8</sup> De afkorting staat voor Seasonal Coëfficiënt of Performance en is gelijk aan de gemiddelde COP over een jaar, waarbij de seizoenen in een bepaalde regio zijn meegewogen.

<sup>9</sup> [Artikel 3.8. Aangrenzend perceel | Bouwbesluit Online](#)



Figuur 3-6: Schematische weergave werking van een WKO

Voor mogelijkheden van opslag van warmte in de bodem onder De Waard en het Waardeiland is gekeken naar de WKO-potentie van de bodem. Hiervoor is het model Regis II van TNO gebruikt. In dit model is gekeken naar de bodemopbouw onder De Waard en het Waardeiland. Om thermische energie (warm water) op te kunnen slaan in de bodem is een zandige en waterdoorlatend laag nodig, die als het ware ingeklemd wordt door lagen klei- of veenlagen, die geen of nauwelijks water doorlaten. In de bovenste bodemlaag is warmte- en koudeopslag niet toegestaan, daarom is de tweede laag geanalyseerd. Hiervoor is berekend hoeveel thermische energie er maximaal opgeslagen kan worden, rekening houdend met de thermische straal en het thermisch rendement. Tabel 3-3 toont de opslagpotentie voor de bodem onder De Waard en het Waardeiland.

Tabel 3-3: Opslagpotentie bodemenergie (WKO) omgeving De Waard en het Waardeiland

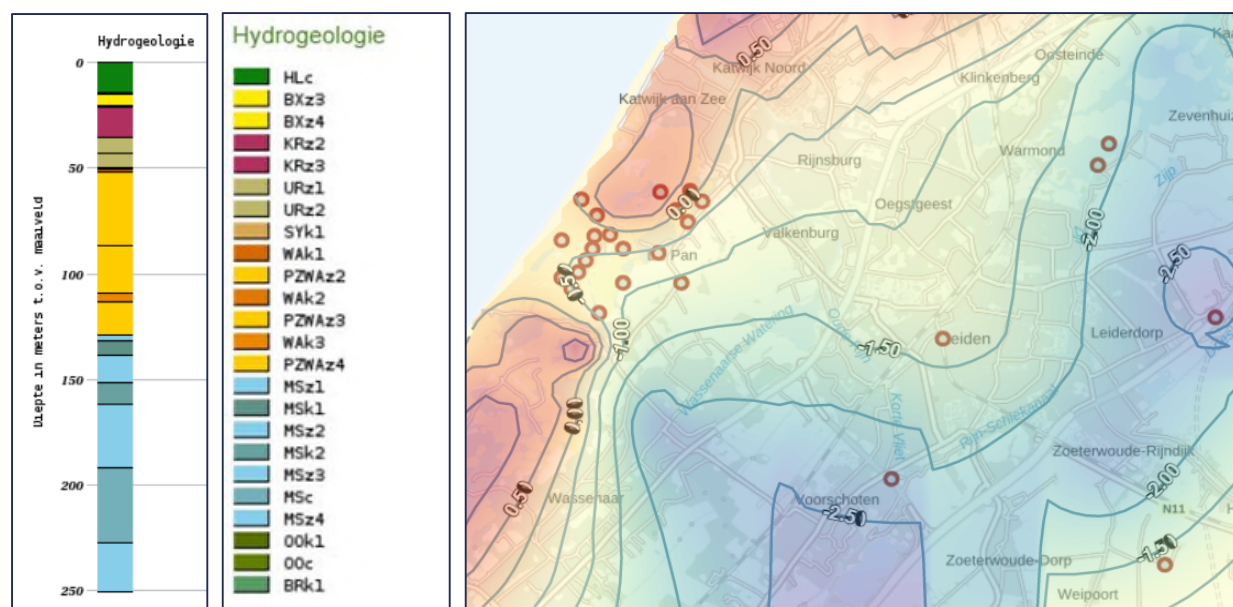
| Variabele                    | Eenheid          | Waarde        |
|------------------------------|------------------|---------------|
| Dikte WVP                    | [m]              | 57            |
| Horizontale doorlaatbaarheid | [m/dag]          | 20            |
| Bodempotentie                | [GJ/ha]          | 937           |
| Oppervlakte beschikbaar      | [ha]             | 30            |
| <b>Totale potentie</b>       | <b>[GJ/jaar]</b> | <b>28.110</b> |

Er is ook gekeken naar de stroomsnelheid van het grondwater. Deze is van invloed op het rendement van het bodemenergiesysteem, en dient zo laag mogelijk te zijn. Vanaf stroomsnelheden boven 50 meter per jaar is een open WKO-systeem over het algemeen niet haalbaar. De relevante parameters voor de berekening zijn weergegeven in Tabel 3-4. Hieruit blijkt dat de stroomsnelheid geen probleem vormt voor een WKO.

Tabel 3-4: Snelheid grondwaterstroming per gemeente

| Variabele                    | Eenheid  | Waarde |
|------------------------------|----------|--------|
| Porositeit                   | [-]      | 0,35   |
| Horizontale doorlaatbaarheid | [m/dag]  | 24     |
| Verhanglijn                  | [m/m]    | 1:3060 |
| Snelheid grondwaterstroming  | [m/jaar] | 8,18   |

De verhanglijn van de grondwaterstanden is bepaald aan de hand van de isohypsen uit de Figuur 3.4.



Figuur 3-7: Links het boorprofiel uit het Dinoloket op basis van Regis II voor de locatie het Waardeiland. Daarnaast de hydrogeologische aanduiding van de bodemlagen. De hoofdletters zijn een afkorting van de formatie (MS = Formatie van Maaskant). De kleine letter geeft daarna aan welke bodemlaag het is (k=klei, z=zandig, c=complex). Het getal geeft aan de hoeveelste laag het is van dat type binnen de formatie (bijvoorbeeld: MSz4 = De vierde zandige laag in de formatie van Maaskant). Rechts de isohypsen van de grondwaterstroming in de omgeving Leiden.

### 3.4 Elektriciteitsbronnen

Het streven is om elektriciteit zoveel als mogelijk lokaal en duurzaam op te wekken en te benutten. In deze paragraaf wordt ingegaan op de mogelijkheden van zonne- en windenergie.

#### 3.4.1 Zonne-energie

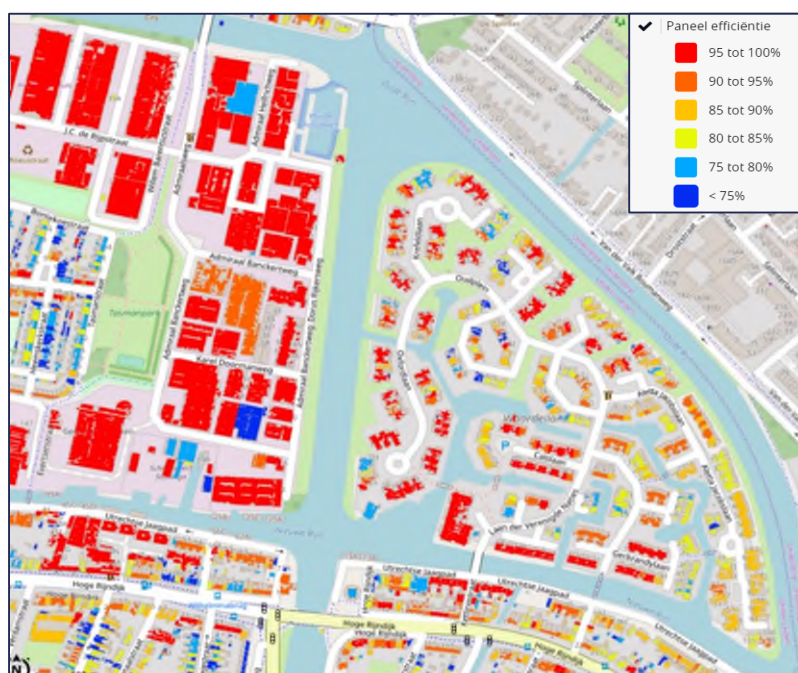
Om te bepalen wat de potentie is voor het opwekken van zonne-energie, is gebruik gemaakt van data van MapGear. Zij beheren land dekkende data, waarmee de potentie van daken en oppervlakten voor zonne-energie bepaald kan worden. Dit doen zij op basis van een gedetailleerde hoogtekkaart, waarmee de potentie wordt berekend, rekening houdend met schaduwwerking. Deze berekeningen geven inzicht in de totale potentie per dak. Uitgangspunten zijn hierbij een standaard PV-paneel met een oppervlak van 1,65 m<sup>2</sup>. Het elektrisch potentieel van een dergelijk paneel is 0,53 GJ/m<sup>2</sup> per jaar. In Tabel 3-5 is



het berekende potentieel voor zonne-energie weergegeven. In Figuur 3-8 is de paneel-efficiëntie weergegeven.

Tabel 3-5: Potentieel zon-elektrisch

| Deelgebied      | Aantal Panden | Zonpotentie [GJ/jaar] |
|-----------------|---------------|-----------------------|
| De Waard        | 175           | 16.000                |
| Het Waardeiland | 466           | 5.000                 |



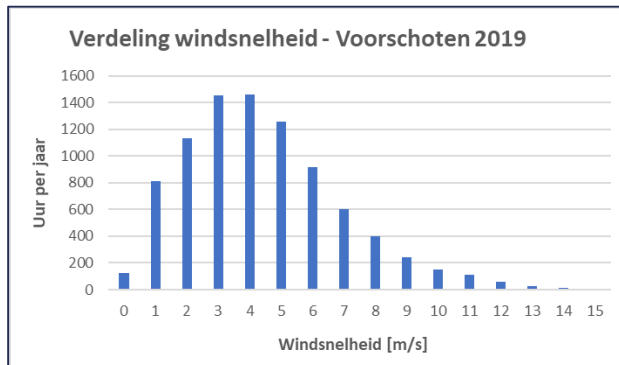
Figuur 3-8: Panelefficiëntie per dak

### 3.4.2 Windenergie

Naast zonnepanelen is er ook gekeken naar de mogelijkheden voor het opwekken van windenergie. Hierbij is de hoeveelheid wind in het projectgebied geanalyseerd, waarna twee type windturbines worden toegelicht. Er is hierbij uitgegaan van kleine turbines, omdat het in een dermate dichtbebouwd gebied niet wenselijk wordt verondersteld om grote windturbines te plaatsen.

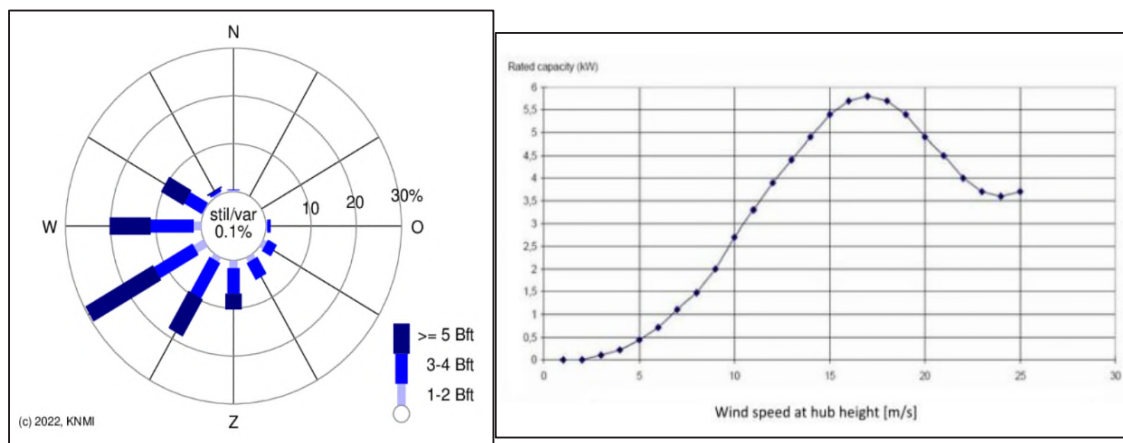
Voor de inschatting van de windpotentie is gebruik gemaakt van het onderzoek van de STOWA uit 2020. Het onderzoek beschrijft de randvoorwaarden voor de toepassing van energie en onder welke omstandigheden het economisch rendabel is.

Voor inzicht in de windsnelheid is KNMI-data van meetlocatie Voorschoten gebruikt, waarin per uur de gemiddelde windsnelheid en windrichting wordt gegeven. Als voorbeeld geeft Figuur 3-9 de verdeling weer van het aantal uur per jaar dat een bepaalde windsnelheid gemeten wordt.



Figuur 3-9: Aantal uur dat gemeten windsnelheid per jaar voorkomt bij KNMI-meetlocatie Voorschoten

Van verdere invloed op de wind potentie is de dominante windrichting op een bepaalde locatie. In Figuur 3-10 is de windroos weergegeven van Rotterdam voor februari 2022. Dit laat zien dat de wind voornamelijk uit het zuidwesten komt in Nederland. Als laatste invloed op de opbrengst van windenergie is de windturbine zelf. Deze kan variëren in hoogte, rotordiameter en efficiëntie.



Figuur 3-10: Links: Windroos Rotterdam, februari 2022. Rechts: Voorbeeld van vermogen output van een windturbine bij verschillende windsnelheden.

Voor de twee windturbines uit het STOWA onderzoek is inzichtelijk gemaakt wat de jaarlijkse opbrengst zou zijn op de locatie van het Waardeiland, de resultaten zijn samengevat in Tabel 3-6. In Figuur 3-11 zijn de windmolens, incl. de specificatie weergegeven, waarmee de berekeningen zijn uitgevoerd.

Tabel 3-6: Karakteristieken en potentie van windenergie per windturbine

| Variabele         | Eenheid | Fortis Wind Montana | MegaWindForce 8,5 |
|-------------------|---------|---------------------|-------------------|
| Maximaal vermogen | kW      | 5,7                 | 35                |
| Masthoogte        | m       | 15                  | 20                |
| Rotor diameter    | m       | 5                   | 8,7               |
| Potentie          | GJ/jaar | 18                  | 111               |



| Montana*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | MWF 8,5*                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------|-----|-----------------|---------------------|------------|------|-----------------------|-----------|-------------|--------------|--------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------------|-------|-----------------|-------------------|------------|------|-----------------------|------|-------------------|---------------|--------|----------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                         |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| <table><tr><td>vermogen</td><td>5 kW</td></tr><tr><td>rotor diameter</td><td>5 m</td></tr><tr><td>rotor oppervlak</td><td>19,6 m<sup>2</sup></td></tr><tr><td>masthoogte</td><td>15 m</td></tr><tr><td>overige mogelijkheden</td><td>12 / 24 m</td></tr><tr><td>opbrengsten</td><td>6.000 kWh/jr</td></tr><tr><td>kosten</td><td>€ 16.760</td></tr></table> | vermogen                                                                                                                                                                                                                                                  | 5 kW | rotor diameter | 5 m | rotor oppervlak | 19,6 m <sup>2</sup> | masthoogte | 15 m | overige mogelijkheden | 12 / 24 m | opbrengsten | 6.000 kWh/jr | kosten | € 16.760 | <table><tr><td>vermogen</td><td>35 kW</td></tr><tr><td>rotor diameter</td><td>8,7 m</td></tr><tr><td>rotor oppervlak</td><td>59 m<sup>2</sup></td></tr><tr><td>masthoogte</td><td>20 m</td></tr><tr><td>overige mogelijkheden</td><td>25 m</td></tr><tr><td>opbrengsten (P50)</td><td>49.000 kWh/jr</td></tr><tr><td>kosten</td><td>€ 50.000</td></tr></table> | vermogen | 35 kW | rotor diameter | 8,7 m | rotor oppervlak | 59 m <sup>2</sup> | masthoogte | 20 m | overige mogelijkheden | 25 m | opbrengsten (P50) | 49.000 kWh/jr | kosten | € 50.000 |
| vermogen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 5 kW                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| rotor diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5 m                                                                                                                                                                                                                                                       |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| rotor oppervlak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 19,6 m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                       |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| masthoogte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 15 m                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| overige mogelijkheden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 12 / 24 m                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| opbrengsten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6.000 kWh/jr                                                                                                                                                                                                                                              |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| kosten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | € 16.760                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| vermogen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 35 kW                                                                                                                                                                                                                                                     |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| rotor diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8,7 m                                                                                                                                                                                                                                                     |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| rotor oppervlak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 59 m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                         |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| masthoogte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 20 m                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| overige mogelijkheden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 25 m                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| opbrengsten (P50)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 49.000 kWh/jr                                                                                                                                                                                                                                             |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| kosten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | € 50.000                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |
| <p><b>Leverancier:</b> Fortis Wind<br/>t: 050 551 5666, info@fortiswindenergy.com, www.fortiswindenergy.com</p> <p><small>*Data volgens opgave leverancier. Deelcertificaten volgens ICE.</small></p>                                                                                                                                                       | <p><b>Leverancier:</b> Mega WindForce Holding BV<br/>t: 06 8173 3929, info@megawindforce.com, www.megawindforce.com</p> <p><small>*Data volgens opgave leverancier. Berekende opbrengsten. IEC gecertificeerd voor een levensduur van 30 jaar</small></p> |      |                |     |                 |                     |            |      |                       |           |             |              |        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |       |                 |                   |            |      |                       |      |                   |               |        |          |

Figuur 3-11: Gegevens van gebruikte windmolen in de berekeningen

## 4 Afweging bronnenanalyse

*In dit hoofdstuk wordt de afweging van de beschikbare bronnen gemaakt. Als uitgangspunt is de gezamenlijkheid in de energievoorziening van De Waard en het Waardeiland in ogenschouw genomen. Hierbij is met name in beeld gebracht welke bronnen het meest voor de hand liggend zijn en ook of deze bronnen middels een individuele of collectieve aansluiting kunnen worden benut.*

### 4.1 Kader

In het vorige hoofdstuk zijn de meest voor de hand liggende bronnen beschreven om de energiebehoefte van De Waard en het Waardeiland te verduurzamen. Om tot een goede afweging van de bronnen en technieken te kunnen komen, is als uitgangspunt gehanteerd dat het proces van de warmtevoorziening randvoorwaardelijk is. Hiermee wordt bedoeld dat het van belang is om te weten hoe de warmte wordt opgewekt en hoe de warmte in de woning wordt gebracht. Dat houdt onder ander in dat bij de individuele bronnen de warmtebron als zodanig meespeelt in de afweging; de bron is min of meer onlosmakelijk verbonden met het verdere proces.

Voor de collectieve oplossingen is de bron als zodanig minder zwaarwegend in de afweging. Evenals bij de individuele technieken is ook hierbij van belang hoe de warmte in de woning wordt gebracht. Het opwekken van de warmte kan collectief worden gedaan (MT- of LT-net) of kan als brontemperatuur worden aangeboden aan de woningen (bronnet), waarna in de woningen de verder opwaardering moet plaatsvinden. In alle gevallen is de bron voor het leveren van warmte iets minder relevant; de warmtebron moet in staat zijn om het beoogde type warmtenet van de juiste temperatuur te voorzien. Daarbij is bij een collectieve oplossing eigenlijk altijd sprake van het toepassen van seizoensopslag in de vorm van bijvoorbeeld een WKO. Daarmee is de WKO min of meer de bron van het warmtenet en is de warmtebron veel meer de voeding van deze bron. Bij de collectieve varianten zijn de bronnen daarmee veel meer volgend aan proces.

### 4.2 Afweging

Op basis van de beschrijving van de bronnen in het vorige hoofdstuk en het afwegingskader, zoals in de vorige paragraaf genoemd, zijn een aantal constatering gedaan.

#### 4.2.1 Gezamenlijkheid verduurzaming De Waard en het Waardeiland

De warmtedichtheid van De Waard en ook de warmtevraag per pand op het bedrijventerrein is dermate laag, dat een collectieve oplossing in de vorm van een warmtenet voor De Waard niet interessant lijkt te zijn. Individuele oplossingen in de vorm van L/W-warmtepompen liggen voor De Waard meer voor de hand. Het grootschalig opwekken van warmte middels PVT-panelen op de daken van de panden op De Waard is technisch mogelijk, maar komt min of meer alleen ten gunste is van de woningen op het Waardeiland; de panden op De Waard profiteren niet of nauwelijks van deze vorm van duurzaam opgewekte energie.

Dat geldt ook voor het collectief opwekken van elektriciteit op de panden van De Waard; ook dit zal grotendeels ten goede komen aan de woningen op het Waardeiland. Dit laatste is uiteraard een mooi vorm van samenwerking, omdat betwijfeld kan worden of de ruimte op de daken van de woningen van het

Waardeiland groot genoeg is om voldoende elektriciteit op te wekken voor de elektriciteitsvraag van de woningen.

En tenslotte is de toekomstige invulling van De Waard een punt van aandacht; over de periode na 2030 vindt nog de nodige besluitvorming plaats.

#### 4.2.2 Individuele oplossingen voor het Waardeiland

Het individueel inzetten van PVT-panelen op de daken van de woningen kan een interessante warmtebron zijn, maar naast deze bron zal een aanvullende warmtevoorziening noodzakelijk zijn om in de warmtebehoefte te voorzien in koude of bewolkte periodes, wanneer de PVT niet of nauwelijks rendement opleveren.

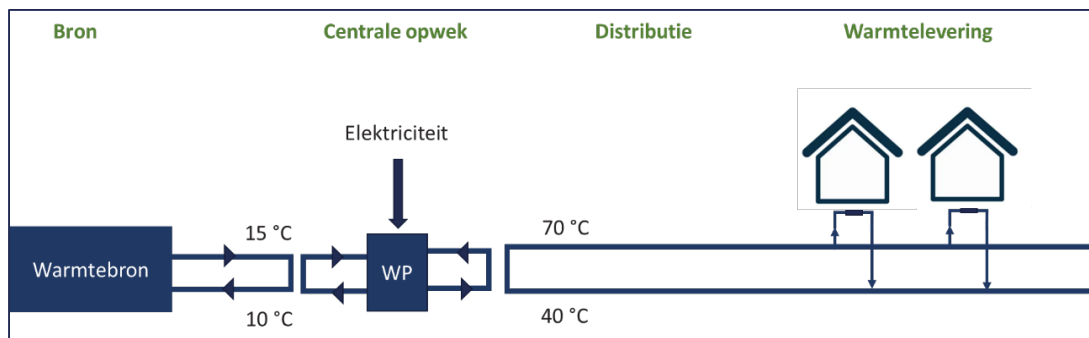
Door de hoge dichtheid van de woningen op het Waardeiland is dit gebied niet geschikt voor het toepassen van bodemlussen met individuele warmtepompen als oplossing voor alle woningen. Het risico op te grote afkoeling van de bodem met uiteindelijk bevroeringsverschijnselen is realistisch, maar zeer onwenselijk. Wanneer enkele woningen van deze optie gebruik zouden maken, is het probleem niet of nauwelijks aanwezig. Voor bedrijventerrein De Waard zou deze optie wel geschikt kunnen zijn.

Het toepassen van individuele L/W warmtepompen bij elke woning kan een optie zijn. Consequentie hierbij is wel dat bij elke woning een individuele warmtepomp en ook een zogenaamde buitenunit geplaatst moet worden. Naast het visuele aspect, zal dit ook een bepaalde vorm van geluidsoverlast kunnen veroorzaken. Daarnaast dienen de woningen ook geschikt te zijn voor een lagere temperatuur van de ruimteverwarming of er dient gekozen te worden voor een propaan-warmtepomp die hogere temperaturen kan produceren. Gekozen kan worden voor een zogenaamde monoblock-opstelling, waarbij zowel de warmtepomp als de aanzuigunit buiten geplaatst wordt.

#### 4.2.3 Collectieve oplossingen voor het Waardeiland

Voor wat betreft de warmtenet-oplossingen lijkt een collectief warmtenet op MT-temperatuur als ook een bronnet een voor de hand liggende oplossing voor de woningen op het Waardeiland. In beide situaties is het toepassen van een WKO noodzakelijk, omdat de warmte in de zomer geproduceerd wordt, maar in de winter gebruikt wordt. Als bron voor zowel een MT-net als een bronnet kan de warmte uit het oppervlaktewater van het Rijn-Schiekanaal worden benut.

Bij een MT-net wordt de warmte collectief tot circa 70 °C opgewaardeerd, waarna deze warmte middels geïsoleerde buizen naar de woningen wordt getransporteerd. In de woningen wordt een zogenaamde afleverset geïnstalleerd, waarmee de warmte op het ruimteverwarmingssysteem kan worden aangesloten. In Figuur 4-1 is een schematische weergave van een MT-net weergegeven.

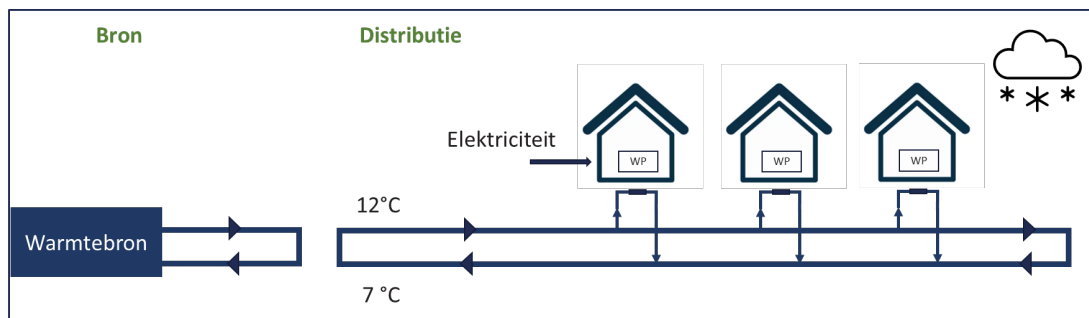


Figuur 4-1: Schematische weergave van een MT-warmtenet

Het voordeel van een dergelijk net is dat de aanpassingen in de woning relatief eenvoudig zijn. Er hoeven meestal geen grote ingrepen in de woning gedaan te worden. Het nadeel is echter dat er alleen warmte in de woning afgeleverd wordt; met een dergelijk systeem kan niet worden voorzien in de eventuele koelbehoefte. Deze zal separaat opgelost moeten worden. Een ander nadeel is dat er naast het transporteren van warmte ook sprake is van het leveren van warmte. Dit houdt in dat bewoners betalen voor zowel het transport, als de geleverde gigajoules (GJ) warmte. Sturing op de prijsvorming is lastig, waarbij overigens opgemerkt wordt dat dit bij andere voorzieningen ook niet het geval is. De leveringskosten voor gas, water, elektra en ook de afvalstoffenheffing worden collectief vastgesteld en doorbelast.

Bij een bronnet is het aan te bevelen om isolatiemaatregelen uit te voeren, maar deze zijn niet persé noodzakelijk. Of en welke isolatiemaatregelen noodzakelijk zijn, kan relatief eenvoudig vastgesteld worden door de aanvoertemperatuur van de gasketel in de huidige situatie te verlagen en vast te stellen of bij een lagere aanvoertemperatuur een even groot of acceptabel comfort wordt bereikt.

De 'tegenhanger' van een MT-net is het zogenaamde bronnet, zoals schematisch weergegeven in Figuur 4-2. Het belangrijkste verschil is dat de 'warmte' bij een bronnet niet collectief wordt opgewaardeerd tot een bepaald temperatuurniveau, maar op brontemperatuur wordt getransporteerd en aangeleverd. Dit houdt enerzijds in dat de transportleidingen niet geïsoleerd behoeven te worden, waarbij het maken van extra aansluitingen op een later tijdstip eenvoudiger is. Anderzijds moet in elke woning een warmtepomp geplaatst worden om van de aangevoerde brontemperatuur de benodigde warmte te maken. Nadeel is het ruimtebeslag, de aanpassingen in de woningen en het gegeven dat een bewoner moet investeren in een warmtepomp. Daar staat echter tegenover dat de bewoner veel meer vrijheid heeft en ook koude kan produceren. De bewoner kan zelf bepalen hoeveel warmte er geproduceerd wordt en van welke temperatuur. Hiermee heeft hij de kosten voor productie in eigen hand en wordt deze component niet centraal doorbelast. Vanuit het netbeheer behoeven alleen de transportkosten doorbelast te worden, wat in de vorm van een vastrecht mogelijk is. Daarnaast is het produceren van koude met hetzelfde systeem een groot voordeel, omdat de behoefte aan koeling in de toekomst zal toenemen.



Figuur 4-2: Schematische weergave bronnet

In Tabel 4-1 zijn de meest kenmerkende verschillen tussen een MT-net en een bronnet samengevat.

Tabel 4-1: Verschillen tussen een MT-net en een bronnet

| Omschrijving                | Bronnet                                                                                | MT-net                                                          |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Temperatuur in warmtenet    | 12°C – 7°C                                                                             | 70 °C – 40 °C                                                   |
| Type leidingen              | Geen isolatie, grotere binnen diameter lange levensduur.                               | Incl. isolatie, kleine binnendiameter, kortere levensduur.      |
| Duurzaamheid                | Beperkt warmteverlies (2 à 3%)                                                         | Warmteverlies in leidingwerk tot 20%                            |
| Organisatie                 | Complex, maar flexibel voor bewoners.                                                  | Niet flexibel. Woningen kunnen niet makkelijk later aansluiten. |
| Aansluiting bewoners        | Individuele warmtepomp                                                                 | Centrale opwek. Afleverset in woning (warmtewisselaar)          |
| Investeringskosten bewoners | Investeringskosten in warmtepomp, aansluitkosten en woningaanpassingen.                | Alleen aansluitkosten voor aansluiting op het warmtenet.        |
| Jaarlijkse kosten bewoners  | Lage jaarlijkse kosten. Kosten voor jaarlijkse vastrecht & elektraverbruik warmtepomp. | Relatief hoge jaarlijkse kosten. Vergelijkbaar met aardgas.     |
| Benodigde isolatiegraad     | Isolatie leidt tot reductie van benodigde temperatuur, maar is niet noodzakelijk.      | Isolatiemaatregelen zijn niet noodzakelijk.                     |

Naast een MT-net of een bronnet in combinatie met een WKO biedt ook WarmtelinQ een bepaald perspectief. Vanuit dit centrale warmtenet kan warmte aan de woningen op het Waardeiland geleverd worden, waarbij geen aanvullende WKO noodzakelijk is.

#### 4.2.4 Mogelijke locaties WKO

Bij zowel het MT-net als het bronnet, gevoed met warmte uit het oppervlaktewater, is een WKO noodzakelijk. Voor het plaatsen van de WKO is in eerste instantie gedacht om de ruimte daarvoor te zoeken op De Waard. Omdat er echter nauwelijks voordelen lijken te zijn van het gezamenlijk en integraal verduurzamen van De Waard en het Waardeiland, lijkt het positioneren van een WKO op De Waard ook niet voor de hand liggend. Fysiek zal het Rijn-Schiekanaal dan gekruist moeten worden, zodat het plaatsen van de WKO op het Waardeiland meer voor de hand liggend lijkt.

Voor het realiseren van een WKO met de bijbehorende apparatuur dient rekening gehouden te worden met een ruimte van circa 50 m<sup>2</sup>. Overigens kan een WKO met toebehoren volledig ondergronds aangebracht worden. Tijdens het locatiebezoek werd duidelijk dat hiervoor voldoende ruimte beschikbaar is op het Waardeiland, zoals blijkt uit de foto in Figuur 4-3. De grond is eigendom van de gemeente en/of de provincie; met hen zal overlegd moeten worden of hier een WKO mag worden geplaatst.



Figuur 4-3: Mogelijke ruimte op het Waardeiland voor de aanleg van een WKO

#### 4.2.5 Opwekken elektriciteit

Ten aanzien van het grootschalig benutten van de daken van de panden op De Waard voor het opwekken van elektriciteit geldt min of meer dezelfde afweging als bij het collectief opwekken van warmte middels PVT. De op gewekte elektriciteit zal grotendeels ten goede komen aan de woningen op het Waardeiland en in veel mindere mate aan de panden op De Waard zelf. Daarbij speelt ook mee dat voor het transporteren van elektriciteit van De Waard naar het Waardeiland gebruik gemaakt moet worden van de transportvergunning van Liander, zodat voor het transport van de elektriciteit vanaf De Waard en het Waardeiland de wettelijk vastgestelde transportkosten in rekening gebracht zullen gaan worden.

Het installeren van windmolens op De Waard en het Waardeiland lijkt niet een voor de hand liggende optie te zijn. Om in de elektriciteitsvraag van De Waard en het Waardeiland te voorzien zouden meerdere en/of grote windmolens nodig zijn. Het lijkt niet wenselijk c.q. niet mogelijk om deze in een dermate dichtbebouwd gebied te plaatsen.

#### 4.3 Vijfde generatie warmtenetten

Regelmatig wordt een vijfde generatie warmtenet als meest duurzame warmtenet genoemd. Een vijfde generatie warmtenet is volgens het Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (NPLW) gedefinieerd als een warmte- en koudenet, die het mogelijk maakt om warmte- en koude uit te wisselen tussen aangesloten gebouwen. Vaak is dit gecombineerd met een vorm van warmte- of koudeopslag. Deze systemen werken met lokale bronnen op lage temperatuur of zeer lage temperatuur. Vraag en aanbod van



warmte en koude dient zo veel mogelijk in balans te zijn en uitgewisseld te kunnen worden tussen verbruikers. Deze uitwisseling kan plaatsvinden tussen gebouwen, op straat- en wijkniveau en met toepassing van warmteopslag. Hiervoor is een slimme aansturing nodig en wordt gebruik gemaakt van laagwaardige lokale duurzame bronnen. Warmteverliezen dienen beperkt te worden door de temperatuur zo dicht mogelijk bij de verbruiker op het juiste temperatuurniveau te brengen. En tenslotte geeft het NPLW aan dat een degelijk warmte- en koudenet een groeimodel is. Hierbij worden vanuit een of meerdere clusters steeds meer verbruikers aangesloten en breidt het net zich steeds verder uit. De clusters worden uiteindelijk verbonden tot één systeem<sup>10</sup>.

Voor het Waardeiland is een vijfde generatie warmtenet (nog) niet haalbaar, omdat het uitwisselen van warmte én koude op woningenniveau bij de huidige stand van de techniek zeer complex en kostenintensief is. Ook het aansturen van deze uitwisseling met daarbij de garantie dat voor elke aansluiting op elk moment de gewenste hoeveelheid warmte en koude beschikbaar is, is zeer complex. Voor bedrijven (objecten met een grotere warmte- en koudevraag) is een degelijk vijfde generatie warmtenet iets minder complex.

Volledigheidshalve zijn ook de definities van de eerste, tweede, derde en vierde generatie warmtenetten weergegeven, zoals beschreven door het NPLW:

- De 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> generatie warmtenetten zijn lokale 'stoomnetten' of hogedruk warmwaternetten met temperaturen van 100 tot 200 graden, onder andere voor industriële toepassingen
- De temperatuur van 3<sup>e</sup> generatie warmtenetten gaat tot maximaal 100 graden. De warmte komt van hoge temperatuurbronnen, meestal aftapwarmte van elektriciteitscentrales of afvalverbranding, restwarmte van industriële processen of biomassa-installaties. Veel bestaande netten in Nederland zijn 3<sup>e</sup> generatie warmtenetten
- De 4<sup>e</sup> generatie warmtenetten werken ook met lage temperatuur (LT) of midden temperatuurwarmte (MT; 30 tot 75 graden). Denk bijvoorbeeld aan warmte uit hernieuwbare bronnen en lage temperatuur restwarmtebronnen, zoals geothermie, aquathermie of restwarmte van datacenters. Nieuwe warmtenetten of uitbreidingen van bestaande netten vinden al vaak plaats op midden temperatuur en niet meer op hoge temperatuur

Het bronnet en het MT-net, zoals in dit onderzoek beschouwd, kunnen gezien worden als 4<sup>e</sup> generatie warmtenetten.

De warmte middels WarmtelinQ dient (nog) gezien te worden als een 3<sup>e</sup> generatie warmtenet, omdat WarmtelinQ als zodanig 84 MW warmte kan leveren met een temperatuur in het hoofdnets van circa 120 °C. Omdat het de bedoeling is dat WarmtelinQ één van de bronnen wordt voor het Open Regionaal Energiesysteem (ORES) voor de Leidsche regio sluit het aan bij het gedachtengoed van een 5<sup>e</sup> generatie warmtenet, omdat er sprake zal zijn van het benutten van meerdere bronnen. Koudelevering en uitwisseling, dat kenmerkende onderdelen van een 5<sup>e</sup> generatie warmtenet zijn, is vooralsnog niet mogelijk.

---

<sup>10</sup> <https://www.nplw.nl/technieken/warmtenet/5e+generatie+warmte+-en+koudenetten/default.aspx>.

## 4.4 Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat de warmtedichtheid van De Waard en ook de warmtevraag per pand op het bedrijventerrein dermate laag is, dat een collectieve oplossing in de vorm van een warmtenet voor hier niet interessant lijkt te zijn. Daarmee lijkt er ook geen basis voor een gezamenlijke benadering van de verduurzaming van de warmtevoorziening op De Waard en het Waardeiland.

Op het Waardeiland lijkt ten aanzien van de collectieve varianten een bronnet en een MT-net het meest voor de hand liggend te zijn. Ook biedt WarmtelinQ de nodige perspectieven, zij het dat deze optie nog in een verkennende fase verkeert en De Waard en het Waardeiland als wijken niet meegenomen zijn in de eerste verkenningen.

Daarnaast lijkt als individuele variant de L/W warmtepomp voor de hand liggend te zijn, met als kanttekening dat een aantal woningen op het Waardeiland zich aan of naast het water bevinden. Voor deze woningen kan een individuele TEO-oplossing perspectief bieden, waarbij een individuele warmtewisselaar in het water geplaatst wordt en wordt aangesloten op een individuele warmtepomp in de woning.

## 5 Uitwerking warmteopties

*In dit hoofdstuk zullen de vier warmteopties, zoals beschreven in het vorige hoofdstuk, nader uitgewerkt worden. Het betreft een bronnet en een MT-net die beiden de warmte uit het oppervlaktewater van het Rijn-Schiekanaal als bron hebben. Daarnaast wordt ook ingegaan op de mogelijkheden van Warmte-linQ. En tenslotte wordt ingegaan op de individuele optie, waarbij van een L/W warmtepomp wordt uitgegaan. Voorafgaand daaraan wordt echter eerst op de impact van de oplossingen op de openbare ruimte ingegaan en wordt ook ingegaan op de uitgevoerde woningschouw van het Waardeiland.*

*Omdat in het vorige hoofdstuk geconstateerd is dat er nagenoeg geen voordelen zijn van een gezamenlijkheid tussen De Waard en het Waardeiland, wordt in dit hoofdstuk alleen de focus gelegd op de woningen op het Waardeiland en worden de bedrijfspanden op De Waard verder buiten beschouwing gelaten.*

### 5.1 Impact op de openbare ruimte

Voor de aanleg van een bronnet en ook voor een MT-net wordt er in de openbare ruimte een TEO-systeem, een WKO en een bron- c.q. warmtenetstelsel aangelegd. Alle drie componenten hebben een impact op de openbare ruimte. Voor wat betreft het bronnet en het MT-net, deze worden veelal onder de verharding van de wegen en straten aangelegd, om de woningen aan te kunnen sluiten. De impact van de aanleg van een bronnet of een MT-net op de openbare ruimte is relatief groot, waarbij de impact van een MT-net groter is dan die van een bronnet. Bij een MT-net bestaan de leidingen uit stalen buizen, die aan elkaar gelast worden en voorzien zijn van een isolatielaag. Een bronnet daarentegen bestaat uit PE-leidingen die niet geïsoleerd behoeven te worden. Het ondergrondse ruimtebeslag is in beide gevallen fors, omdat de leiding ook met een onderling afstand van elkaar aangebracht moeten worden. Over het algemeen is de ondergrond in het bebouwde gebied al flink benut door diverse kabels en leidingen en dat zal op het Waardeiland niet anders zijn. Daarbij speelt ook mee dat het Waardeiland via één route ontsloten is met het overige deel van Leiden. Eén en ander zal met name tijdens de realisatieperiode de nodige aandacht en afstemming vergen.

Een ander aspect is dat er ook een WKO nodig is om een deel van de warmte die in de zomer uit het Rijn-Schiekanaal gewonnen wordt, op te slaan. Deze opgeslagen warmte kan in de winter benut worden om het bronnet te voeden. Voor een WKO is, naast de putten die ondergrond afgewerkt kunnen worden, ook een technische ruimte nodig, van waaruit de aansturing plaatsvindt. In paragraaf 4.2.4 is nader ingegaan op de benodigde ruimte voor een WKO en de mogelijkheden op het Waardeiland.

En tenslotte verdient ook de warmtewisselaar de nodige aandacht. Deze installatie is nodig om de warmte uit het water van het Rijn-Schiekanaal te kunnen winnen. Dit kan globaal op twee manieren:

- Middels een zogenaamd open systeem, waarbij het water op een bepaald punt wordt ingenomen en via een warmtewisselaar op het Waardeiland wordt geleid. Nadat het water deze wisselaar is gepasseerd, wordt het op een verder stroomafwaarts gelegen punt weer in het Rijn-Schiekanaal gebracht

- Middels een zogenaamde gesloten wisselaar, waarbij de warmtewisselaar in het Rijn-Schiekanaal wordt geplaatst. Belangrijk aandachtspunt bij deze vorm van warmtewinning is de bescherming van de installatie voor scheepvaart en dergelijke

Wanneer het bron- of warmtenet, de WKO en de warmtewisselaar eenmaal zijn aangelegd, zal de omgeving er weinig tot geen overlast meer van ondervinden. Het systeem gaat lang mee en heeft weinig onderhoud nodig. Ook maakt het systeem geen geluid of anderszins overlast in gebruik.

## 5.2 Woningsschouw

Op 2 juni 2023 is een locatiebezoek uitgevoerd bij een aantal woningen op het Waardeiland. Aan de *Oxfordlaan* staan geschakelde woningen, bestaande uit drie typen:

- Type A, die een dubbele garage heeft
- Type B, die een eigen patio naast de garage heeft. De voordeur bevindt zich in de patio
- Type C, die gespiegeld naast elkaar staan en een gedeelde patio hebben

De ketelruimte bevindt zich op de tweede verdieping en is te benaderen via het balkon. De ketelruimte lijkt te klein voor warmtepomp, buffervat en boiler. Een optie kan zijn om het balkon te overkappen en te benutten. De ketelruimte bevindt zich niet recht boven het inkomende punt van de gasaansluiting. Bij een eventuele aansluiting op een warmtenet zal goed gekeken moeten worden waar deze in de woning wordt aangebracht. Als gekozen wordt voor hetzelfde punt als de huidige gasaansluiting, zal in pandig veel leidingwerk aangebracht moeten worden, waarbij de nodige vloeren en wanden gepasseerd moeten worden. Een goede optie kan ook zijn om een aansluiting van een warmtenet aan de buitenzijde van de woning aan te brengen.

In de *tussenwoning aan de Willem Dreeslaan* bevindt de huidige ketel zich ook niet recht boven de meterkast, waar de gasaansluiting nu is geplaatst. Ook hier zal het in pandig aanbrengen van leidingwerk voor een warmtepomp rekening gehouden moeten worden met meerdere doorkruisingen van muren en vloeren naar de bovenste verdieping, waar de ketel nu is geplaatst. De leidingen voor de aansluiting van een warmtepomp op een warmtenet zouden ook langs de buitenlans kunnen worden aangebracht. Deze dienen dan over het dak van de garage geleid te worden, om vervolgens langs gevel omhoog gebracht te worden. De radiator in de garage is voorzien van een dubbele leiding 22 mm. Mogelijk kunnen deze leidingen benut worden om een warmtepomp vanaf de garage aan te sluiten op het intene warmtecircuit. De bewoner heeft geëxperimenteerd met 50°C aanvoer op de CV. In winter is de bovenverdieping niet warm te krijgen en de benedenverdieping matig. Verwarmen met een aanvoertemperatuur van 60°C gaat beter, maar 70°C is toch nog steeds wenselijk. Achter de woning bevindt zich oppervlaktewater met een waterdiepte van circa 0,80 cm. Dit zou de mogelijkheid geven om een individuele warmtepomp met een warmtewisselaar in het oppervlaktewater te installeren.

*Recidence Rijnstaete* is een appartementencomplex, waarbij in de parkeerkelder wellicht een centrale warmtepomp geplaatst zou kunnen worden gevoed door een bronnet. Of een grote afleverzet, gevoed door een MT-net. Aan de achterzijde van de hoofdverdeler is de ruimte van de hydrofoor; deze ruimte met de aangrenzende ruimte in de parkeergarage biedt mogelijk ruimte om een warmtepomp te plaatsen. Vanuit hier kan dan de distributie naar de centrale leidingschachten plaatsvinden naar de

appartementen. De meterkast en ketelruimte in de appartementen biedt geen ruimte voor het plaatsen van individuele warmtepompen, buffervaten en boilers. Omdat deze meterkast en ketelruimte zich naast de centrale leidingschachten bevinden, kunnen de appartementen middels deze schachten goed bereikt worden.

Aan de *Aletta Jacobslaan* staan een zevental appartementencomplexen, die zich kenmerken door drie typen appartementen:

- Type A, bestaande uit twee woonblokken op de begane grond
- Type B, bestaande uit twee bouwlagen boven het buitenste deel van type A
- Type C, bestaande uit drie bouwlagen boven het binnenste deel van type A

De warmtevoorziening c.q. huidige gasaansluiting zit erg complex in elkaar. Elke type heeft een aparte aanvoer, die verschilt van de andere types. Vanuit de meterkasten in alle typen appartementen gaat de gasleiding naar ander deel / hogere verdieping van het appartement, waarbij de ketelruimte zich bevindt, maar niet recht boven de meterkast met de gasaansluiting. De conclusie is dat het leidingwerk erg ingewikkeld is aangelegd. Het aanbrengen van een nieuwe of extra leidingen voor een warmtenetaansluiting is daarmee erg complex. Een oplossing kan zijn om het leidingwerk geheel buitenom te plaatsen. Dit zal dan wel goed geïsoleerd worden. Eén en ander zou om esthetische redenen door de VvE kunnen worden afgewezen. *Aanbevolen* wordt nader onderzoek te laten doen naar alternatieve oplossingen binnendoor, afstand nemend van de huidige ligging van de gasleidingen. Onderzoek geldt ook de inpassing van apparatuur in de (voormalige) cv-ruimte.

In bijlage 1 is een uitgebreide uitwerking van de locatiebezoeken op het Waardeiland opgenomen.

## 5.3 Bronnet

Een bronnet is een comfortabele en kostentechnisch gunstige optie tijdens het gebruik. Een groot voordeel van een bronnet is dat deze niet alleen in warmte kan voorzien, maar ook in koeling; een steeds belangrijk vraagstuk voor de toekomst. Daarnaast is het bronnet efficiënt in energieverbruik, doordat de aanvoertemperatuur gedurende het gehele jaar constant is. De aangesloten warmtepompen kunnen hierdoor optimaal en heel efficiënt draaien.

Een ander voordeel is de bewoner zelf kan sturen in het energieverbruik. Een hogere binnen temperatuur in een minder goed geïsoleerde woning zal meer energie vergen dan een lagere temperatuur in een goed geïsoleerde woning. Het bronnet zelf heeft een lange levensduur. De toepassing van een bronnet bespaart naar schatting 40 tot 50% CO<sub>2</sub>-eq ten opzichte van de standaard CV-ketel.

Een nadeel c.q. belangrijke bijkomstigheid is wel dat elke woning een individuele warmtepomp krijgt, omdat de warmte in de woning opgewekt wordt en niet op een centraal punt buiten de woning.

### 5.3.1 Impact op de woning

Omdat de aanlevert temperatuur bij een bronnet relatief laag is (circa 12°C) moet de warmte in de woning nog opgewaardeerd worden via een warmtepomp. Qua afmeting voor een warmtepomp met een geïntegreerde tapwatervoorziening dient rekening gehouden te worden met de omvang van een forse koel-vriescombinatie. Indien er in de woningen alleen gedoucht wordt en er geen bad aanwezig is, zou men voor de tapwatervoorziening ook kunnen volstaan met een kleinere boiler, naast de warmtepomp. Per saldo wordt het ruimtebeslag daardoor echter niet kleiner. Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met het plaatsen van een buffervat en een expansievat. In Figuur 5-1 is een voorbeeld van een complete Water/Water warmtepomp met toebehoren opgenomen.



*Figuur 5-1: Water/Water-warmtepomp installatie binnenshuis (bron: Indurio)*

Ten aanzien van het leidingwerk in de woning zijn forse aanpassingen voorzien. In veel woningen staat de CV-ketel op de bovenste etage. Omdat het verwarmingssysteem vanuit deze positie wordt aangestuurd, is het logisch om de warmtepomp ook op deze plek te installeren. Het interne leidingsysteem kenmerkt zich door een van bovenaf afnemende leidingdiameter. Als de warmtepomp beneden geplaatst zou worden, zal ook het interne leidingsysteem aangepast moeten worden. Op de huidige plaats van de CV-ketel dient dan wel voldoende ruimte te zijn voor de warmtepomp, het expansievat en de eventuele boiler. Bij het locatiebezoek bleek dat hiervoor in veel gevallen de nodige aanpassingen in de woningen gedaan moeten worden, maar dat er wel degelijk mogelijkheden zijn om dit te realiseren.

In de meeste woningen komt de huidige gasleiding bij de voordeur binnen en loopt deze via de meterkast naar de bovenste verdieping waar de CV-ketel staat. Het is voor de hand liggend om de aanvoeren en retourleidingen van het bronnet op dezelfde plaats de woning binnen te laten komen. Het is dan nodig om de leidingen – dit zijn er twee, waar dit voor aardgas maar één leiding betreft – naar de bovenste verdieping te leiden. Voor de meeste appartementen en woningen zal dit technisch mogelijk zijn. Voor de bovenwoningen van de zogenaamde C-variant aan de Aletta Jacobsslaan zal dit naar verwachting een veel ingewikkelder opgave zijn. En andere optie, die voor alle woningen geldt, is om de leidingen aan de buitenzijde van de woning aan te brengen en op de plaatst van de warmtepomp naar binnen te leiden.

### 5.3.2 Aanpassingen afgiftesysteem

Het voordeel van een bronnet is dat een woning op lage temperatuur verwarmd kan worden. Om hiervan te profiteren is het belangrijk dat de verwarming voldoende oppervlakte heeft op de warmte af te kunnen geven. Vloerverwarming is hiervoor een goede manier, maar dit vraagt om een behoorlijke investering en heeft veel impact op de woning. Het is ook mogelijk om convectoren te plaatsen, deze bestaan als opbouw- en inbouw-variant. Veel woningen op het Waardeiland, zoals aan de Oxfordlaan, hebben origineel al convectoren. Bij het locatiebezoek bleek dat deze in een aantal gevallen al is vervangen door vloerverwarming.

### 5.3.3 Kostencomponenten voor aansluiting op een bronnet

Wanneer wordt gekozen voor een bronnet dient de eigenaar van het pand een warmtepomp aan te schaffen. De kosten voor een warmtepomp verschillen per bron en benodigd vermogen. Daarnaast fluctueren de prijzen de laatste jaren sterk door de groeiende vraag naar warmtepompen. Voor een gemiddelde woning dient anno 2023 rekening gehouden te worden met circa € 12.000,=, excl. BTW voor een Water/Water-warmtepomp. Dit is inclusief ISDE-subsidie, maar exclusief installatiekosten. De levensduur van een dergelijke warmtepomp is circa 20 jaar.

Voor het aansluiten van een woning op een bronnet geldt dat een netbeheerder een netwerk zal aanleggen tot en met het aansluitpunt / afgiftepunt in de woning, dit is een grote investering. De netbeheerder mag per aansluiting een aansluitbijdrage vragen, waarvan de bedragen jaarlijks worden vastgelegd door de Autoriteit Consument en Markt ACM). Voor 2023 is deze aansluitbijdrage maximaal € 4.411,07 excl. BTW per aansluiting. Dit tarief gaat uit van een afstand van de warmteleiding tot de gevel van de woning van maximaal 25 m. Voor dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat er geen grotere afstanden zullen optreden. Mocht dat wel het geval zijn, dan mag een bedrag van € 260,66 per m extra in rekening gebracht worden.

Een warmtepomp levert een lager temperatuur dan een CV-ketel, meestal circa 55 °C. Om woningen voldoende warm te kunnen krijgen, is het daarom aan te bevelen om voldoende geïsoleerd te zijn. Als streefwaarde wordt de zogenaamde Isolatiestandaard gehanteerd, zoals die door de Rijksoverheid is opgesteld<sup>11</sup> en overeenkomt met energielabel B. Er wordt in de verdere berekeningen van dit onderzoek vanuit gegaan dat de woningen geïsoleerd worden tot deze isolatiestandaard, waarbij een warmtevraagreductie van 20% kan worden bereikt. De originele warmtevraag is circa 1.500 m<sup>3</sup> aardgas, wat overeenkomt met 47,5 GJ per woning per jaar. Een reductie van 20% leidt tot een warmtevraag van 38 GJ per woning per jaar. Overigens zijn isolatiemaatregelen niet randvoorwaardelijk. Of en welke isolatiemaatregelen noodzakelijk zijn, kan relatief eenvoudig vastgesteld worden door de aanvoertemperatuur van de gasketel in de huidige situatie te verlagen en vast te stellen of bij een lagere aanvoertemperatuur een even groot of acceptabel comfort wordt bereikt.

Voor het bepalen van de kosten voor isolatie is onder ander het type woning en ook het bouwjaar van belang. Op basis van de rapportage over de standaard en de streefwaardes voor bestaande Woningbouw en de referentie van de warmtevraag<sup>12</sup> kan vastgesteld worden welke isolatiemaatregelen per type woning nodig zijn om de woning geschikt te maken voor een lagere temperatuur verwarming. Voor vloer, gevel, dak en ramen is gekeken naar de huidige gemiddelde isolatiewaarde en welke isolatiewaarde hieraan toegevoegd moet worden.

TNO heeft de kosten en baten in kaart gebracht wanneer een woning (deels) wordt verduurzaamd volgens de isolatiestandaard<sup>13</sup>. De hiervoor gebruikte kostenkentallen zijn openbaar beschikbaar op de

<sup>11</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/03/18/standaard-voor-woningisolatie>

<sup>12</sup> <https://www.nieman.nl/wp-content/uploads/2021/03/rapport-standaard-en-streefwaarden-bestaande-woningbouw-nieman-raadgevend-in.pdf>

<sup>13</sup> <https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid%3A911e60ec-02a1-4442-b092-a7b9e7847fd1>



website <https://digipesis.com> en zijn in dit onderzoek gehanteerd als rekenwaarden. In Tabel 4.1 zijn op basis een gemiddeld oppervlakte van een middelgrote eengezinswoning de te verwachten isolatiekosten, excl. BTW weergegeven. Hierbij gaat het om gemiddelde kosten; in de praktijk kunnen de daadwerkelijke kosten hoger of wellicht lager uitkomen.

Tabel 5-1 Overzicht isolatiekosten gemiddelde eengezinswoning, excl. BTW

| Maatregel                                | Kental     | Aantal [m <sup>2</sup> ] | Kostenmaatregel    |
|------------------------------------------|------------|--------------------------|--------------------|
| Begane grond vloer [EUR/m <sup>2</sup> ] | € 48,81    | 50                       | € 2.440,50         |
| Gevel EUR [EUR/m <sup>2</sup> ]          | € 23,04    | 45                       | € 1.036,80         |
| Hellend dak [EUR/m <sup>2</sup> ]        | € 126,34   | 65                       | € 8.212,75         |
| Ramen EUR [EUR/m <sup>2</sup> ]          | € 454,99   | 10                       | € 4.549,90         |
| Kierdichtingen, etc. [EUR/stuk]          | € 966,83   |                          | € 966,83           |
| Ventilatie [EUR/stuk]                    | € 4.500,00 |                          | € 4.550,00         |
| <b>Totaal, excl. BTW (afgerond)</b>      |            |                          | <b>€ 21.750,00</b> |
| Totaal, incl. BTW (afgerond)             |            |                          | € 26.300,00        |

### 5.3.4 Investerings voor de bewoner

Als een woning volledig gasloos wordt en een eigen warmtepomp krijgt, betekent dit dat de kosten voor het leveren en gebruik van gas volledig vervallen, maar dat de kosten voor elektriciteit zullen toenemen. Naast het elektraverbruik door de warmtepomp, zullen veel woningen ook een elektrische of een inductie kookplaat aan moeten schaffen. Daarnaast zal de elektriciteitsaansluiting in de woningen mogelijk verzwaaard moeten worden om voldoende stroom te kunnen leveren aan alle apparaten.

Daar staat tegenover dat er voor bepaalde onderdelen ook subsidies mogelijk zijn. Deze zijn bedoeld om het verduurzamen van woningen voor bewoners te stimuleren. De relevante subsidies zijn:

- ISDE-isolatie; het bedrag is per maatregel per vierkante meter vastgesteld. Een vereiste is dat het door een professional/bedrijf wordt uitgevoerd<sup>14</sup>. Het subsidiebedrag verdubbeld als er meerdere maatregelen worden uitgevoerd<sup>15</sup>. De gemiddelde subsidiebijdrage is circa 15%. Hiervan is dan ook in de verdere berekening uitgegaan
- ISDE-warmtepomp; een Water/Water-warmtepomp is van toepassing bij een bronnet. Bij een benodigd vermogen van 8 kW, wat gangbaar is voor een gemiddelde woningen, bedraagt de subsidie neer op € 4.200,=, excl. BTW
- ISDE-aansluiting warmtenet; hiervoor geldt een vast bedrag van € 3.325,=, excl. BTW voor de aansluiting op een warmtenet
- De exploitant van het warmtenet mag conform de ACM-tarieven ook jaarlijkse kosten in rekening brengen ter grootte van € 467,95, excl. BTW. Dit zijn kosten voor het vastrecht en de huur aflever-set

<sup>14</sup> <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/woningeigenaren/isolatiemaatregelen>

<sup>15</sup> <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiesubsidies-en-leningen/subsidie-voor-isolatie/>

Van belang is dat er jaarlijks een vast bedrag aan subsidies wordt vastgesteld. Het kan dus zijn dat de subsidie niet meer beschikbaar is als deze (later in het jaar) wordt aangevraagd. Daarnaast kan het uiteraard zijn dat de genoemde bedragen en percentages per jaar wijzigen.

In Tabel 5-2 zijn de kosten en potentiële subsidies voor een tussenwoning uit de periode 1975-1955 ingeschat. Deze bedragen kunnen uiteraard per woning (sterk) afwijken.

*Tabel 5-2: Geschatte investering voor een gemiddelde eengezinswoning bij aansluiting op een bronnet.*

| Maatregel / kostenpost                       | Ingeschatte kosten |
|----------------------------------------------|--------------------|
| Isolatiemaatregelen                          | € 21.700,00        |
| ISDE-subsidie                                | -€ 3.255,00        |
| Aanpassen afgiftesysteem verwarming          | € 5.000,00         |
| Woningaanpassingen t.b.v. warmtepomp         | € 5.000,00         |
| Warmtepomp, excl. installatiekosten          | € 10.000,00        |
| ISDE-subsidie                                | -€ 4.200,00        |
| Aanpassen kookvoorziening*                   | € 1.750,00         |
| Aanpassingen meterkast (installateurskosten) | € 3.000,00         |
| Verwijderen gasaansluiting                   | € 600,00           |
| Netbeheerderskosten 3 x 25 A aansluiting     | € 350,00           |
| Aansluitbijdrage ACM                         | € 4.411,07         |
| Subsidiebijdrage                             | -€ 3.325,00        |
| <b>Totaal, excl. BTW (afgerond)</b>          | <b>€ 41.000,00</b> |
| <b>Totaal, incl. BTW (afgerond)</b>          | <b>€ 49.650,00</b> |

\* Voor het aanpassen van de kookvoorziening is uitgegaan van een elektrisch kooktoestel, waarvoor ook de elektrische aansluiting aangepast dient te worden middels een zogenaamde perilex-aansluiting.

### 5.3.5 Jaarlijkse kosten voor de bewoner

Bij een aansluiting op een bronnet mag conform de ACM jaarlijks een vastrechtvergoeding in rekening gebracht worden. Naast het vastrecht dient de bewoner zelf voor het onderhoud te zorgen van de warmtepomp. Als rekenregel wordt hiervoor in het algemeen 1,5% van de aanschafprijs per jaar gehanteerd.

Daarnaast zijn er elektriciteitskosten door het gebruik van de warmtepomp. De hoeveelheid elektriciteit die een warmtepomp verbruikt ten opzichte van de hoeveelheid energie die vanuit de bron uiteindelijk geproduceerd wordt, wordt uitgedrukt in een rendementsfactor; de SCOP, Coëfficiënt of Performance. Gangbaar is een SCOP van 4, wat inhoudt dat voor vier delen geproduceerde energie er één deel elektriciteit wordt gebruikt en er drie delen door de bron (in dit geval het bronnet) worden geleverd. De jaarlijkse elektriciteitskosten zijn berekend aan de hand van een warmtevraag van 38 GJ/jaar. Dit komt overeen met een gasverbruik van 1.200 m<sup>3</sup> gas. Dit is het geschat verbruik wanneer de isolatiemaatregelen zijn uitgevoerd (isolatiestandaard). Daarnaast zijn de onderstaande energietarieven gehanteerd, gebaseerd op de huidige marktprijs<sup>16</sup>, plus de energiebelasting van 2023:

<sup>16</sup> <https://www.ice.com/index>

- Kosten elektriciteit: € 0,32 / kWh, incl. BTW (€ 0,26, excl. BTW)
- Kosten aardgas: € 1,40 / m<sup>3</sup>, incl. BTW (€ 1,16, excl. BTW)

De prijs voor warmte is gebaseerd op het prijsplafond voor energie. Voor de scenario's met gasverbruik is daarnaast gerekend met een jaarlijkse indexatie van twee procent. De verwachting is dat de aardgas-prijs op den duur sneller stijgt dan de elektriciteitsprijs. Om die reden zijn de besparingen van warmte-pompen ten opzichte van CV-ketels in de toekomst hoger.

In Tabel 5-3 zijn de jaarlijkse kosten weergegeven bij een bronnet en vergeleken met de kosten voor het gebruik van aardgas in de huidige situatie. Geconcludeerd kan worden dat jaarlijkse kosten bij een bronnetaansluiting circa 40% lager zijn dan bij het gebruik van gas. Hierbij is er nog geen rekening gehouden met het eventuele gebruik van elektriciteit vanuit de eigen zonnepanelen. Dit kan de lasten bij een bronnet nog fors verlagen, omdat in dat geval de kosten voor de elektriciteit vervallen of veel lager worden.

Tabel 5-3: Jaarlijkse kosten van een bronnet vergeleken met de aardgassituatie

|                                      | Aardgas         |              | Bronnet         |              |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
|                                      | Zonder isolatie | Met isolatie | Zonder isolatie | Met isolatie |
| Warmtevraag [m <sup>3</sup> vs. GJ]  | 1.500           | 1.200        | 47,5            | 38,0         |
| COP [-]                              | -               | -            | 4,0             | 4,0          |
| Extra elektraverbruik [kWh]          | -               | -            | 3.297           | 2.638        |
| Kosten aardgasverbruik               | € 1.735,54      | € 1.388,43   |                 | -            |
| Elektrakosten per jaar               |                 |              | € 871,91        | € 697,53     |
| Vastrecht (prijsspeil 2023) per jaar | € 240,00        | € 240,00     | € 467,95        | € 467,95     |
| Onderhoud                            | € 250,00        | € 250,00     | € 150,00        | € 150,00     |
| Jaarlijkse lasten, excl. BTW         | € 2.225,54      | € 1.878,43   | € 1.489,86      | € 1.315,48   |
| Maandelijkse lasten, excl. BTW       | € 185,46        | € 156,54     | € 124,15        | € 109,62     |
| Jaarlijkse lasten, incl. BTW         | € 2.692,90      | € 2.272,90   | € 1.802,73      | € 1.591,73   |
| Maandelijkse lasten, incl. BTW       | € 224,41        | € 189,41     | € 150,23        | € 132,64     |

## 5.4 MT-net met TEO als bron

In paragraaf 4.2.3 is al een beschrijving van een MT-net gegeven. Een groot voordeel van een MT-net is dat in de meeste woningen weinig hoeft te gebeuren om de woning geschikt te maken voor een aansluiting op een MT-net. Kijkend naar de duurzaamheid van het systeem is het MT-net minder gunstig dan een bronnet. Doordat de warmte centraal wordt opgewaardeerd, wordt er water op een hogere temperatuur (75 °C) door het net verpompt. Uit eigen onderzoek van Ennatuurlijk<sup>17</sup> blijkt dat het warmteverlies in haar netten in de orde van grootte ligt van 30%, met uitschieters van 50% en meer. Dit komt onder andere door het feit dat een warmtenet het gehele jaar warmte moet produceren en verpompen. Ook in de zomer als de vraag laag is en er eigenlijk alleen maar warmte voor het tapwater gevraagd wordt.

<sup>17</sup> <https://ennatuurlijk.nl/sites/default/files/2023-06/Cijfers%20warmtenetten%202022%20voor%20website.pdf>

Wanneer er een MT-net aangelegd wordt, dient er een exploitant geselecteerd te worden. Deze krijgt het monopolie over de levering van warmte in de wijk. De individuele afnemer is gebonden aan de gekozen exploitant.

#### 5.4.1 Impact op de woning

Voor de aansluiting van een woning op een MT-net wordt in de regel gehanteerd dat de aan te sluiten woning minimaal een energielabel D moet hebben om door middel van een MT-netaansluiting goed verwarmd te kunnen worden. In de praktijk is het energielabel echter niet zozeer maatgevend, omdat de warmte met ongeveer 70 °C in de woning wordt afgeleverd. Dit is gelijk aan de temperatuur, die ook door middel van een CV-installatie wordt geproduceerd. Daarom wordt ervan uitgegaan dat alle woningen op het Waardeiland zonder aanpassingen aan het verwarmingssysteem aangesloten kunnen worden op een MT-net. Strikt genomen is het bij de woningen niet persé nodig om verder te verduurzamen. Wel leidt het isoleren van de woning tot een lagere afname van warmte, zodat isoleren lonend kan zijn. De bewoner heeft echter wel meer tijd om isolatiemaatregelen uit te voeren.

Wanneer een woning op een MT-warmtenet wordt aangesloten, komt er in plaats van een aardgasleiding een warmwaterleiding het huis binnen en verlaat het afgekoelde water het huis weer in een aparte leiding. Daarvoor wordt er een warmte-afleverset geplaatst, die de CV-ketel vervangt. In Figuur 5-2 is een voorbeeld gegeven van een afleverset. Ook bij een MT-net zal het leidingwerk in de woning aangepast moeten worden, om de warmte vanaf de afleverset op de aansluitplaats van de (voormalige) CV-ketel te krijgen.



Figuur 5-2: Afleverset bij een MT-warmtenet

#### 5.4.2 Investerings voor de bewoner

De kosten voor woningaanpassingen zullen in het geval van een MT-net beperkt zijn. Veel investeringen die bij de aansluiting op een bronnet noodzakelijk zijn, zullen dat niet zijn bij de aansluiting op een MT-net. In Tabel 5-4 zijn de noodzakelijke maatregelen met de bijbehorende investeringen en eventuele subsidiemogelijkheden weergegeven.

Tabel 5-4: Geschatte investering voor een gemiddelde eengezinswoning bij aansluiting op een MT-net

| Maatregel / kostenpost               | Ingeschatte kosten |
|--------------------------------------|--------------------|
| Woningaanpassingen t.b.v. warmtepomp | € 2.500,00         |
| Aanpassen kookvoorziening            | € 1.750,00         |
| Verwijderen gasaansluiting           | € 600,00           |
| Aansluitbijdrage ACM                 | € 4.411,07         |
| Subsidiebijdrage                     | -€ 3.325,00        |
| <b>Totaal, excl. BTW (afgerond)</b>  | <b>€ 5.940,00</b>  |
| <b>Totaal, incl. BTW (afgerond)</b>  | <b>€ 7.190,00</b>  |

\* Voor het aanpassen van de kookvoorziening is uitgegaan van een elektrisch kooktoestel, waarvoor ook de elektrische aansluiting aangepast dient te worden middels een zogenaamde perilex-aansluiting.

#### 5.4.3 Jaarlijkse kosten voor de bewoners

Bij een aansluiting op een MT-net mag conform de ACM jaarlijks een vastrechtvergoeding in rekening gebracht worden. Daarnaast zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd bij het bepalen van de jaarlijkse kosten:

- De jaarlijkse elektriciteitskosten zijn berekend aan de hand van een warmtevraag van 47,5 GJ (de huidige warmtevraag op basis van 1.500 m<sup>3</sup> gas) en 38 GJ/jaar na isolatie, uitgaande van een warmtevraagreductie van 20%). Dit komt overeen met een gasverbruik van 1.500 resp. 1.200 m<sup>3</sup>
- De onderstaande energietarieven zijn gebaseerd op de huidige marktprijs<sup>18</sup>, plus de energiebelasting van 2023, inclusief BTW. De prijs voor warmte is gebaseerd op het energieplafond:
  - Kosten elektriciteit: € 0,32 / kWh, incl. BTW (€ 0,26 excl. BTW)
  - Kosten aardgas: € 1,40 / m<sup>3</sup>, incl. BTW (€ 1,16 excl. BTW)
- Omdat de warmte collectief wordt opgewaardeerd, rekent de leverancier kosten per afgenomen GJ in de vorm van warmte. Voor de kosten van de geleverde warmte is uitgegaan van € 42,83, excl. BTW. Dit is een gewogen gemiddelde, gebaseerd op de maximale tarieven van de Warmtewet in 2023. Voor de eerste 37 GJ mag maximaal € 39,16 in rekening worden gebracht, voor alle GJ's daarboven mag € 75,13 worden afgerekend.
- De exploitant van het warmtenet mag conform de ACM-tarieven ook jaarlijkse kosten in rekening brengen ter grootte van € 596,04, excl. BTW. Dit zijn kosten voor vastrecht, huur afleveret en een meettarief,

Op basis van de bovenstaande uitgangspunten zijn in de jaarlijkse kosten weergegeven voor een MT-net en vergeleken met de kosten voor het gebruik van aardgas. Tevens is hierbij onderscheid gemaakt in twee scenario's; met en zonder isolatie, waarbij de eerste tot een warmtevraagreductie zal leiden van 20%. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5-5.

Tabel 5-5: Jaarlijkse kosten van een MT-net vergeleken met de aardgassituatie

|                                     | Aardgas           |                   | MT-net            |                   |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                     | Zonder isolatie   | Met isolatie      | Zonder isolatie   | Met isolatie      |
| Warmtevraag [m <sup>3</sup> vs. GJ] | 1.500             | 1.200             | 47,5              | 38,0              |
| Gaskosten per jaar                  | € 1.735,54        | € 1.388,43        | -                 | -                 |
| GJ-kosten per jaar                  | -                 | -                 | € 1.880,70        | € 1.504,57        |
| Vastrecht (prijspeil 2023) per jaar | € 240,00          | € 240,00          | € 596,04          | € 596,04          |
| Onderhoud                           | € 250,00          | € 250,00          | € 0,00            | € 0,00            |
| <b>Jaarlasten, excl. BTW</b>        | <b>€ 2.225,54</b> | <b>€ 1.878,43</b> | <b>€ 2.476,75</b> | <b>€ 2.100,61</b> |
| Maandlasten, excl. BTW              | € 185,46          | € 156,54          | € 206,40          | € 175,05          |
| <b>Jaarlasten, incl. BTW</b>        | <b>€ 2.692,90</b> | <b>€ 2.272,90</b> | <b>€ 2.996,87</b> | <b>€ 2.541,73</b> |
| Maandlasten, incl. BTW              | € 224,41          | € 189,41          | € 249,74          | € 211,81          |

<sup>18</sup> <https://www.ice.com/index>

Uit de tabel valt op te maken dat er kosten bespaard worden door de woning te isoleren, in het geval van de aardgassituatie gaat het om circa € 420,= (incl. BTW) per jaar. De maandelijkse lasten zijn incl. BTW ruim € 20,00 hoger wanneer aangesloten wordt op een MT-net.

## 5.5 MT-net met WarmtelinQ als bron

In 2023 is door Greenvis en Fakton Energy een studie uitgevoerd, waarin een vergelijking is gemaakt tussen een open regionaal energiesysteem (ORES) voor collectieve warmtevoorziening in de Leidse regio en de ontwikkeling van lokale collectieve warmtesystemen<sup>19</sup>. In het ORES worden geothermie, aquathermie en restwarmte uit het Rotterdams havengebied (WarmtelinQ) aangesloten op een transportnet dat een aantal clusters uit de regio bedient. In het onderzoek zijn vijf varianten van het ORES vergeleken met het referentiescenario. Het referentiescenario gaat uit van lokale collectieve warmtesystemen met buurt-L/W-warmtepompen als bron.

In het onderzoek wordt geconcludeerd dat alle ORES-scenario's significant gunstiger zijn ten opzichte van het referentiescenario als gekeken wordt naar de cumulatieve kosten over 30 jaar. De investeringen in het ORES zijn hoger dan in het referentiescenario, maar er wordt veel minder elektriciteit en gas ingekocht. De reden is dat er volop gebruik wordt gemaakt van hoge temperatuur warmtebronnen. Het ORES zorgt bovendien voor een lagere CO<sub>2</sub>-emissie dan het referentiescenario. Tot slot zorgt het ORES voor een lagere impact op het elektriciteitsnet, wat de uitbreidingsopgave voor Liander kleiner maakt.

Belangrijke kanttekening is dat in het referentiescenario uitgegaan wordt dat voor elk gebied een zelfstandig warmtenet aangelegd wordt. Deze warmtenetten hebben een lokale bron, te weten een collectieve L/W warmtepomp. Er wordt géén gebruikgemaakt van aanwezige geothermiebronnen en het bestaande warmtenet van Vattenfall blijft gehandhaafd, hierop wordt WarmtelinQ als nieuwe bron aangesloten. De doorgerekende scenario's in de ORES-studie gaan uit van een mix van bronnen bestaande uit WarmtelinQ (84 MW), aquathermie (15 MW) en Geothermie (20 MW). De eerste en de laatste hebben brontemperaturen groter dan meer dan 100°C, de aquathermiebron wordt opgewaardeerd tot 95°C.

Het uiteindelijke resultaat van de ORES-studie geeft een grove indicatie van de kosten per wijk, inclusief een indicatie van aansluitkosten op basis van gemiddelde type woningen per cluster van wijken en de onrendabele top die dat op basis van warmtetarieven van 2022 op zou leveren zonder subsidies. De investeringen en operationele kosten voor de verschillende clusters lopen sterk uiteen. Voor het Waardeiland is gekeken naar cluster 5, Leiderdorp, omdat dit geografisch het meest in de buurt ligt. De onrendabele top per woningequivalent bedraagt voor het referentiescenario (een zelfstandig warmtenet met een collectieve L/W warmtepomp) € 10.700,=. Deze kosten bedragen in de overige scenario's gemiddeld € 7.500,=.

Vanuit de ORES-studie kan nog niet concreet worden aangegeven wat de impact op de woningen op het Waardeiland zal zijn, welke maatregelen er genomen moeten worden en welke investeringen er in de

<sup>19</sup> [https://leiderdorp.parlaeus.nl/user/councildocument/action=showannex/qdb=18412/Bijlage\\_3\\_Afrondende\\_Rapportage\\_Open\\_Regionaal\\_Energiesysteem\\_ORES.pdf](https://leiderdorp.parlaeus.nl/user/councildocument/action=showannex/qdb=18412/Bijlage_3_Afrondende_Rapportage_Open_Regionaal_Energiesysteem_ORES.pdf)

woning getroffen moeten worden. Gezien het feit dat hier sprake is van een hoge aanvoertemperatuur zullen de te treffen maatregelen overeenkomen met die bij het MT-net.

### 5.5.1 Impact op de woning en noodzakelijke aanpassingen

Voor wat betreft de impact op de woning zijn dezelfde maatregelen en ingrepen nodig als bij de aansluiting op een MT-net, omdat in de wijknetten van WarmtelinQ een temperatuur van circa 70 °C aangeboden wordt. Daarom wordt voor deze onderdelen verwezen naar de beschrijving in vorige paragraaf.

### 5.5.2 Investerings in de woning en jaarlijkse kosten

Voor wat betreft de investeringen in de woningen en de jaarlijkse kosten kan ook uitgegaan worden van deze kosten voor deze onderdelen, zoals weergegeven bij het MT-net. De aanvoertemperatuur van het wijk-net is vergelijkbaar met die van een MT-net. Daarmee zijn de investeringen jaarlijkse kosten ook identieke en wordt ook voor deze kosten verwezen naar de beschrijving in vorige paragraaf.

## 5.6 Lucht/water-warmtepomp (L/W warmtepomp)

De L/W-warmtepomp is de bekendste versie van de individuele warmtepomp. Deze warmtepomp is relatief eenvoudig aan te sluiten, maar kent in het gebruik wel een aantal belangrijke aandachtspunten. In paragraaf 3.2.6 is een beschrijving van deze warmtepomp met de voor- en nadelen gegeven.

### 5.6.1 Impact op de woning

Voor wat betreft de impact op de woning, de aanpassingen aan het verwarmingssysteem en de minimale vereisten ten aanzien van isolatie zijn dezelfde maatregelen en ingrepen nodig als bij de aansluiting op een bronnet. Daarom wordt voor deze onderdelen verwezen naar de beschrijving in paragraaf 5.3 op pagina 43.

### 5.6.2 Investerings voor de bewoner

In het geval er wordt gekozen voor een individuele L/W-warmtepomp dient men rekening te houden met bepaalde investeringen, zoals deze in Tabel 5-6 zijn weergegeven. Daarnaast zijn ook voor het installeren van een L/W warmtepomp en de benodigde bijkomende maatregelen bepaalde subsidies mogelijk. Deze zijn genoemd en beschreven in sub-paragraaf 5.3.4 op pagina 46.



Tabel 5-6: Geschatte investering gemiddelde eengezinswoning bij installatie van een L/W warmtepomp

| Maatregel / kostenpost                       | Ingeschatte kosten |
|----------------------------------------------|--------------------|
| Isolatiemaatregelen                          | € 21.700,00        |
| ISDE-subsidie                                | -€ 3.255,00        |
| Aanpassen afgiftesysteem verwarming          | € 5.000,00         |
| Woningaanpassingen t.b.v. warmtepomp         | € 5.000,00         |
| Warmtepomp, excl. installatiekosten*         | € 12.500,00        |
| ISDE-subsidie                                | -€ 3.150,00        |
| Aanpassen kookvoorziening**                  | € 1.750,00         |
| Aanpassingen meterkast (installateurskosten) | € 3.000,00         |
| Verwijderen gasaansluiting                   | € 600,00           |
| Netbeheerderskosten 3 x 25 A aansluiting     | € 277,00           |
| Subsidiebijdrage                             | -€ 3.325,00        |
| <b>Totaal, excl. BTW (afgerond)</b>          | <b>€ 40.100,00</b> |
| Totaal, incl. BTW (afgerond)                 | € 48.520,00        |

\* Uitgaande van een vermogen van 8 kW

\*\* Voor het aanpassen van de kookvoorziening is uitgegaan van een elektrisch kooktoestel, waarvoor ook de elektrische aansluiting aangepast dient te worden middels een zogenaamde perilex-aansluiting.

### 5.6.3 Jaarlijkse kosten voor de bewoner

De belangrijkste kostenpost bij een L/W-warmtepomp is de elektriciteit om de warmtepomp te laten werken. De jaarlijkse elektriciteitskosten zijn berekend aan de hand van een warmtevraag van 36 GJ/jaar. Dit komt overeen met een gasverbruik van ongeveer 1.140 m<sup>3</sup>gas. Voor de warmtepomp is een SCOP van 2,8 gehanteerd. Dit is (veel) lager dan bij een bronnet, maar dit wordt veroorzaakt door het aantal dagen dat de buitentemperatuur lager is dan 10 °C. Daarnaast zijn evenals bij de andere varianten de onderstaande energietarieven gehanteerd, gebaseerd op de huidige marktprijs<sup>20</sup>, plus de energiebelasting van 2023:

- Kosten elektriciteit: € 0,32 / kWh, incl. BTW (€ 0,26 excl. BTW)
- Kosten aardgas: €1,40 / m<sup>3</sup>, incl. BTW (€ 1,16 excl. BTW)

De prijs voor warmte is gebaseerd op het energieplafond. Voor de scenario's met gasverbruik is daarnaast gerekend met een jaarlijkse indexatie van twee procent. De verwachting is dat de aardgasprijs op den duur sneller stijgt dan de elektriciteitsprijs. Om die reden zijn de besparingen van warmtepompen ten opzichte van CV-ketels in de toekomst hoger.

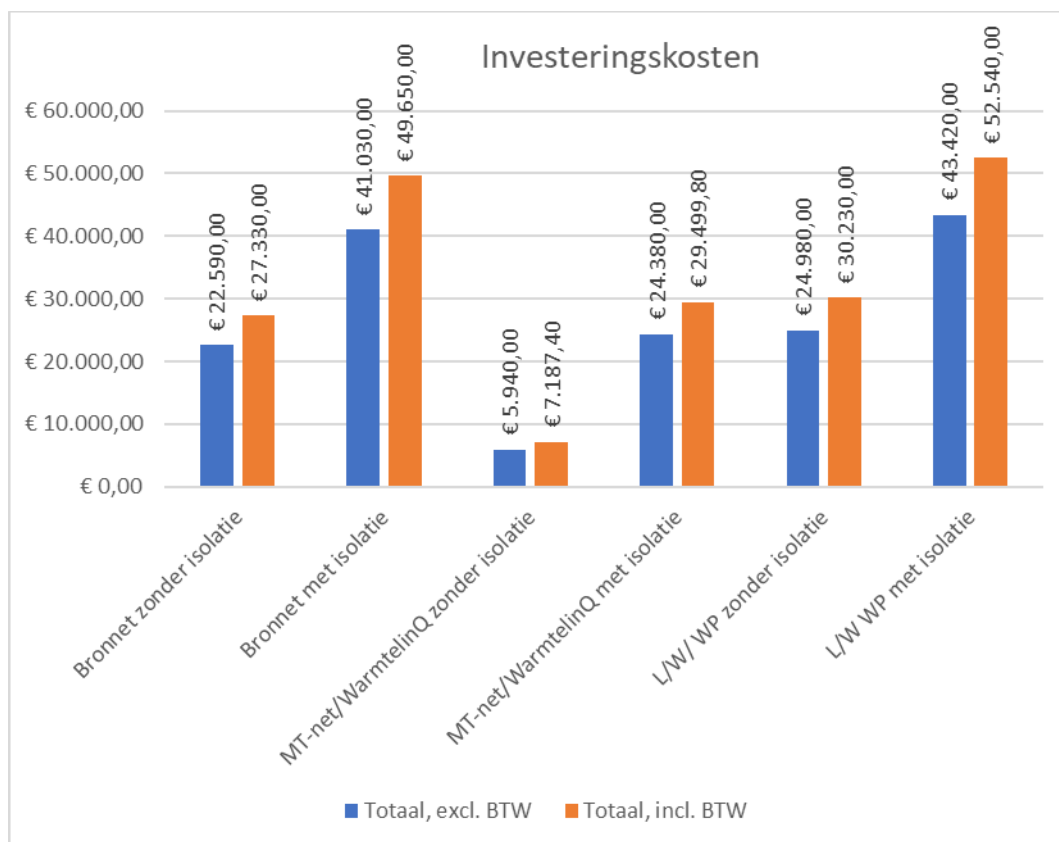
<sup>20</sup> <https://www.ice.com/index>

Tabel 5-7: Jaarlijkse kosten L/W warmtepomp vergeleken met aardgassituatie

|                                     | Aardgas           |                   | L/W warmtepomp    |                   |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                     | Zonder isolatie   | Met isolatie      | Zonder isolatie   | Met isolatie      |
| Warmtevraag [m3 vs. GJ]             | 1.500             | 1.200             | 47,5              | 38,0              |
| COP [-]                             | -                 | -                 | 4,0               | 2,8               |
| Extra elektraverbruik [kWh]         | -                 | -                 | 3.297             | 3.768             |
| Gaskosten per jaar                  | € 1.735,54        | € 1.388,43        | -                 | -                 |
| Elektrakosten per jaar              | -                 | -                 | € 871,91          | € 996,47          |
| Vastrecht (prijspeil 2023) per jaar | € 240,00          | € 240,00          | € 467,95          | -                 |
| Onderhoud                           | € 250,00          | € 250,00          | € 150,00          | € 187,50          |
| <b>Jaarlasten, excl. BTW</b>        | <b>€ 2.225,54</b> | <b>€ 1.878,43</b> | <b>€ 1.489,86</b> | <b>€ 1.183,97</b> |
| Maandlasten, excl. BTW              | € 185,46          | € 156,54          | € 124,15          | € 98,66           |
| <b>Jaarlasten, incl. BTW</b>        | <b>€ 2.692,90</b> | <b>€ 2.272,90</b> | <b>€ 1.802,73</b> | <b>€ 1.432,60</b> |
| Maandlasten, incl. BTW              | € 224,41          | € 189,41          | € 150,23          | € 119,38          |

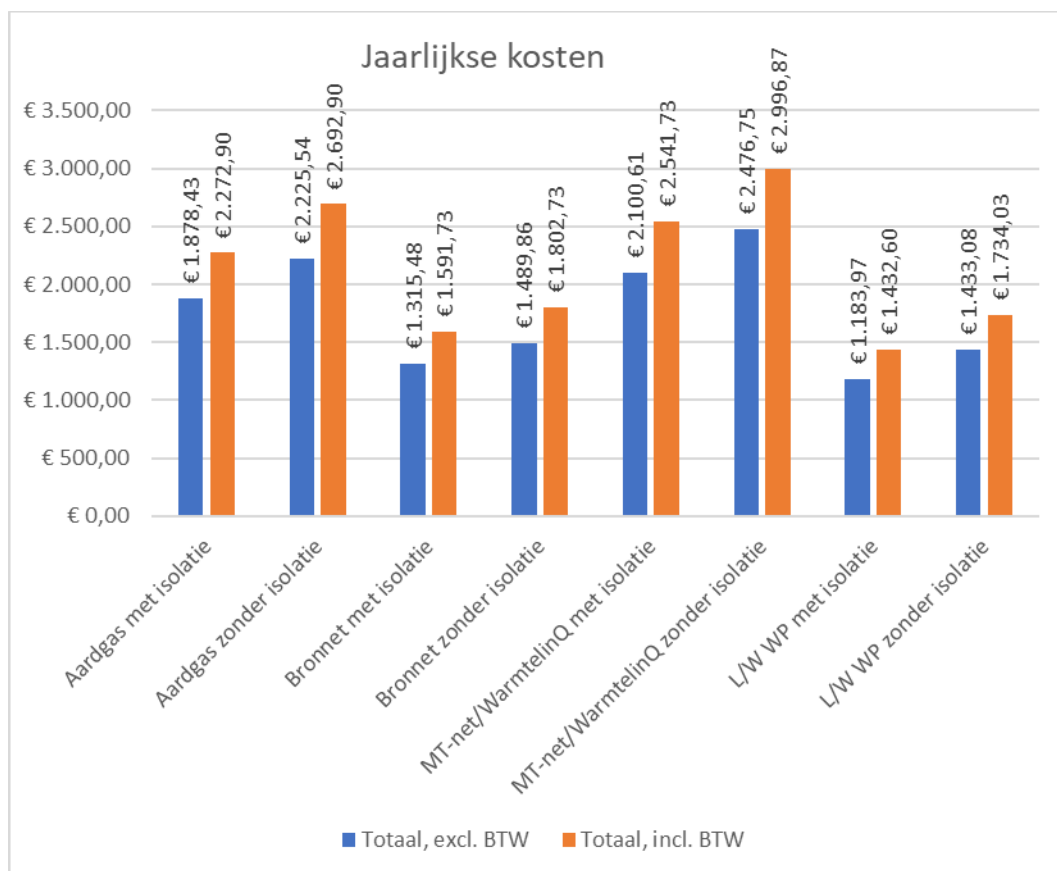
## 5.7 Resumé

In de voorgaande paragrafen zijn de investeringskosten en ook de jaarlijkse kosten van de verschillende varianten beschreven en weergegeven. Samenvattend zijn in Figuur 5-3 de investeringskosten van de beschouwde varianten grafisch weergegeven. Voor alle opties is hierbij onderscheid gemaakt in de investeringen met en zonder het uitvoeren van isolatiemaatregelen.



*Figuur 5-3: Samenvatting investeringskosten van de beschouwde varianten per woning. 'Zonder isolatie' betekent dat er geen aanvullende isolatiemaatregelen worden uitgevoerd. 'Met isolatie' betekent dat er wel isolatiemaatregelen zijn uitgevoerd. De ingeschatte kosten zijn in de berekeningen meegenomen.*

In Figuur 5-4 zijn de jaarlijkse kosten van de beschouwde varianten grafisch weergegeven.



Figuur 5-4: Samenvatting jaarlijkse kosten beschouwde varianten per woning. 'Zonder isolatie' betekent dat er geen aanvullende isolatiemaatregelen worden uitgevoerd. 'Met isolatie' betekent dat er wel isolatiemaatregelen zijn uitgevoerd. De ingeschatte kosten zijn in de berekeningen meegenomen.

Op basis van de grafiek zou geconcludeerd kunnen worden dat de kosten voor isolatie zich ogenschijnlijk niet terug laten verdienen in de jaarlijkse kosten. Isolatie zal echter leiden tot een hoger energielabel, wat een waardeverhoging van de woning tot gevolg heeft.

## 6 Warmtenetkosten

*In de voorgaande hoofdstukken zijn de verschillende warmtebronnen beschreven vanuit het perspectief van de bewoners. Voor de opzet van een collectieve warmtevoorziening met een bronnet of een warmtenet is ook het perspectief van de energieleverancier van belang. In dit hoofdstuk worden de investeringen, operationele kosten en inkomsten vanuit dit perspectief toegelicht voor zowel een bronnet of een MT-net. Daarnaast wordt ook ingegaan op de CO<sub>2</sub>-reductie van de verschillende varianten.*

### 6.1 Ontwerp warmtetracés

Een warmtenet bestaat uit een transport- en een distributienet. Het transportnet ligt tussen de bron of de WKO en de wijk. Tussen het transportnet en distributienet worden warmteoverdrachtstations geplaatst. Het distributienet loopt vervolgens van een overdrachtsstation naar de individuele woningen. Bij de doorrekening van de netten is rekening gehouden met fasering in clusters, waarbij een maximale cluster een vermogen heeft van 2 MW. Het distributienet van het MT-net is op 70°C, hiervoor zijn dus collectieve warmtepompen nodig om de temperatuur vanuit de WKO op te waarden. Bij een bronnet is de temperatuur van het transportnet en het distributienet gelijk.

Met softwareprogramma Comsof Heat® is het transport- en distributienet berekend van het bronnet en het MT-net. De software maakt een economische optimalisatie op basis van ingegeven rekenregels. Hierbij wordt rekening gehouden met de benodigde leidingdikte die nodig is alle woningen van warmte te kunnen voorzien. De locatie voor de warmteoverdrachtstations is automatisch gekozen door de software. In werkelijkheid zal er nog naar een geschikte locatie gezocht moeten worden.

Figuur 6-1 toont het ontwerp van het bronnet. De bron is centraal geplaatst in de wijk. Vanuit daar wordt via het transportnet warmte gedistribueerd richting de tussenstations. In dit geval zijn er twee tussenstations berekend, vanuit waar via het distributienet de warmte getransporteerd wordt richting de woningen.

Figuur 6-2 toont het ontwerp van het MT-net. Het warmtetracé is vergelijkbaar in ontwerp met dat van het bronnet. De benodigde binnendiameter van leidingen is echter significant kleiner dan bij een bronnet. De kosten van het tracé zijn toch vergelijkbaar met die van een bronnet. Doordat leidingen bij een MT-net voorzien zijn van isolatiemateriaal, dit maakt de leidingen bij een MT-net qua buitendiameter meestal dikker. Ondanks de isolatie zijn er toch nog flinke warmteverliezen. Er is rekening gehouden met 20% warmteverlies in de leidingen richting de woningen.



Figuur 6-1 Ontwerp van het bronnet op basis van rekenprogramma Comsof Heat®.



Figuur 6-2 Ontwerp van het MT-net op basis van rekenprogramma Comsof Heat®.



## 6.2 Investerings bronnet en MT-net met TEO als bron

Tabel 6-1 geeft een overzicht van de ingeschatte investering voor beide netten. De investering voor het warmtenet is gebaseerd op de uitkomsten van Comsof Heat® en kostenkentallen voor de warmtewinning, de WKO en de warmtepompen. Belangrijk om te realiseren is, dat net als bij andere NUTS-voorzieningen, een groot deel van de kosten in het graaf- en straatwerk zitten. De kosten voor grote technische installaties zijn gebaseerd op recent opgevraagde offertes van vergelijkbare installaties. Voor kleinere onderdelen en de TEO-installaties is gebruik gemaakt van openbare kentallen vanuit het programma van Warming-Up<sup>21</sup>. Bij de bepaling van de benodigde grootte van de technische installaties is rekening gehouden met de warmtevraag en vermogensvraag. Deze zijn bepaald aan de hand van openbare kengetallen van het energiemodel Vesta MAIS v5.0, zoals dat door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) wordt gehanteerd<sup>22</sup>.

Tabel 6-1: Investeringsraming voor de verschillende installaties bij een bronnet en een MT-net

| Omschrijving                            | Bronnet     |                    | MT-net      |                     |
|-----------------------------------------|-------------|--------------------|-------------|---------------------|
| Transportnet                            | € 225.000   |                    | € 158.000   |                     |
| Distributienet                          | € 952.000   |                    | € 912.000   |                     |
| Huisaansluitingen (incl. afsluiters)    | € 1.718.000 |                    | € 2.486.000 |                     |
| Tussenstations                          | € 210.000   |                    | € 252.000   |                     |
| Installatie afleversets in woningen     | -           |                    | € 736.000   |                     |
| Aanlegkosten Warmtenet                  |             | € 3.105.000        |             | € 4.544.000         |
| Aanlegkosten WKO's                      |             | € 425.000          |             | € 461.000           |
| Inlaatwerk                              | € 45.000    |                    | € 45.000    |                     |
| Aanzuigkorf                             | € 11.000    |                    | € 11.000    |                     |
| Circulatiepomp                          | € 20.000    |                    | € 23.000    |                     |
| Fijn filters                            | € 58.000    |                    | € 67.000    |                     |
| Warmtewisselaar (Shell in tube)         | € 62.000    |                    | € 71.000    |                     |
| Regeltechniek                           | € 34.000    |                    | € 34.000    |                     |
| Appendages                              | € 70.000    |                    | € 81.000    |                     |
| Leidingwerk terrein                     | € 46.000    |                    | € 51.000    |                     |
| TEO Warmtewinning installaties          |             | € 346.000          |             | € 383.000           |
| Technische ruimte                       | € 260.000   |                    | € 312.000   |                     |
| Elektra aansluitingen                   | € 10.000    |                    | € 12.000    |                     |
| Collectieve warmtepomp                  | -           |                    | € 1.844.000 |                     |
| Warmte opwek / distributie              |             | € 270.000          |             | € 2.168.000         |
| Subtotaal voorzien                      |             | € 4.146.000        |             | € 7.556.000         |
| Onvoorzien [10%]                        | € 414.600   |                    | € 756.000   |                     |
| Subtotaal incl. onvoorzien              |             | € 4.561.000        |             | € 8.312.000         |
| Algemene kosten [8%]                    | € 365.000   |                    | € 665.000   |                     |
| Winst & Risico [15%]                    | € 684.000   |                    | € 1.246.700 |                     |
| Engineering en projectbegeleiding [15%] | € 684.000   |                    | € 1.246.700 |                     |
| <b>Totale investering, excl. BTW</b>    |             | <b>€ 6.294.000</b> |             | <b>€ 11.470.000</b> |

<sup>21</sup> <https://www.warmingup.info/actueel/93/wat-kost-een-aquathermiesysteem>

<sup>22</sup> <https://www.pbl.nl/publicaties/functioneel-ontwerp-vesta-mais-50>

### 6.3 Operationele kosten

Naast de investering zullen er jaarlijks kosten gemaakt worden om het warmtenet in stand te houden.

#### 6.3.1 Uitgangspunten

De operationele kosten per warmtetraject zijn gebaseerd op onderhoudskosten, elektrakosten en administratiekosten. Vooral door de extra elektrakosten en onderhoudskosten van de collectieve warmtepomp zijn de operationele kosten bij een MT-net flink hoger dan bij een bronnet. Voor het MT-net zijn de elektriciteitskosten van de warmtepomp bepaald met de aanname dat de woningen geïsoleerd zijn tot energielabel B.

In Tabel 6-2 zijn de gehanteerde aannames voor de economische parameters samengevat. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De elektriciteitsprijs is gebaseerd op de marktprijs in maart 2023. Voor grootverbruikers is het elektratarief significant lager dan voor bewoners. Dit heeft te maken met de verschillende schalen van de energiebelasting. Bij een hoger jaarverbruik wordt er namelijk minder energiebelasting betaald
- Er is vanuit gegaan dat een lening wordt afgesloten om 60% van de investeringen te bekostigen. De overige 40% wordt met eigen vermogen van het warmtebedrijf bekostigd. De lening wordt betaald via een annuïtaire aflossing met een looptijd van 15 jaar
- Herinvesteringen worden betaald vanuit eigen vermogen van het warmtebedrijf
- Jaarlijkse uitgaven zijn de onderhoudskosten en de elektriciteitskosten voor de benodigde pompenergie voor de warmtewinning, WKO en warmtepompen
- Onderhoudskosten zijn per onderdeel gedefinieerd als een percentage van de investering, terwijl herinvesteringen zijn gebaseerd op de levensduur van een installatie
- Daarnaast is er rekening gehouden met facturatie (administratie)kosten van het vastrecht

Tabel 6-2: Economische parameters gebruikt voor het uitwerken van de operationele kosten, excl. BTW

| Variabele                  | Waarde | Eenheid |
|----------------------------|--------|---------|
| Tarief Elektriciteit       | 0,19   | €/kWh   |
| Tarief Warmte              | 39,16  | €/GJ    |
| Inflatie                   | 2,0    | %       |
| Discontovoet               | 6,0    | %       |
| Percentage vreemd vermogen | 60,0   | %       |
| Rentelasten                | 4,0    | %       |

Op basis van deze uitgangspunten zijn in Tabel 6-3 de berekende operationele kosten weergegeven.

Tabel 6-3 Berekende operationele kosten per type warmtenet, excl. BTW

| Omschrijving                           | Bronnet         | MT-net           |
|----------------------------------------|-----------------|------------------|
| Onderhoud installaties                 | € 48.000        | € 94.000         |
| Onderhoud afleversets                  | -               | € 15.000         |
| Elektraverbruik pompen                 | € 19.500        | € 19.000         |
| Elektraverbruik collectieve warmtepomp | -               | € 299.000        |
| Administratiekosten                    | € 14.000        | € 28.000         |
| <b>Totale operationele kosten per</b>  | <b>€ 81.500</b> | <b>€ 455.000</b> |

### 6.3.2 Opbrengsten

Voor aansluiting op een warmtenet kan eenmalig een aansluitingsbijdrage worden gevraagd van de bewoners. Dit is gebaseerd op de ACM-tarieven. Uit de ACM-tarieven volgt een maximale aansluitbijdrage van € 4.411,07, exclusief BTW<sup>23</sup>.

Bij een bronnet bestaan de baten uit het vastrecht dat jaarlijks wordt betaald door de bewoners die zijn aangesloten. Dit bestaat uit een vast bedrag van € 264,85, excl. BTW plus een "opslag vermogen individuele aansluiting" boven de 3 kW van € 63,04, excl. BTW per kW. Er is gerekend met een gemiddelde individuele aansluiting van 8 kW voor de woningen.

Bij een MT-net bestaan de opbrengsten uit het jaarlijkse vastrecht, de verhuur van de afleverset en het meettarief. Per woning is hiervoor € 596,=, excl. BTW gerekend. Daarnaast bestaan inkomsten bij een MT-net uit de verkoop van warmte. Per geleverde GJ in € 39,16, excl. BTW gerekend.

### 6.3.3 Subsidie

In de businesscase is ervan uitgegaan dat er gebruik wordt gemaakt van de Warmte-Infrastructuur Subsidie (WIS). De bijdrage bedraagt 49% van de investeringskosten per woning met een maximum van € 6.000,= per aansluiting. Daarnaast is bij een MT-net gerekend met SDE++-subsidie. Er is uitgegaan van een bijdrage van € 8,= per geleverde GJ-warmte gedurende de eerste 15 jaar van het project.

### 6.3.4 Resultaat businesscase bronnet met TEO als bron

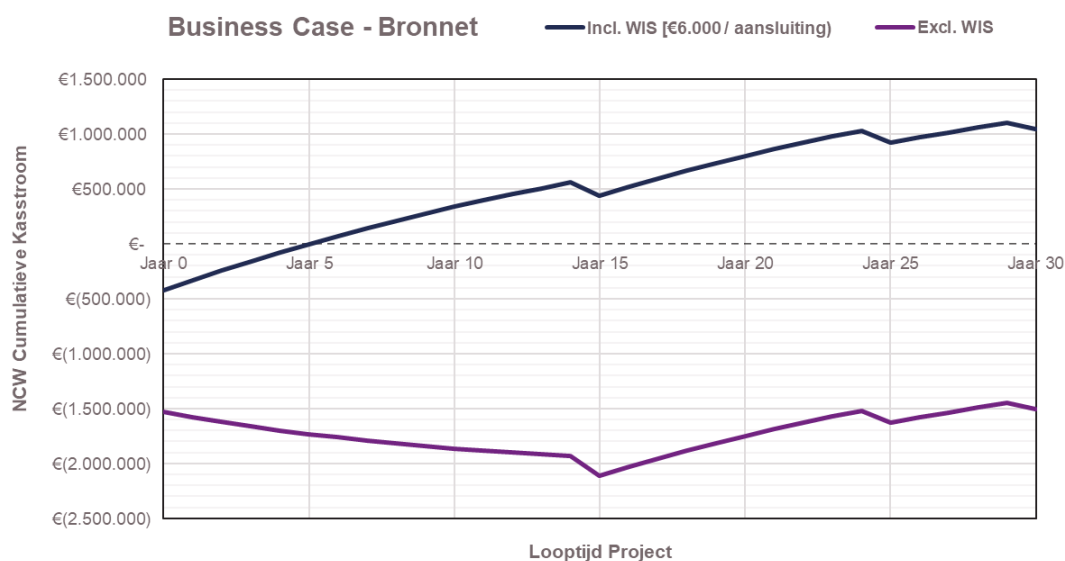
Het resultaat van de businesscase voor een bronnet is weergegeven in Figuur 6-3. Uit de figuur blijkt dat een positieve businesscase haalbaar is. Het is wel essentieel dat er gebruikt gemaakt kan worden van de WIS. In de figuur is uitgegaan van een bijdrage van € 6.000,= per aansluiting. In werkelijkheid zou de bijdrage lager kunnen uitvallen. In een verder stadium is het daarom belangrijk om te bepalen wat de werkelijke bijdrage zou zijn.

Een ander aandachtspunt is het volloop scenario. Voor nu is uitgegaan van een volloop percentage van 100%. Dit percentage representeert het aandeel van de woningen dat daadwerkelijk aansluit op het warmtenet. Het is echter onwaarschijnlijk dat alle woningen die kunnen aansluiten op het warmtenet dat ook daadwerkelijk doen. Echter worden er vaak wel leidingkosten gemaakt, waardoor een laag vollooppercentage een risico is voor de haalbaarheid van de businesscase. Het aantal aangesloten woningen

<sup>23</sup> <https://www.acm.nl/nl/publicaties/tarievenbesluit-warmteleveranciers-2023>

bepaalt in sterke mate de haalbaarheid van de businesscase, omdat door middel van het aantal aansluitingen inkomsten gegenereerd worden. Bij MT-net is een gemiddelde deelname van 80% noodzakelijk voor een gezonde businesscase. Voor een bronnet is dit percentage iets lager, gemiddeld 70%.

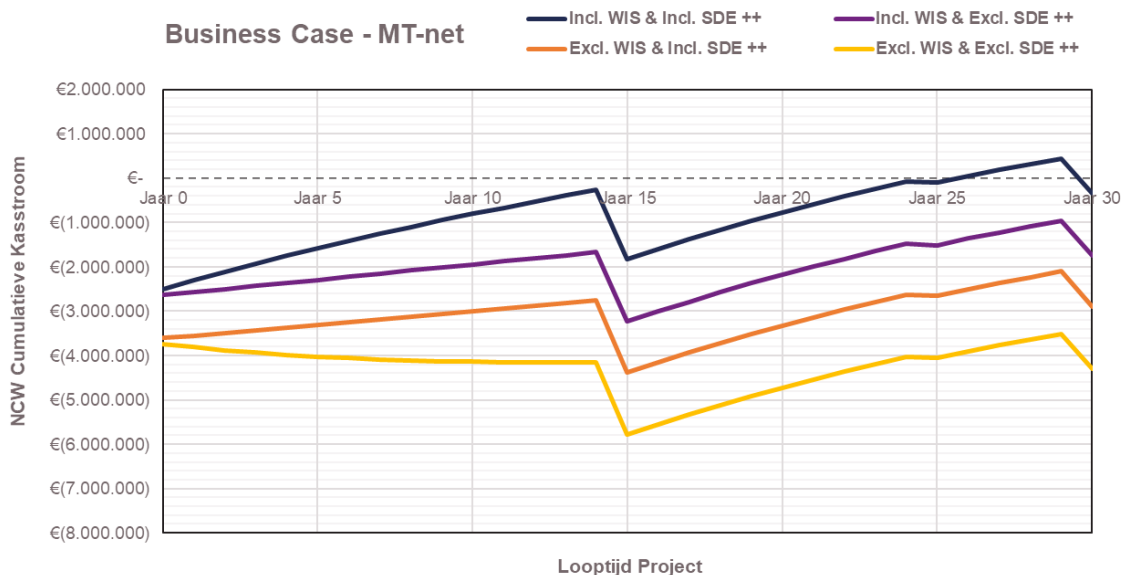
In deze businesscase geldt dat de financiële haalbaarheid valt of staat met de WIS subsidie. Wanneer deze wordt toegekend kan het ook met een laag volloopsценario rendabel zijn.



*Figuur 6-3: Uitkomst van de businesscase in het geval van een bronnet. De figuur toont de netto contante waarde van de cumulatieve kasstroom gedurende het project voor twee scenario's. Het scenario inclusief subsidie (WIS) geeft een positief resultaat, terwijl het scenario zonder subsidie een negatief resultaat geeft.*

### 6.3.5 Resultaat businesscase MT-net met TEO als bron

Het resultaat van de businesscase is gepresenteerd in Figuur 6-4. Uit de figuur blijkt dat er alleen een positieve businesscase haalbaar is, als zowel de WIS als SDE++ subsidie kunnen worden benut. De oorzaak hiervoor is de relatief hoge benodigde investering voor het MT-net. Door de hoge investering zijn ook de lening en de bijbehorende rentelasten significant hoger.



*Figuur 6-4: Uitkomst van de businesscase in het geval van een MT-net. De figuur toont de netto contante waarde van de cumulatieve kasstroom gedurende het project voor vier scenario's. Dit toont de invloed van de subsidiemogelijkheden op het resultaat van de businesscase.*

## 6.4 Conclusie

Op basis van de in dit hoofdstuk toegelichte doorrekeningen kan geconcludeerd dat zowel het bronnet als het MT-net op termijn tot een positieve businesscase kunnen leiden. Weliswaar met de kanttekening dat voor de beide netten subsidies (WIS en SDE++) noodzakelijk zijn. Indien deze beide subsidies benut kunnen worden en gebruik wordt gemaakt van de maximaal door de ACM toegestane tarieven en bijdragen vanuit de bewoners, is er geen sprake (meer) van een zogenaamde onrendabele top.

## 7 Total Cost of Ownership en CO<sub>2</sub>-reductie

*In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de total cost of ownership. Hiermee wordt gekeken naar de totale kosten die een woningeigenaar maakt wanneer gekozen wordt voor een bepaalde warmteoptie. Om goed inzicht te krijgen zijn de besproken duurzame technieken afgezet tegen de CV-ketel op aardgas gestookt. Voor veel mensen is dat immers waar ze de technieken mee zullen vergelijken.*

*Naast de TCO wordt in dit hoofdstuk ook ingegaan op de CO<sub>2</sub>-uitstoot per techniek. De reductie van emissiegassen is immers een belangrijke reden om over te willen stappen op een alternatief voor aardgas.*

### 7.1 Total Cost of Ownership (TOC)

Om de varianten financieel met elkaar te kunnen vergelijken, zijn de totale kosten van alle varianten tegen elkaar uitgezet over een periode van 30 jaar. Er is hierbij rekening gehouden met 2% algehele inflatie per jaar, 2% voor de stijging van de elektriciteit en 4% prijsstijging voor het aardgas. De stijging voor de kosten van elektriciteit zijn gelijk gehouden aan de algehele inflatie. Voor de inflatie aan gas is 4% gehanteerd, omdat de overheid het gebruik van elektriciteit ten opzichte van aardgas wil stimuleren. Eén van de maatregelen in dit kader is door de energiebelasting op aardgas jaarlijks extra te verhogen ten opzichte van elektriciteit. Deze extra belastinginkomsten worden gebruikt voor investeringen in duurzame energie. In Tabel 7-1 zijn de resultaten van deze globale TCO-benadering weergegeven.

Tabel 7-1: TCO-benadering doorgerekende varianten, excl. BTW.

|                            | Aardgas met isolatie | Aardgas zonder isolatie | Bronnet met isolatie | Bronnet zonder isolatie | MT-net TEO met isolatie |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Investeringen in de woning | € 1.500,00           | € 1.500,00              | € 41.030,00          | € 22.590,00             | € 24.380,00             |
| Herinvestering             | € 4.000,00           | € 4.000,00              | € 5.800,00           | € 5.800,00              | € 0,00                  |
| TCO herinvestering         | € 5.380,00           | € 5.380,00              | € 7.810,00           | € 7.810,00              | € 0,00                  |
| Onrendabele top warmtenet  | € 0,00               | € 0,00                  | € 0,00               | € 0,00                  | € 0,00                  |
| Jaarlijkse kosten          | € 1.878,43           | € 2.225,54              | € 1.315,48           | € 1.489,86              | € 2.100,61              |
| TCO jaarlijkse kosten      | € 105.400,00         | € 124.800,00            | € 53.400,00          | € 60.400,00             | € 85.200,00             |
| TCO-Totaal, excl. BTW      | € 112.300,00         | € 131.700,00            | € 102.200,00         | € 90.800,00             | € 109.600,00            |
| TCO-Totaal, incl. BTW      | € 135.883,00         | € 159.357,00            | € 123.662,00         | € 109.868,00            | € 132.616,00            |

|                            | MT-net TEO zonder isolatie | MT-WarmtelinQ met isolatie | MT-WarmtelinQ zonder isolatie | L/W WP met isolatie | L/W WP zonder isolatie |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------|
| Investeringen in de woning | € 5.940,00                 | € 24.380,00                | € 5.940,00                    | € 43.420,00         | € 24.975,00            |
| Herinvestering             | € 0,00                     | € 0,00                     | € 0,00                        | € 9.350,00          | € 9.350,00             |
| TCO herinvestering         | € 0,00                     | € 0,00                     | € 0,00                        | € 12.580,00         | € 12.580,00            |
| Onrendabele top warmtenet  | € 0,00                     | € 10.700,00                | € 10.700,00                   | € 0,00              | € 0,00                 |
| Jaarlijkse kosten          | € 2.476,75                 | € 2.100,61                 | € 2.476,75                    | € 1.183,97          | € 1.433,08             |
| TCO jaarlijkse kosten      | € 100.500,00               | € 85.200,00                | € 100.500,00                  | € 48.000,00         | € 58.100,00            |
| TCO-Totaal, excl. BTW      | € 106.400,00               | € 120.300,00               | € 117.100,00                  | € 104.000,00        | € 95.700,00            |
| TCO-Totaal, incl. BTW      | € 128.744,00               | € 145.563,00               | € 141.691,00                  | € 125.840,00        | € 115.797,00           |

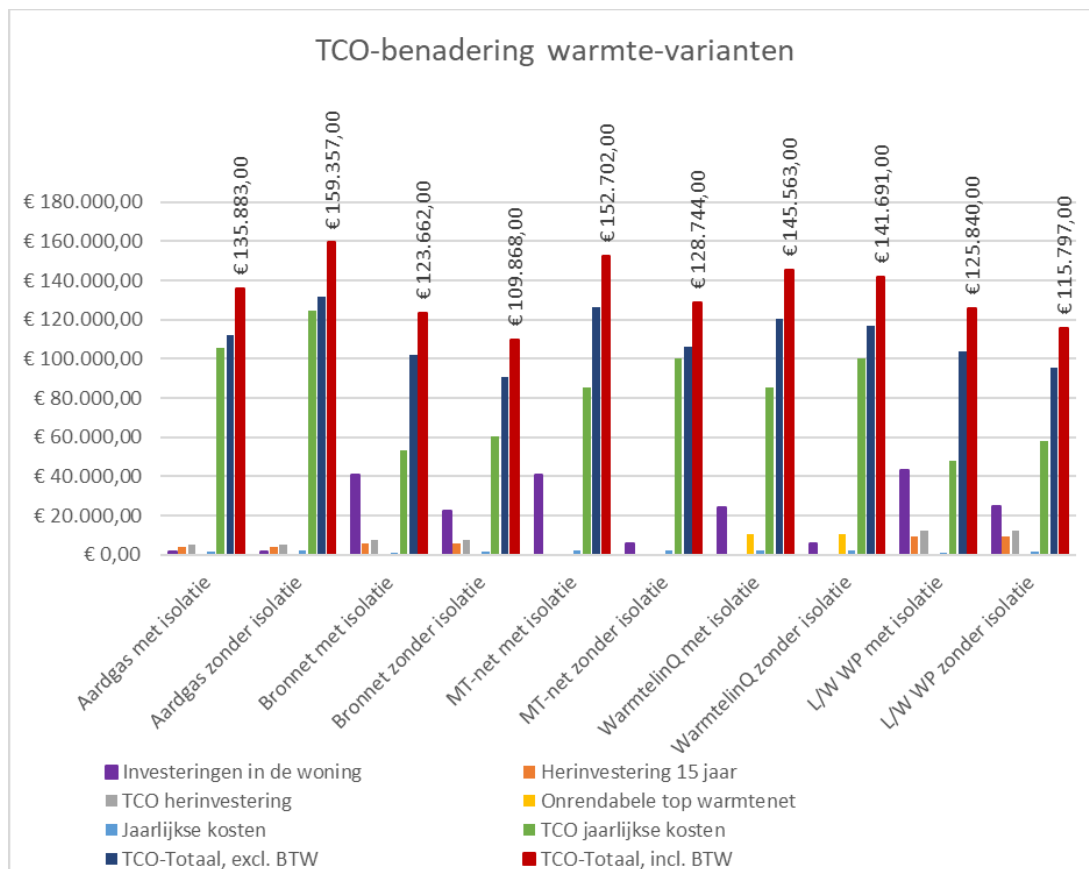
Bij het gebruik van een CV-ketel zal ook rekening gehouden moeten worden met een herinvestering. Omdat het voornemen van de Minister is om vanaf 2026 CV-ketels alleen te mogen vervangen door een hybride warmtepomp is voor de herinvestering bij de gasgestookte situaties uitgegaan van de vervanging door een hybride warmtepomp in plaats van een CV-ketel. Daarnaast in de beide aardgas-scenario's uitgegaan van EUR 250,= voor het vastrecht en het netbeheer.

Geconcludeerd kan worden dat de aansluiting op een bronnet op de langere termijn financieel gezien de meest aantrekkelijke optie lijkt te zijn, gevolgd door de individuele L/W warmtepomp. Weliswaar zijn de TCO van een L/W warmtepomp iets lager dan die van een bronnet, maar bij het gebruik van een L/W warmtepomp zijn een aantal belangrijke kanttekeningen te plaatsen. Enerzijds is dat het geluid, maar anderzijds is dat ook het enorme elektriciteitsgebruik tijdens koude (vorst)periodes. Weliswaar komen dergelijke periodes steeds minder voor, maar in dergelijke periodes neemt de elektriciteitsverbruik bij een L/W warmtepomp enorm toe, in tegenstelling tot een bronnet, waar de brontemperatuur ook in erg koude periode gelijk blijft en daarmee het elektriciteitsverbruik niet toeneemt.

Voor wat betreft een collectief warmtenet waarbij de woningen worden voorzien van een aanvoertemperatuur van circa 70 °C lijkt een 'eigen' MT-net voordeliger dan een aansluiting op het warmtenet van WarmtelinQ. Opgemerkt moet wel worden dat niet duidelijk is of in de businesscase van WarmtelinQ ook rekening is gehouden met een bijdrage vanuit bijvoorbeeld de WIS-subsidie.

In Figuur 7-1 zijn de resultaten grafisch weergegeven. Hierbij zijn de TCO-totaal, incl. en excl. BTW als totale kosten weergegeven. De overige vier componenten ('*Investeringen in de woning*', '*TCO-herinvestering*', '*Onrendabele top warmtenet*' en '*TCO jaarlijkse kosten*') als daadwerkelijke kosten voor deze onderdelen weergegeven. Deze vier componenten zijn dus niet gesommeerd, maar betreffende de afzonderlijke kosten voor deze componenten. Duidelijk is te zien dat de jaarlijkse kosten, die voornamelijk uit energiekosten bestaan, voor het grootste deel van de totale kosten over 30 jaar zorgen. Met name bij de opties, waar de energiekosten uit kosten voor elektriciteit bestaan (het bronnet en de L/W warmtepomp) is het gebruik van eigen opgewekte energie middels PV-panelen interessant. Hiermee kunnen deze kosten dalen c.q. grotendeels geëlimineerd worden, waarmee deze varianten financieel gezien nog positiever scoren ten opzichte van de overige varianten.





*Figuur 7-1: Grafische weergave TCO-benadering doorgeredende varianten. 'Zonder' betekent dat er geen aanvullende isolatiemaatregelen worden uitgevoerd. 'Met' betekent dat er wel isolatiemaatregelen zijn uitgevoerd. De ingeschatte kosten zijn in de berekeningen meegenomen.*

Op basis van de grafiek zou geconcludeerd kunnen worden dat de kosten voor isolatie zich ogenschijnlijk niet terug laten verdienen in de jaarlijkse kosten. Isolatie zal echter leiden tot een hoger energielabel, wat een waardestijging van de woning tot gevolg heeft.

## 7.2 CO<sub>2</sub>-reductie

Voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissie van de verschillende varianten zijn de rekenregels van de Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK)<sup>24</sup> gehanteerd. De SNK stelt methodedocumenten vast waarmee CO<sub>2</sub>-reductie op een gewaarborgde manier wordt berekend. Voor de vrijwillige koolstofmarkt in Nederland is de SNK bevoegd om CO<sub>2</sub>-certificaten uit te geven. In de berekeningen wordt de gasreductie aan de hand van de emissiefactor voor gas uitgedrukt in een CO<sub>2</sub>-reductie voor gas. Voor de inzet van warmtepompen wordt gebruikt gemaakt van de zogenaamde PBL-benadering. Volgens deze benadering, die door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) wordt gehanteerd voor het doorrekenen van effecten van Nederlands klimaat- en energiebeleid, wordt verondersteld dat iedere toe- of afname van

<sup>24</sup> <https://nationaleco2markt.nl/wp-content/uploads/2020/02/Regel-CO2-reductieberekening-elektriciteit-in-het-licht-van-het-ETS.pdf>

de elektriciteitsvraag (de zogenaamde 'marginale' vraag) wordt opgevangen door een moderne gascentrale in Nederland. Bij extra elektriciteitsvraag gaat dit type centrale meer elektriciteit produceren en bij een afname van de vraag minder. Dit houdt in dat het elektraverbruik van de warmtepompen vertaald dient te worden in een CO<sub>2</sub>-emissie met de bij de moderne gascentrale behorende emissiefactor.

In formulevorm wordt de berekening als volgt beschreven:

$$\text{Gasverbruik (m3)} * \frac{\text{Conversiefactor gas}}{1000} \\ \text{minus} \\ \left( \text{Gasverbruik (GJ)} * \frac{1}{\text{COP}} / 1000 \right) * \text{conversiefactor elektra}$$

De in 2023 geldende emissiefactoren zijn:

- Voor gas 2,079 kg/m<sup>3</sup>
- Voor elektra 0,352 kg/kWh

De CO<sub>2</sub>-emissies van de WarmtelinQ-variant is afgeleid op basis van de gegevens van het ORES-onderzoek. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat de WarmtelinQ-variant circa 50% minder CO<sub>2</sub> emitteert dan het zogenaamde 0-scenario. Dit scenario is gedefinieerd als een collectieve L/W-warmtepomp met COP van 2.0 en een gasgestookte voorziening voor de piekmomenten. Dit laatste is echter ruim 83% van het geheel. Om een inschatting te kunnen maken van de CO<sub>2</sub>-emissies van de WarmtelinQ-variant voor het Waardeiland zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De CO<sub>2</sub>-emissie van de WarmtelinQ-variant is 50% van het 0-scenario van de ORES-studie
- Voor het warmteverlies is evenals bij het MT-net 20% aangehouden, omdat ook hier sprake is van transport van de warmte via een MT-net
- Voor het 0-scenario is uitgegaan van de inzet van 20% door een collectieve L/W warmtepomp met een COP van 2.0 en de inzet van 80% gas

Op basis van alle genoemde berekening is Tabel 7-2 in de emissie van de verschillende varianten weergegeven.

Tabel 7-2: Berekende CO<sub>2</sub>-emissie van de verschillende varianten

|                                                           | Aardgas         |              | Bronnet         |              | MT-net          |              |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
|                                                           | Zonder isolatie | Met isolatie | Zonder isolatie | Met isolatie | Zonder isolatie | Met isolatie |
| Warmteverlies [%]                                         | -               | -            | 2               | 2            | 20              | 20           |
| Warmtevraag het Waardeiland [m <sup>3</sup> ]             | 830.000         | 622.500      | 846.600         | 634.950      | 996.000         | 747.000      |
| Idem [GJ]                                                 | 26.270          | 19.702       | 26.795          | 20.096       | 31.523          | 23.643       |
| Emissie gas [ton CO <sub>2</sub> ]                        | 1.726           | 1.294        |                 |              | -               | -            |
| SCOP [-]                                                  | -               | -            | 4               | 4,0          | 4,0             | 4,0          |
| Elektraverbruik w-pomp [kWh]**                            | -               | -            | 1.395.578       | 1.046.684    | 2.189.143       | 1.641.857    |
| CO <sub>2</sub> emissie warmtepomp [ton CO <sub>2</sub> ] | -               | -            | 491             | 368          | 771             | 578          |
| Totale CO <sub>2</sub> -emissie [ton CO <sub>2</sub> ]    | 1.726           | 1.294        | 491             | 368          | 771             | 578          |

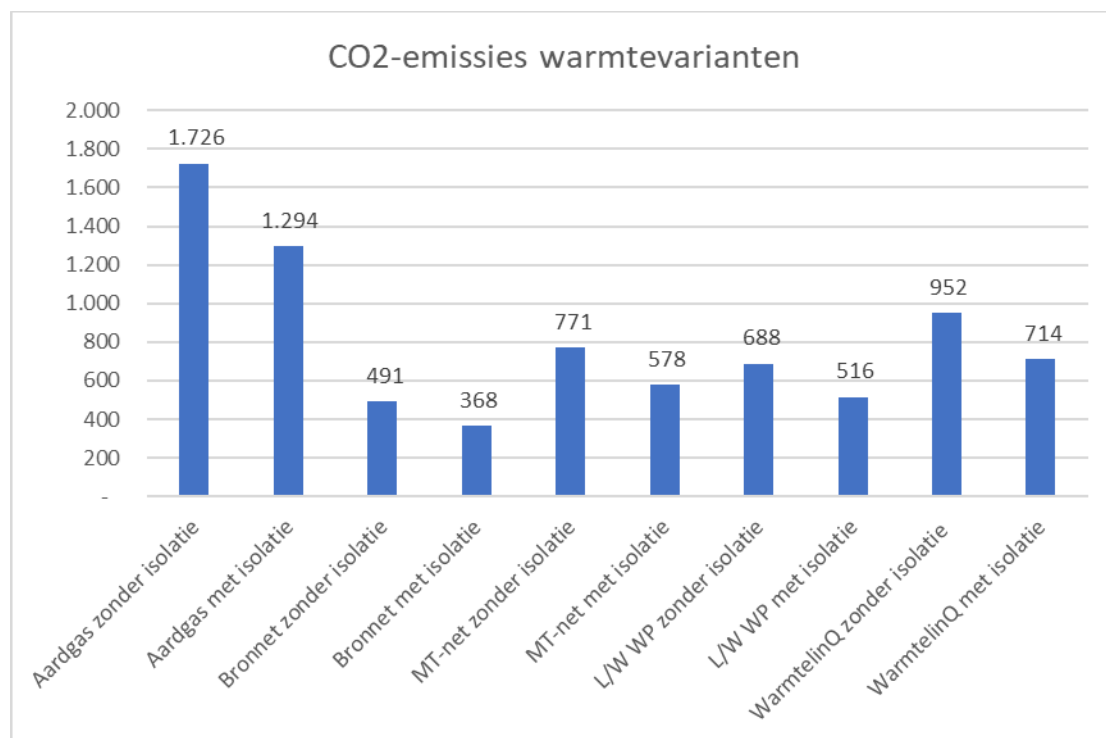
|                                                           | WarmtelinQ*     |              | L/W warmtepomp  |              |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
|                                                           | Zonder isolatie | Met isolatie | Zonder isolatie | Met isolatie |
| Warmteverlies [%]                                         | 20              | 20           | -               | -            |
| Warmtevraag het Waardeiland [m <sup>3</sup> ]             | 796.800         | 597.600      | 830.000         | 622.500      |
| Idem [GJ]                                                 | 25.219          | 18.914       | 26.270          | 19.702       |
| Emissie gas [ton CO <sub>2</sub> ]                        | 1.657           | 1.242        |                 | -            |
| SCOP [-]                                                  | 2.0             | 2.0          | 2,8             | 2,8          |
| Elektraverbruik w-pomp [kWh]***                           | 700.526         | 525.934      | 1.954.592       | 1.465.944    |
| CO <sub>2</sub> emissie warmtepomp [ton CO <sub>2</sub> ] | 247             | 185          | 688             | 516          |
| Totale CO <sub>2</sub> -emissie [ton CO <sub>2</sub> ]    | 952***          | 714***       | 688             | 516          |

\* De genoemde getallen zijn de afgeleide getallen van het 0-scenario

\*\* Op basis van het aantal PV-panelen op de woningen op het Waardeiland, zoals beschreven in paragraaf 2.3.3 is ervan uitgegaan dat 75% van de elektriciteit geleverd wordt door het net en 25% duurzaam wordt opgewekt

\*\*\* De berekende CO<sub>2</sub>-emissie is 50% van het 0-scenario op basis van de gegevens van de ORES-studie

In Figuur 7-2 is de CO<sub>2</sub>-emissie van de verschillende warmtevarianten grafisch weergegeven. Geconcludeerd kan worden dat een bronnet tot de grootste CO<sub>2</sub>-reductie leidt, gevolg door de individuele L/W warmtepompen.



Figuur 7-2: Grafische weergave CO<sub>2</sub>-emissie warmtevarianten, in ton per jaar

## **Bijlage 1      Verslag locatiebezoek het Waard- eiland 2 juni 2023**

## Overzicht bezochte woningen



SYNTRAAL

## Woningen Oxfordlaan

Deze woningen bestaan uit drie typen:

- Type A heeft een dubbele garage
- Type B heeft een eigen patio naast de garage, waar de voordeur in zit. In dit geval is de patio overkapt
- Type C hebben twee woningen een gedeelde patio

### Type B, Oxfordstraat

Woning is gebouwd in de jaren '70 van de vorige eeuw, serre heeft vloerverwarming, overige delen hebben radiatoren en convectoren. Convectoren in de vloer gebouwd in convectorputten. In dit geval boven de grond geplaatst. Meeste huizen hebben nog convectorputten. Woning heeft HR++ glas

# SYNTRAAL

Kenmerk

R002-1322519SCB-V01-ygl-NL



*Radiator in woning*



*Convector in woning (boven de vloer)*



*Wandradiator*



*Voorkant woning, met overkapte patio*

## Type A, Oxfordlaan

Gas en elektra komen bij voordeur binnen in de hal. Van daaruit gaat gasleiding naar boven, naar tweede verdieping waar gasketel staat.





*Meterkast in woning type A*



*Deur links toilet, deur rechts meterkast*

Ketelruimte op tweede verdieping, te benaderen via het balkon. In dit geval zijn twee ketels geplaatst met een tussenmeter in verband met aparte aansturing verwarmingsdelen. De ketelruimte is te klein voor warmtepomp, buffervat en boiler. Optie is om het balkon te benutten.

Beneden is vloerverwarming aangelegd, boven zijn radiatoren aanwezig.



*Ketelruimte*

## Tussenwoning Willem Dreeslaan

Bouwjaar: 1994

Achter de woning bevindt zich oppervlaktewater met een waterdiepte van circa 0,80 cm.



*Verwarming door middel van radiatoren en convectoren. Klassiek dubbel glas.*



*Meterkast, één fase. Ruimte voor een afleverset is in principe aanwezig.*



*Ketelruimte, ook plaats voor wasmachine.*

Ketel is niet recht boven de meterkast geplaatst, leidingwerk is met meerdere bochten door muren en vloeren naar boven gebracht.

Bewoner heeft geëxperimenteerd met 50 graden aanvoer op de CV. In winter is de bovenverdieping niet warm te krijgen en de benedenverdieping matig. 60 graden gaat beter, maar 70 graden is toch nog steeds wenselijk.

Kamer op tweede verdieping aan zonzijde is erg warm, behoefte aan koeling. Mogelijk glas vervangen? Kamer op eerste verdieping boven garage is erg koud, mede omdat garage niet geïsoleerd is.



*Achterzijde van woning met zicht op ketelruimte.*

Leidingen voor een warmtepomp zouden buitenlangs kunnen en dienen dan over het dak van de garage om vervolgens langs gevel omhoog gebracht te worden.

In garage zit dubbele leiding 22 mm vanaf boven voor CV. Mogelijk kunnen deze benut worden om warmtepomp vanaf de garage aan te sluiten in plaats van bovenuit.



*Foto voorzijde, tussen garages mogelijk aanvoer warmteleiding.*

## Résidence Rijn-Staete



*Voorzijde complex.*



*Appartementencomplex grenst aan haven.*



*Vanuit ondergrondse garage gaan leiding via centrale schachten naar de appartementen (foto links). Er kan ruimte gevonden worden voor een collectieve warmtepomp (foto rechts).*

Mogelijk kan in de parkeerkelder een centrale warmtepomp geplaatst worden, gevoed door een bronnet. Aan de achterzijde van de hoofdverdeler is de ruimte van de hydrofoor. Deze ruimte met de aangrenzende ruimte in de parkeergarage biedt ruimte om een warmtepomp te plaatsen. Vanuit hier distribueren naar leidingschachten en van daaruit naar de appartementen.



*Hoofdverdeler van het complex. Voor VvE 3 x 80A, voor appartementen 3 x 160 A (foto links) Centrale meterkast van complex (foto rechts).*





*Patio heeft open randen onder en boven ramen. Dakramen kunnen niet open. 's Zomers wordt het hier erg warm en 's winters komt stuifneeuw naar binnen.*



*Ketelruimte in appartement. Geen ruimte voor warmtepomp, buffervat en boiler. Meterkast met één fase. Tussen meterkast en ketelruimte bevindt zich de centrale leidingschacht.*



*Verwarming door middel van radiatoren (foto links). Er wordt voor een deel verwarmd met airco (foto rechts).*

Dak en vloer van complex zijn geïsoleerd. Ramen hebben HR glas. Dak is wit gemaakt om warmte te weerkaatsen. Voorstel geweest om 70 – 80 PV-panelen te plaatsen. Heeft het bij stemming niet gehaald. Complex heeft centraal afzuigstelsel, dat een paar keer per dag aan gaat.



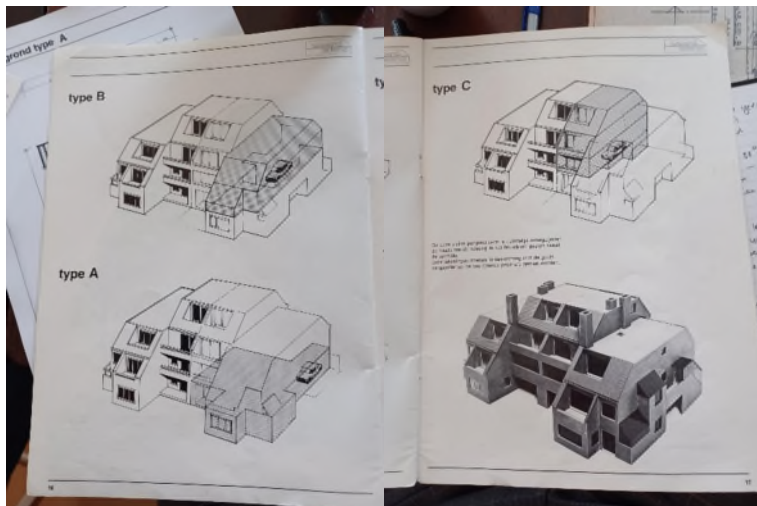
*Meterkast van penthouse op bovenste verdieping.*



## Aletta Jacobslaan

Complexen bestaan uit drie type appartementen:

- Type A: twee blokken op de begane grond
- Type B: twee lagen boven buitenste deel van type A
- Type C: drie lagen boven binnenste deel van Type A



In totaal zijn er 7 complexen, 3 oost georiënteerd, drie west en één zuid.

Wat de feitelijke isolatie van de complexen betreft geldt in het algemeen het volgende. De spouwmuren zijn geïsoleerd bij de bouw in 1980 met steenwolplaten. Sommige complexen hebben mogelijk nog de originele dakisolatie van 4 cm. Andere VvE's hebben bij vernieuwing van de dakbedekking de isolatie verdikt tot bv 7 cm of zullen dit in de toekomst mogelijk nog (dikker) laten doen. Onder de schuine pannendaken is minimale isolatie aangebracht. De vloer op de begane grond heeft zeer geringe isolatie.

De originele kozijnen hebben een koudebrug en dubbel glas. Kozijnen zijn bij een aantal complexen uit de VvE gehaald en privé gemaakt, glas was dat (veelal) al. Een aantal bewoners heeft dit aangegrepen de kozijnen te vervangen door die zonder koudebrug en met een sponning voor HR++ of triple glas hetgeen dan is aangebracht.

De warmtevoorziening c.q. huidige gasaansluiting zit erg complex in elkaar. Elke type heeft een aparte aanvoer die verschilt van de andere types. Vanuit de meterkasten in alle typen appartementen gaat de gasleiding naar een ander deel van de woning. Bij de typen B en C, op de hogere verdiepingen, waar de ketelruimte zich bevindt, ligt deze niet recht boven de meterkast met de gasaansluiting. De conclusie is dat het leidingwerk erg ingewikkeld is aangelegd en de doorvoer door de spanbeton vloeren vragen oproept. Het aanbrengen van extra leidingen voor een warmtenetaansluiting is daarmee erg complex. Een oplossing kan zijn om het leidingwerk geheel buitenom te plaatsen. Dit dient echter met een architect goed ontworpen te worden. Ook zullen de leidingen goed geïsoleerd moeten worden i.v.m. vorst en hitte in de zomer bij koeling. (Geldt voor alle woningen bij keuze buitenom.)

## Aanbeveling

Het is voor de typen A en vooral B en C gewenst door een deskundige nader praktisch-technisch-constructief en financieel onderzoek te laten doen naar de (on)mogelijkheden van het binnendoor doorvoeren van de leidingen. Te meer daar buitenom om esthetische redenen op afwijzing van VvE's zou kunnen stuiten.

Opgemerkt wordt dat alle warmtevoorzieningen van de drie type woningen om en nabij de doorlopende rook- en ontluuchtingskanalen tussen typen B en C zijn gesitueerd. Nagegaan zal moeten worden of er warmtenet-leidingen doorgetrokken kunnen worden in of nabij de verticaal van die rook en ontluuchtingskanalen en de daarbij aanwezige leidingkokers. Mogelijk zijn er nog heel andere alternatieven te verzinnen. Daarbij afstand nemend van de huidige ligging van de gasleidingen.



*Ketelruimte type A*



*Meterkast type B, bevindt zich boven meterkast type A.*

Kenmerk

R002-1322519SCB-V01-ygl-NL



*Meterkast type C, komt vanuit garage type A.*

## Bijlage 2      Gebruikte afkortingen

|                |                                                                          |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| ACM            | Autoriteit Consument en Markt                                            |
| GJ             | GigaJoule                                                                |
| ISDE           | Investeringsubsidie Duurzame Energie                                     |
| KRW            | Kader Richtlijn Water                                                    |
| kW             | kilowatt                                                                 |
| kWh            | kilowatt-uur                                                             |
| L/W warmtepomp | lucht – water warmtepomp                                                 |
| LT-net         | lage temperatuur warmtenet                                               |
| MT-net         | midden temperatuur warmtenet                                             |
| MW             | Megawatt                                                                 |
| NPLW           | Nationaal Programma Lokale Warmte                                        |
| ORES           | Open Regionaal Energiesysteem voor de Leidsche Regio                     |
| PV-paneel      | Photo Voltaïsch panel (zonnepaneel)                                      |
| PVT-paneel     | Photo Voltaïsch Themisch panel (zonnepaneel met warmtepaneel)            |
| SCOP           | Coëfficiënt of Performance                                               |
| SEDWW          | Stichting Energietransitie De Waard en Waardeiland                       |
| SDE++          | Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie, derde tranche |
| SNK            | Stichting Nationale Koolstofmarkt                                        |
| STOWA          | Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer                                |
| TCO            | Total Cost of Ownership                                                  |
| TEO-systeem    | Thermische Energie uit Oppervlaktewater                                  |
| WIS            | Warmtenetten Investeringsubsidie                                         |
| WKO            | Warmte – Koude Opslag                                                    |