



Vervolgstudie duurzame warmte Merenwijk Leiden

25 augustus 2021

Verantwoording

Titel	Vervolgstudie duurzame warmte Merenwijk Leiden
Opdrachtgever	Gemeente Leiden
Projectleider	Simon Bos
Auteur(s)	Geert van Rens, Jelle Wijngaards en Simon Bos
Tweede lezer(s)	Simon Bos en Geert van Rens
Projectnummer	1321955
Aantal pagina's	61
Datum	25 augustus 2021
Handtekening	'Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven'

Colofon

Syntraal
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 88 02 44 300
E info@syntraal.nl

Inhoud

1	Duurzame warmte voor de Merenwijk	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Achtergrond en kader	5
1.3	Verdiepingsslag	6
1.3.1	Uitbreiding warmtenet Vattenfall met duurzame warmtebronnen	6
1.3.2	Modulair warmtenet met 'eigen' warmtebronnen	7
1.3.3	Kleine collectieve warmtenetten op basis van bodemlussen	7
1.4	Integrale afweging	7
1.5	Leeswijzer	8
2	De Merenwijk in Leiden	9
2.1	Binding met en opbouw van de Merenwijk	9
2.2	Staat van de gasleidingen in de Merenwijk	11
2.3	Staat van de elektriciteitsleidingen	11
2.4	Eerste karakterisering warmtevraag	12
2.5	Energiebesparingspotentieel	15
2.6	Koudevraag	16
3	Potentiële bronnen voor Leiden Merenwijk	17
3.1	Warmte uit afvalwater	17
3.1.1	Algemeen	17
3.1.2	Warmte uit afvalwater Leiden Merenwijk	18
3.2	Warmte uit oppervlaktewater	20
3.2.1	Algemeen	20
3.2.2	Warmte uit oppervlaktewater Leiden Merenwijk	21
3.3	Warmte-koude opslag (WKO)	22
3.3.1	Algemene uitleg	22
3.3.2	WKO mogelijkheden Leiden Merenwijk	23
3.4	Warmtepomp	25
3.5	Resumerend	25
4	Warmteopties	26
4.1	Warmte-varianten	26

4.2	De benodigde aanpassingen in de woning	26
4.3	Uitbreiding warmtenet Vattenfall	28
4.4	Collectieve warmtenet varianten	28
4.4.1	Variant 1: Middentemperatuur (70/40) warmtenet	29
4.4.2	Wijkwarmtenet met wijk WKO	33
4.4.3	Bronnet	37
4.5	Kleine collectieve warmtenetten op basis van bodemplussen	41
4.5.1	Het principe	41
4.5.2	Klein collectief systeem	42
4.5.3	Kosten collectief systeem	43
4.6	Individuele luchtwarmtepompen	43
4.7	Kosten van de varianten vergeleken met huidig scenario	44
4.7.1	Inleiding	44
4.7.2	Kosten + benadering	44
4.7.3	Huidige warmtewet benadering	45
5	Integrale afweging	47
5.1	Integrale afweging	47
5.1.1	Overwegingen en afweging	47
5.1.2	Werk met werk maken	48
6	Samenvatting, conclusie en aanbeveling	49
6.1	Samenvatting en conclusie	49
6.2	Aanbeveling	51
Bijlage 1	Visie van warmtenetbeheerders	53
Bijlage 1a	Vattenfall	54
Bijlage 1b	Eneco	55
Bijlage 1c	Firan	56
Bijlage 2	Verwarmingstechnologie	57

1 Duurzame warmte voor de Merenwijk

1.1 Aanleiding

In het project 'Verkenning duurzame bronnen Merenwijk' is door TAUW en Syntraal een overzicht gemaakt van de alternatieven voor aardgas ten behoeve van warmte voor de woningen in de Merenwijk te Leiden. Er is een schetsontwerp gemaakt van verschillende warmte-opties met duurzame bronnen, zoals de RWZI, 't Joppe en de Zijl. Daarnaast is een overzicht gegeven van de individuele oplossingen voor woningen. De oplossingen zijn met elkaar vergeleken in een multi criteria-analyse. De bevindingen zijn gepresenteerd in een bijeenkomst met stakeholders, waarin gereflecteerd werd op de studie en waarbij aanvullende ideeën voor uitwerking en vervolgonderzoek zijn geopperd.

Het doel is om middels een verdiepende studie inzichtelijk te maken op welke manier en met welke invulling een pilot in de Merenwijk vormgegeven kan worden, die de komende vijf jaar ook daadwerkelijk tot uitvoering kan komen. In dat kader is het nodig om de opties uit de eerdere studie dieper uit te werken, te kijken naar eventuele andere mogelijkheden en te zoeken naar koppelingen met bestaande initiatieven of projecten, waaronder het aanwezig stadswarmtenet. Maar ook koppelingen met bijvoorbeeld de vervangingsopgave van Liander of de renovatieplanning van de woningcorporaties zijn belangrijke factoren om te komen tot een goede en overwogen keuze voor een pilot.

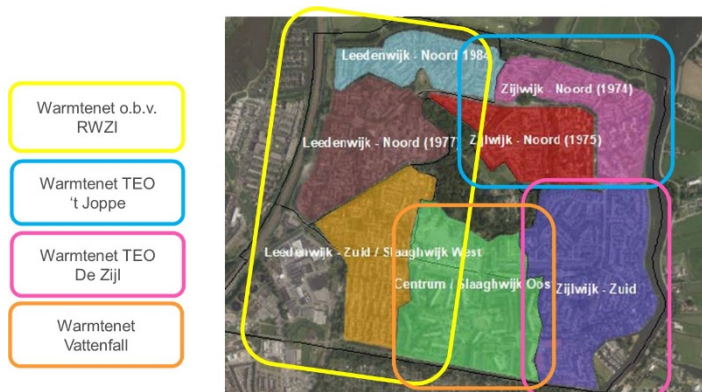
1.2 Achtergrond en kader

Kort samengevat is de conclusie van het eerste onderzoek dat enkele (duurzame) warmtebronnen interessant zijn en gezamenlijk in de warmtevraag van Merenwijk kunnen voorzien. Het betreft de volgende bronnen:

- Het benutten van de restwarmte van de RWZI die zich aan de zuidwestzijde van de wijk bevindt
- Het benutten van de warmte uit het oppervlaktewater van 't Joppe en De Zijl aan de noord- en oostzijde van de wijk

Beide opties kunnen autonoom uitgevoerd worden, maar kunnen ook gecombineerd worden met uitbreiding van het bestaande warmtenet van Vattenfall, dat een deel van de wijk nu al van warmte voorziet.

In de figuur hiernaast zijn deze mogelijkheden schematisch weergegeven. De resultaten van het door TAUW en Syntraal uitgevoerde onderzoek zijn met een aantal stakeholders besproken, waarbij (terecht) is geconcludeerd dat nog niet is gekeken naar een samenhangend geheel van alle bronnen. De studie heeft zich gericht op het vinden van een zo optimaal mogelijke warmtebron, afgestemd op de warmtevraag van de betreffende buurten binnen de Merenwijk. Daarnaast is ook geconstateerd dat nog geen afweging is gemaakt tussen coöperatieve (deel)warmtenetten, een collectief warmtenet voor de gehele wijk of individuele (all electric) oplossingen.

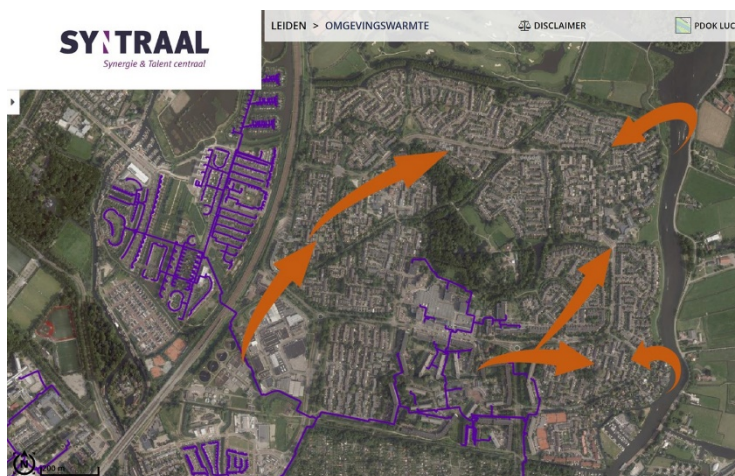


1.3 Verdiepingsslag

De resultaten van het uitgevoerde onderzoek tonen aan dat er interessante warmtebronnen in de omgeving van Merenwijk zijn, die benut kunnen worden om op een duurzame manier invulling te geven aan de warmtevraag van Merenwijk. Van belang is uiteraard om te komen tot een integrale afweging hoe de verschillende bronnen op de meest duurzame wijze kunnen worden benut. In dat kader bevelen we aan nader te onderzoeken in hoeverre het bestaande warmtenet van Vattenfall uitgebreid kan worden. Verondersteld wordt dat hiervoor op hoofdlijnen drie opties voor de hand liggen:

1.3.1 Uitbreiding warmtenet Vattenfall met duurzame warmtebronnen

Vattenfall voorziet al een deel van Merenwijk van warmte middels een warmtenet, dat vrijwel geheel is opgewekt in de centrale van Uniper in Leiden. Interessante vraag is in hoeverre het warmtenet van Vattenfall uitgebreid en benut kan worden om andere warmtebronnen vanuit de omgeving in te koppelen. Het bestaande warmtenet van Vattenfall ligt aan de onderzijde van Merenwijk en loopt langs de RWZI, waarna zij het spoor kruist. Interessante vraag is in hoeverre het bestaande warmtenet uitgebreid kan worden naar de overige buurten van Merenwijk en of in het invoeren van warmte vanuit de RWZI of mogelijk ook vanuit het oppervlaktewater een meerwaarde kunnen hebben. Tijdens het overleg op 7 september is ook door Vattenfall aangegeven een dergelijk optie toe te juichen. Concreet zou het warmtenet aan de zuidwestzijde van Merenwijk (bij)gevoed kunnen worden met warmte van de RWZI en aan de oostzijde met warmte uit De Zijl, zoals in de figuur hiernaast heel globaal middels pijlen is geschetst. Over het algemeen is het technisch lastig om in het hoofdnet een andere bron in te voeren, omdat hier sprake is van een grote druk. Drukverlies en -herstel door het



inkoppelen van een andere bron vergt veel energie. In de zogenaamde haarvaten van warmtenetten is hiervan veel minder sprake, zodat hier wellicht wel mogelijkheden liggen om andere warmtebronnen in te koppelen en het warmtenet op deze manier uit te breiden. Juist voor gebieden waar een zogenaamd secundair warmtenet gerealiseerd kan (of moet) worden, is het inkoppelen van andere / meerdere warmtebronnen een interessante optie. Voor Merenwijk kan op deze wijze inzichtelijk gemaakt worden of en in welke mate de beschikbare warmte van de RWZI technisch en financieel een meerwaarde heeft als deze op het (uit te breiden) warmtenet van Vattenfall wordt ingevoerd. Daarbij wordt ook duidelijk of deze bron voldoende is voor de gehele warmtevraag van Merenwijk of dat aan de noordoostzijde nog een extra invoeging van een TEO-bron wenselijk of noodzakelijk is. Dit laatste is een belangrijk gegeven c.q. een belangrijke consequentie, omdat voor het benutten van de warmte uit De Zijl de primaire waterkering doorkruist moet worden. Technisch is dat uitvoerbaar, maar vanuit de functie van de waterkering zullen daar (strengere) eisen en voorwaarden aan gesteld worden.

1.3.2 Modulair warmtenet met 'eigen' warmtebronnen

Naast het inkoppelen op het bestaande warmtenet van Vattenfall kan ook overwogen worden om een modulair warmtenet te realiseren. Een dergelijke warmtenet kan op kleine schaal aangelegd worden, uitgebreid worden naarmate de afzet van warmte toeneemt en uiteindelijk zelfs aangekoppeld worden aan bestaande stadswarmtenetten. Voor een dergelijk modulair warmtenet kunnen dezelfde bronnen doorgerekend worden, als bij de optie hiervoor genoemd.

1.3.3 Kleine collectieve warmtenetten op basis van bodemlussen

Naast de bovengenoemde collectieve oplossingen zou ook gekeken kunnen worden naar (semi)individuele oplossingen met bijvoorbeeld bodemlussen of individuele warmtepompen. Dit kan per individuele woningen maar ook in kleinschalige collectieve samenstellingen.

1.4 Integrale afweging

Door de hiervoor genoemde optie uit te werken, kan een integrale afweging gemaakt worden tussen de verschillende opties en kan goed onderbouwd het verdere (plan- en besluitvormings)traject voor de te realiseren pilot ingezet worden. De integrale afweging zullen we doen door een vergelijking te maken tussen:

- Een collectief warmtenet, gevoed door meerdere bronnen
- Coöperatieve warmtenetten, gevoed met separate bronnen
- (Semi) individuele all electric-oplossingen middels bodemlussen en individuele warmtepompen

Bij deze integrale afweging schetsen we ook een handelingsperspectief hoe in een periode van bijvoorbeeld 5 jaar gekomen kan worden tot de realisatie van een pilotproject. Dit handelingsperspectief is een blauwdruk van technische, organisatorische, financiële en maatschappelijke zaken die de aandacht verdienen of geregeld moeten worden om tot realisatie van een pilot te kunnen komen.

De definitie en invulling van de pilot wordt uiteindelijk in samenspraak met de gemeente en DEM gedaan, waarbij wij op basis van de resultaten van deze verdiepende studie een voorstel zullen doen. De pilot hoeft niet per definitie te bestaan uit de hele wijk of een complete buurt. Het resultaat kan ook zijn dat een pilot van kleinere omvang zeer waardevol is te realiseren. Bij deze uitwerking en bij de

invulling van de pilot zijn ook de vervangingsopgave van andere netbeheerders als Liander en de renovatieopgave van de woningcorporaties binnen Merenwijk belangrijk om mee te nemen in deze afweging.

Om deze integrale afweging te kunnen maken, wordt in deze rapportage ingegaan op de volgende onderdelen:

- Voor de 7 deelbuurten van Merenwijk maken we in een gebiedskarakteristiek, waarmee een beschrijving van de verschillende woningen, inclusief de bouwkundige kenmerken wordt gegeven
- We werken de genoemde warmte opties meer in detail uit en geven daarbij per deelbuurt aan wat de technische en financiële consequenties zijn, zowel voor het opwekken en transporteren van de warmte, als voor het afleveren en aanpassen van de woningen. Bij de financiële consequenties maken we onderscheid in realisatie en exploitatiekosten en geven daarmee aan wat de impact op de energielasten gaat worden
- We geven aan op welke wijze de piek- en backup-voorzieningen kunnen worden geregeld en wat de duurzaamheidsimpact in termen van CO₂-reductie is per deelbuurt

Daarnaast zijn ook gesprekken gevoerd met Vattenfall, Eneco en Firan, waarbij hun visie op een warmtenet voor de Merenwijk is gepeild. Deze gesprekken zijn in Bijlage 1 samengevat

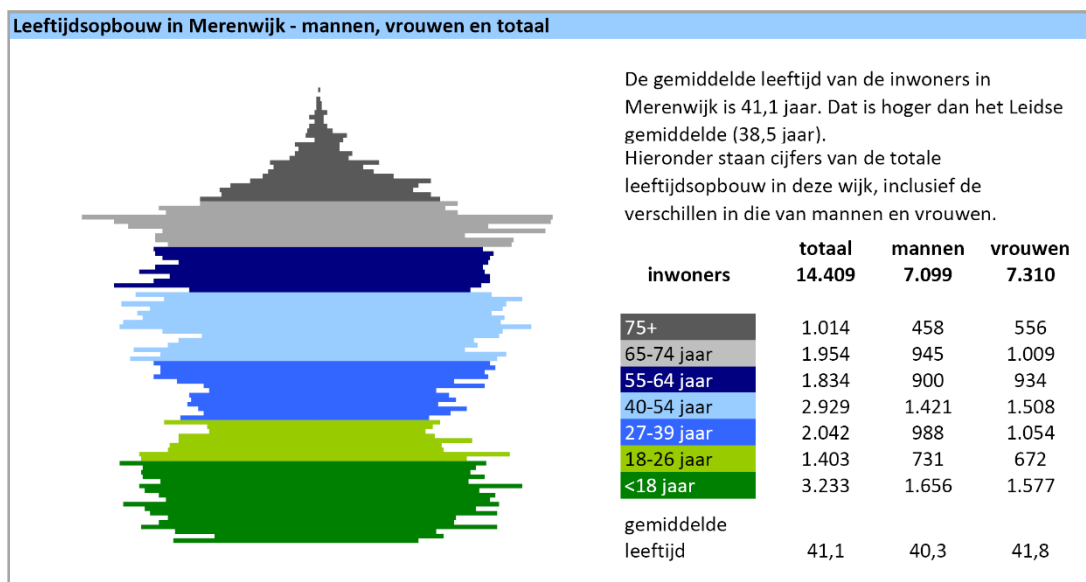
1.5 Leeswijzer

- Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de Merenwijk in Leiden. Dit is deels een samenvatting van de eerdere studie en deels een aanvulling op basis van nieuwe inzichten
- Hoofdstuk 3 vat allereerst de resultaten samen van de eerder uitgevoerde studie naar de beschikbaarheid van bronnen ten behoeve van een aardgasloze warmtevoorziening en geeft een beschrijving van wat men zich moet voorstellen bij die bronnen, zodat het onderhoudsrapport zelfstandig leesbaar wordt
- Hoofdstuk 4 gaat in op de verschillende warmteopties voor de wijk op basis van de beschikbare bronnen
- Hoofdstuk 5 geeft een integrale afweging en een handelsperspectief
- Hoofdstuk 6 vat één en ander samen en geeft aanbevelingen hoe verder te gaan

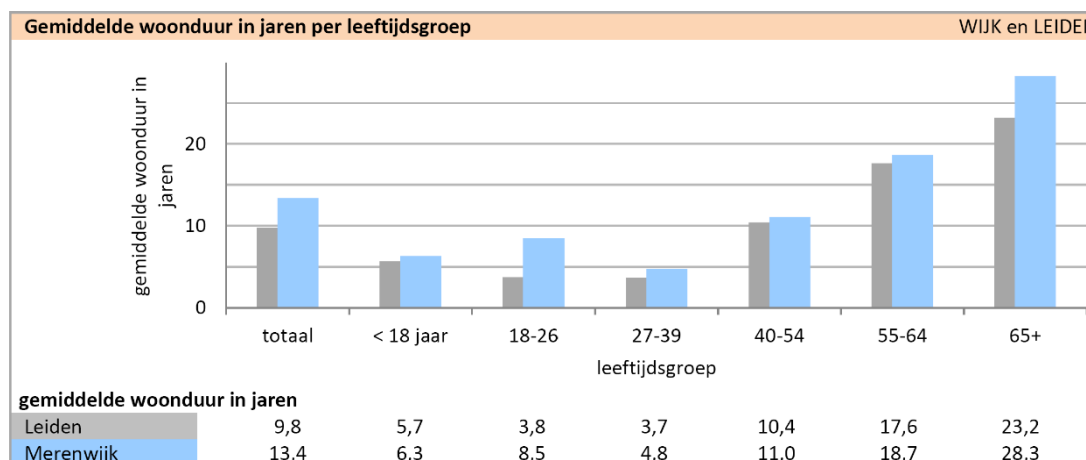
2 De Merenwijk in Leiden

2.1 Binding met en opbouw van de Merenwijk

De Merenwijk in Leiden kent een gevarieerde leeftijdsopbouw met een gemiddelde leeftijd die iets hoger ligt dan het gemiddelde van Leiden als totaal. In Figuur 2.1 is deze leeftijdsopbouw weergegeven. Kennelijk is het prettig wonen in de Merenwijk; alle leeftijdscategorieën blijven langer in de Merenwijk wonen dan de gemiddelde woonduur in Leiden, zie Figuur 2.3. Op basis hiervan zou kunnen worden geconcludeerd dat eenmaal verkregen commitment in de wijk niet aan grote veranderingen onderhevig is als gevolg van wisselingen van de bewoners. Dit is een belangrijk gegeven voor het verkrijgen van commitment voor een duurzame warmtevoorziening in de Merenwijk.



Figuur 2.1 Leeftijdsoopbouw De Merenwijk (bron: Sociaal wijkprofiel 2018 Merenwijk, www.leidenincijfers.nl)



Figuur 2.2 Woonduur in de Merenwijk (bron: Sociaal wijkprofiel 2018 Merenwijk, www.leidenincijfers.nl)

De Merenwijk bestaat uit 6.087 woningen, die voor het grootste gedeelte dateren uit de jaren '70 van de vorige eeuw. In Figuur 2.3 zijn de woningen ingedeeld naar bouwjaarcategorie weergegeven.



Figuur 2.3 Locatie woningen per bouwjaarcategorie, Leiden Merenwijk

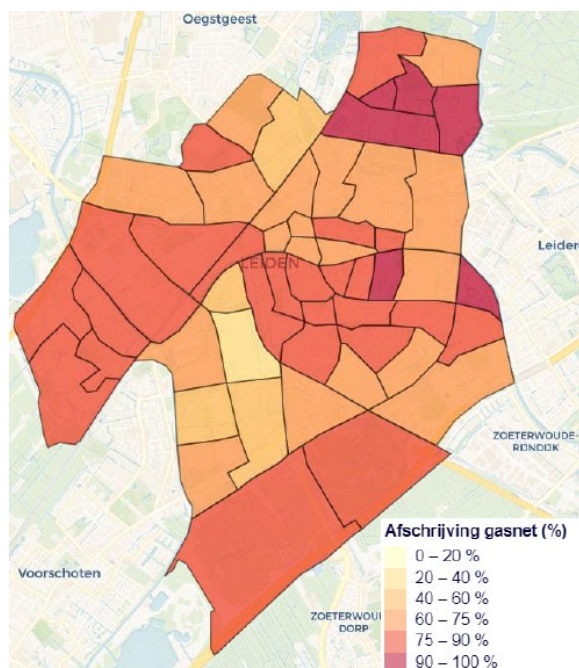
Vervolgens is in Figuur 2.4 het woningtype weergegeven. Dit zijn (bij de bouw) vergelijkbare woningen. Door één woning per woningtype als referentiewoning te betitelen kan door middel van circa 22 woningen een uitspraak verkregen worden over geschiktheid voor de hele wijk.



Figuur 2.4 Woningtype Leiden Merenwijk

2.2 Staat van de gasleidingen in de Merenwijk

De overschakeling naar gasloze verwarming gebeurt niet in een vacuüm. Er zijn ook andere ontwikkelingen in de wijk die van invloed kunnen zijn op de keuzes en het tempo van de keuzes. In het bijzonder zijn dat de NUTS voorzieningen. Door Liander is inzichtelijk gemaakt welke gasnetten reeds afgeschreven zijn.



Figuur 2.5 Afschrijving gasnet in Leiden

Liander heeft de voorkeur om te beginnen met gasloos in wijken waar het gasnet reeds ver afgeschreven is om de maatschappelijke kosten te minimaliseren. Het blijkt dat het gasnet in het zuiden van de Merenwijk voor 90-100% afgeschreven is, zie ook Figuur 2.5. Dit zou vanuit dat perspectief één van de eerste wijken in Leiden zijn die gasloos gemaakt zou “moeten” worden.

Dit maakt het zuiden van de Merenwijk voor Leiden een ideale wijk om te beginnen met een aardgas-vrije wijk. Het vernieuwen van de gasleidingen zal immers leiden tot een forse desinvestering in de toekomst. Nadere analyse, laat echter zien dat eigenlijk alle gasleidingen binnen de “ringweg” afgeschreven zijn.

2.3 Staat van de elektriciteitsleidingen

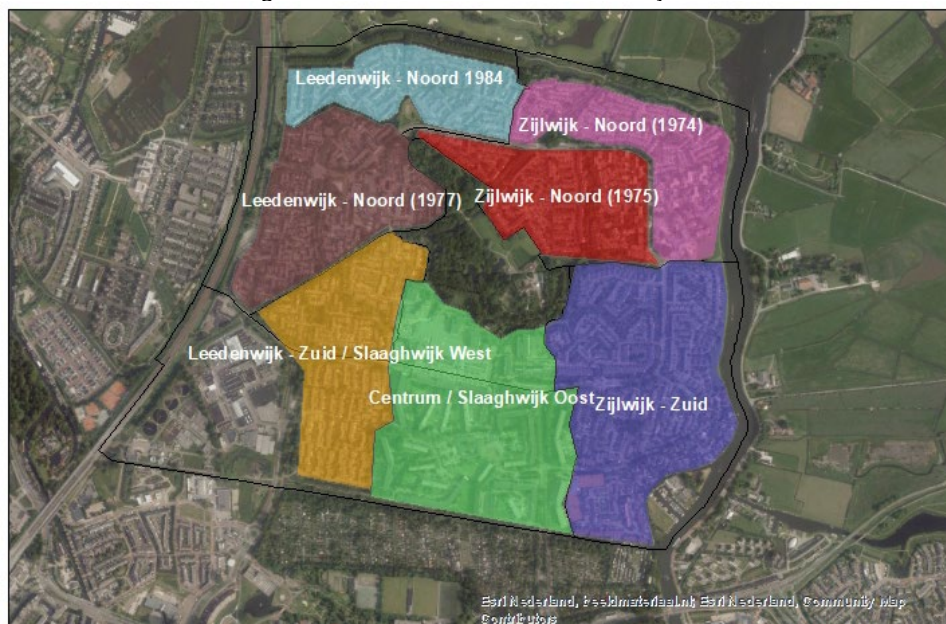
In Leiden zijn 3 onderstations. De Merenwijk is aangesloten op het onderstation Leiden-Noord. Dit onderstation heeft nog voldoende reservecapaciteit voor een hernieuwbare energievoorziening. Het middenspanningsnet kan relatief eenvoudig uitgebreid worden en komt in het zuid-westen de wijk binnen. Het laagspanningsnet wordt door Liander gekwalificeerd als zwak. Vervanging/verzwaring is NU niet direct nodig, maar in de toekomst waarschijnlijk wel. Duidelijk is wel dat realisatie van individuele warmtepompen (dus ook de variant met bronnet en de warmtepomp in de woning) niet mogelijk is zonder laagspanningsnet verzwaring. Het is echter zelfs ook niet 100% zeker of 100% inductie koken mogelijk

is in de gehele Merenwijk. Dit geeft echter ook aan dat toenemend verbruik achter de meter (als elektrische auto's laden) beperkt mogelijk is in deze wijk zonder netverzwaring. Hoewel een directe netverzwaring niet aan de orde is, is netverzwaring in de toekomst zeker noodzakelijk.

2.4 Eerste karakterisering warmtevraag

Uit eerder onderzoek van Duurzame Energie Merenwijk is gebleken dat het gemiddelde gasverbruik van een grondgebonden woning 1.330 m³ aardgas per jaar is (gegevens van 2018). Voor een gemiddelde meergezinswoning (=appartement) is aan de hand van CBS data (2018) ¹ een aanname gedaan van 850 m³ aardgas per jaar. Deze 'benchmark' data wordt ook gebruikt in het Vesta MAIS-model; een ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving, opgezet in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Aan de hand van verschillende factoren zijn in onze eerdere studie uit 2020 de woningen geclusterd, waarvan het resultaat is weergegeven in Figuur 2.6. De 7 clusters zijn gebaseerd op de volgende factoren:

- Bouwjaar
- Energielabel voor zover bekend
- Type woningen (grondgebonden of meergezins)
- Concentratie van woningen
- Ruimtelijke restricties zoals wegen
- Wel of niet aangesloten aan warmtenet Vattenfall
- Minimaal 450 woningen voor een economisch aantrekkelijk cluster



Figuur 2.6 Clusters woningen Leiden Merenwijk

Aan de hand van bovengenoemde gemiddelde warmtevraag is de totale warmtevraag per cluster bepaald en uitgedrukt in aardgasverbruik in m³/jaar en warmtevraag in GJ/jaar (zie Tabel 2.1). De omrekenfactor van m³ naar GJ is 35,17; het aantal m³ dient vermenigvuldigd te worden met 35,17 en daarna

¹ [Excelbestand gemiddelde aardgas- en elektriciteitslevering CBS 2018](#)

gedeeld te worden door 1.000, wat dan het aantal GJ's oplevert. Dit is de standaard conversiefactor die gehanteerd wordt.

Daarnaast is het gevraagde vermogen van elk cluster bepaald. Voor een typische woning gebouwd tussen 1970 en 1985 kan 90 W/m² als vuistregel voor de vermogensvraag voor ruimteverwarming gebruikt worden. Voor het tapwater is uitgegaan van een gemiddelde boilerinhoud van 100 L met een acceptabele opwarmtijd van 3 uur. Voor een gemiddelde woning is de vermogensvraag dan 10 (ruimteverwarming) + 2 (tapwater) = 12 kW. Dit vermogen is dus de hoeveelheid energie die voor verwarming en warm water nodig is. Afhankelijk van het aantal uren dat dit vermogen geleverd moet worden, kan uiteindelijk het aantal kWh worden bepaald door het vermogen (kW) te vermenigvuldigen met het aantal uren (h).

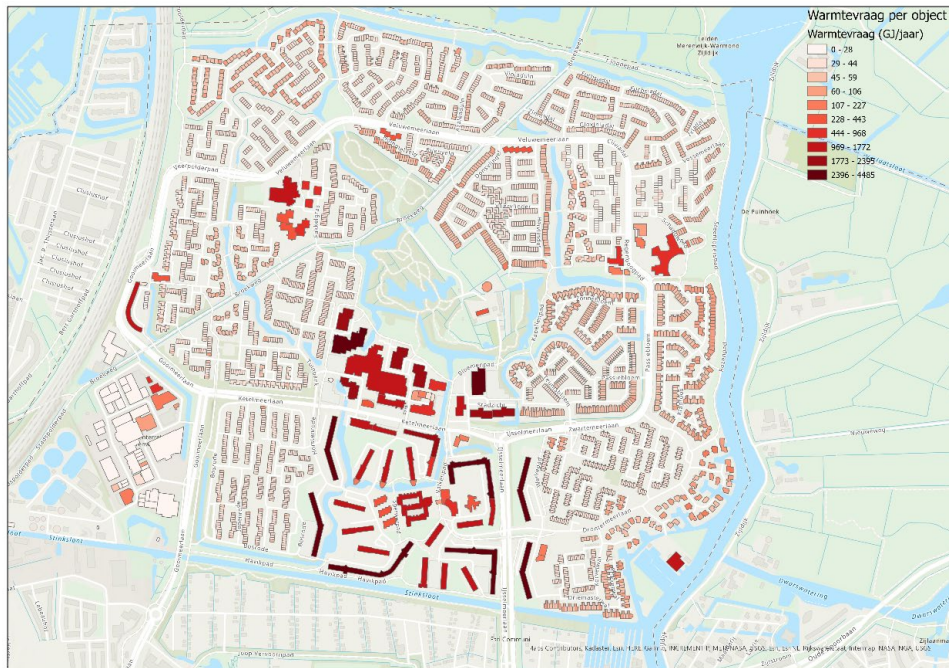
Tabel 2.1 Warmte- en vermogensvraag per cluster

Cluster	% van totale woningbouw	% grondgebonden; meergezins	Aardgasverbruik m ³ /jaar	Warmtevraag GJ/jaar
Leedenwijk - Noord 1984	7,5	100; 0	609.000	21.400
Zijlwijk - Noord 1974	8,0	100; 0	654.000	23.000
Zijlwijk - Noord 1975	9,5	88; 12	734.000	25.800
Leedenwijk - Noord 1977	11,0	84; 16	848.000	29.800
Leedenwijk - Zuid / Slaaghwijk West	11,5	100; 0	926.000	32.600
Centrum / Slaaghwijk Oost	36,5	1; 99	1.898.000	66.800
Zijlwijk - Zuid	16,0	100; 0	1.292.000	45.400
Totaal	100,0	80; 20	6.961.000	244.800

Deze warmtevraag is vervolgens ten behoeve van nieuwe clustering opnieuw berekend, waarbij clusters op basis van benodigd vermogen zijn gedimensioneerd. In paragraaf 4.3 wordt hier in meer detail op ingegaan, en zijn de nieuwe clusters bepaald.

In Figuur 2.7 is de berekende warmtevraag per object weergegeven. De methodiek voor deze berekening is afgeleid uit de methodiek van de Vesta Mais model (2019). De CBS gasverbruiken (2018) dienen als input voor het bepalen van de warmtevraag op woningniveau. Deze CBS data is met de werkelijke verbruiken uitgesplitst naar woningtype, bouwjaarklasse en oppervlakteklasse. Op deze gasverbruiken is 37 m³/woning in mindering gebracht om te corrigeren voor kookgas. Voor het omrekenen van het totale gasverbruik in m³ naar GJ is gebruik gemaakt van de energie inhoud van aardgas op onderwaarde (31,65 MJ/m³). De tapwatervraag is een vast kental per woning en varieert tussen de 7 en 15 GJ afhankelijk van het type woning. Voor de vraag naar warmtapwater is rekening gehouden met 72% boilerrendement. Om het deel aan ruimteverwarming te bepalen is de tapwatervraag in mindering gebracht van het totaal. De ruimteverwarming is berekend op basis van een gasketel rendement welke tussen de 82% en 105% ligt afhankelijk van het bouwjaar en de type woning.

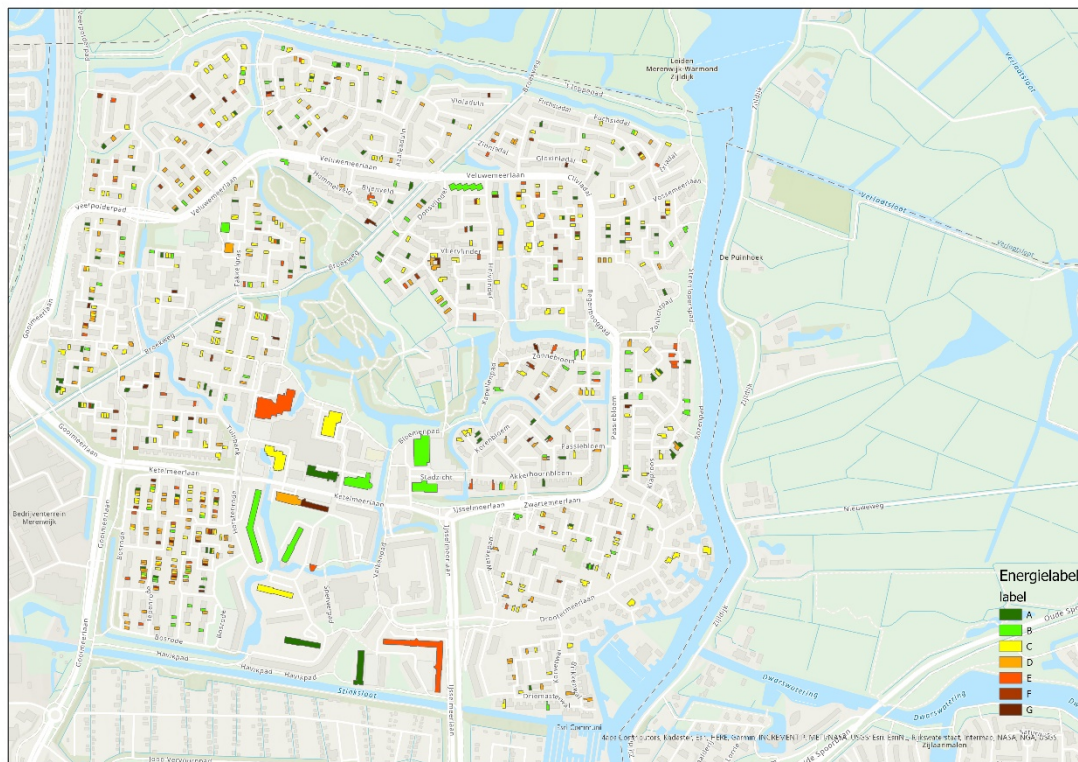
Het benodigde opwekvermogen hebben we vervolgens zelf bepaald op basis van een realistisch aantal vollasturen per woningcategorie (een woningcategorie bevat in dit geval een woningtype en een bouwjaar).



Figuur 2.7 Warmtevraag in GJ per woning, zoals door Syntraal berekend

2.5 Energiebesparingspotentieel

De geregistreerde energielabels verschillen en zijn weergegeven in Figuur 2.8.



Figuur 2.8 Geregistreerde energielabels Leiden Merenwijk

Gemiddeld gezien hebben de woningen energielabel C of D. De meeste woningen zijn gebouwd in de jaren 70 en 80. Zij hebben wel een spouw, maar deze is niet voorzien van isolatie. Daarnaast is bij sommige woningen wel, en andere woningen geen dakisolatie aanwezig. Glas is vanuit de bouw nog enkel-glas, maar het is waarschijnlijk dat dit in veel gevallen al vervangen is. Een label C is overigens geen heel slecht label. Voor woningen, waar het enkel glas nog vervangen moet worden, of waarvan de kozijnen aan vervanging toe zijn is HR++ glas de meest rendabele vervangingsoptie.

Duurzame Energie Merenwijk heeft reeds een studie gemaakt en het energiebesparingspotentieel in kaart gebracht. Dat is vooral spouwmuurisolatie en eventuele glasvervanging. Ook dakisolatie is belangrijk, ook al zie je wel vaak, dat dit één van de eerste maatregelen is die bewoners zelf oppakken.

Na onderzoek van Duurzame Energie Merenwijk is een inschatting gemaakt dat een gemiddelde energiebesparing van 30% over de jaarlijkse warmtevraag te behalen valt na isolatiemaatregelen. De besparing op het (piek)vermogen die behaald kan worden op de ruimteverwarming is ingeschat op 17-25%. Isoleren kan interessant zijn voor de bewoner, maar in dit rapport is louter gefocust op de benodigde isolatiegraad om een warmtenet en/of warmtepomp toe te kunnen passen.

2.6 Koudevraag

Voor de woningen is er op dit moment geen koudevraag bekend. Waarschijnlijk zijn er wat woningen die een airco hebben. Om koude in de bestaande woningen af te kunnen geven is het belangrijk om een nieuw koude-afgiftesysteem te realiseren, omdat radiatoren ongeschikt zijn voor de afgifte van koeling. Het is wel mogelijk te koelen via vloerverwarming en via geblazen convectoren. Omdat deze systemen nu niet aanwezig zijn, gaan we ervan uit dat koeling geen economische waarde heeft en niet belangrijk is voor de vergelijking voor de varianten. We vergelijken de systemen dus alleen op basis van de potentie om warmte te leveren. Mocht koeling voor de bewoners wel een belangrijk afwegingspunt zijn, dan bieden van de vergeleken varianten alleen de varianten met een warmtepomp in de woning uitkomst, dat wil zeggen, lucht-water warmtepomp, bronnet met warmtepomp in de woning én eventuele klein collectieve oplossingen deze optie.

3 Potentiële bronnen voor Leiden Merenwijk

Voorafgaand aan dit onderzoek is reeds een onderzoek uitgevoerd naar welke bronnen aanwezig zijn in de Merenwijk en welke potentie deze zou hebben. Deze worden hieronder kort samengevat samen met een korte uitleg wat deze bron inhoudt. De restwarmte uit Rotterdam wordt hierbij bewust even buiten beschouwing gelaten.

3.1 Warmte uit afvalwater

3.1.1 Algemeen

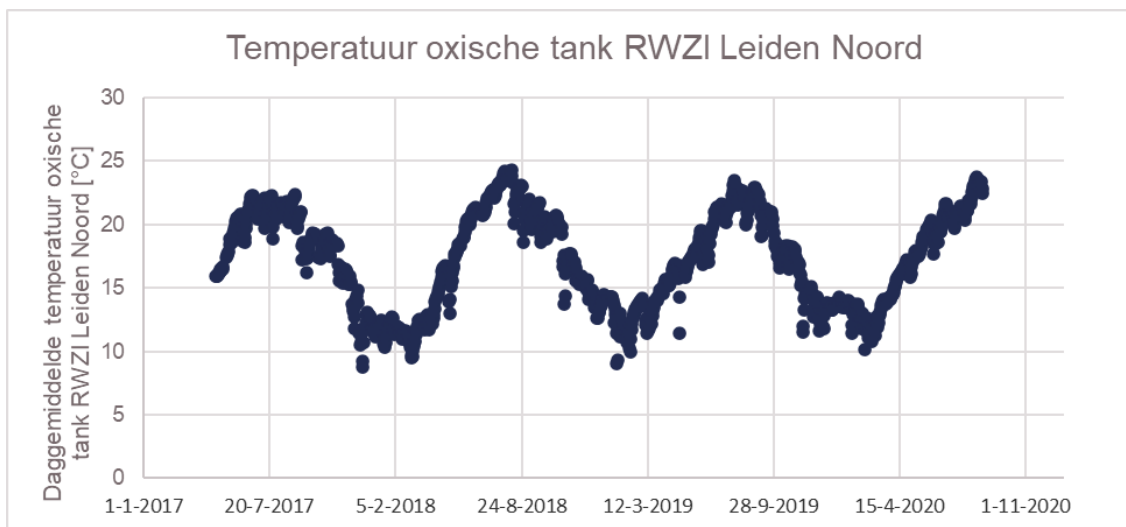
Bij warmte uit afvalwater (officieel vaak “thermische energie uit afvalwater, of afgekort TEA) wordt bedoeld de warmte in het afvalwater zelf dat door de bewoners van Leiden en Oegstgeest geloosd wordt. In dit geval staat de zuivering van Leiden-Noord in het zuid-westen van de Merenwijk.

Het afvalwater in beheer van het waterschap wordt voor het thermische energiepotentieel opgedeeld in thermische energie uit het influent (het inkomende vuile water) en het effluent (het gezuiverde water). Voor het waterschap verdient warmtewinning uit het effluent de voorkeur. Hierbij wordt namelijk geen warmte meer onttrokken voor het zuiveringsproces, waardoor er altijd warmte onttrokken mag worden, en dat bovendien met een groter temperatuurverschil mag, waardoor er meer energie gewonnen kan worden. Bovendien is het water schoner. Bij het influent wordt warmte gewonnen door middel van een warmtewisselaar in de rioolbuis en wordt ook wel riothermie genoemd.

De hoeveelheid energie dat uit afvalwater gewonnen kan worden is afhankelijk van de volumestroom (debiet) en het aantal graden (delta T) dat het afvalwater kan worden afgekoeld. Voor het potentieel uit afvalwater wordt het winbare energiepotentieel bepaald op de lozingshoeveelheid bij droog weer (zogenoemde droogweerafvoer of DWA) en een afgesproken veilige temperatuurdaling van het influent en het effluent.

Voor het effluent gelden andere eisen aan de minimale temperatuur dan voor het influent. Daling van de effluenttemperatuur kan effect hebben op het oppervlaktewatertemperatuur en daarmee ecologische (positieve) gevolgen hebben voor het oppervlaktewater. Een daling van de temperatuur van het influent kan effect hebben op de temperatuur van de waterzuivering en daarmee mogelijk op het zuiveringsproces. Voor beide stromen zijn daarom verschillende uitgangspunten gehanteerd. In de winter wordt een temperatuurdaling van 5 tot 7 °C voor het effluent gehanteerd, en 1- 2 °C voor het influent.

Het effluent (dat is het gezuiverde afvalwater) van de zuivering is dus een ideale warmtebron, omdat dit een grote hoeveelheid water is, die in zijn algemeenheid zelfs in hartje winter nog 10°C warm is en in de zomer een graad of 20°C. Deze temperatuur is afkomstig van het douchewater het koude leidingwater en het spoelwater van de WC (het water in de spoelbak warmt in de loop van de tijd ook op).

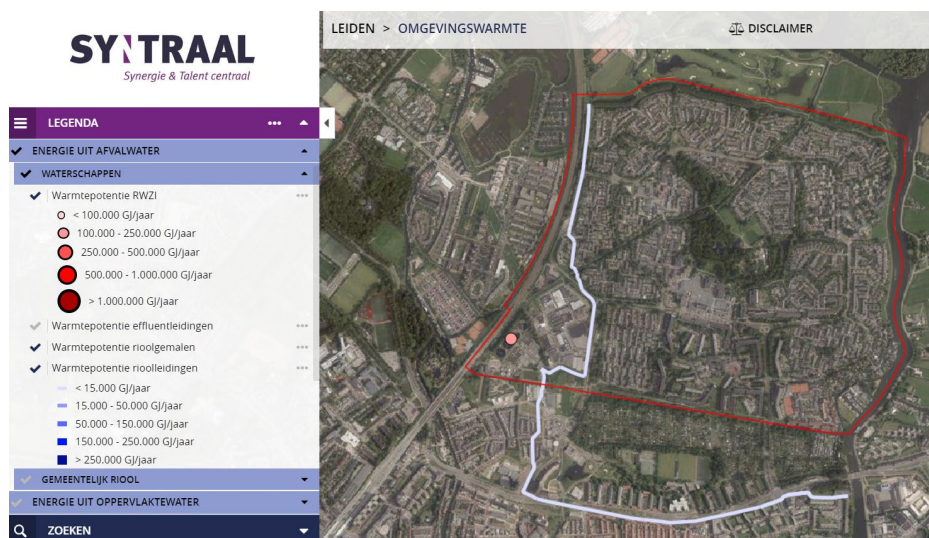


Figuur 3.1 Temperatuur oxische tank RWZI Leiden-Noord, deze is bij benadering gelijk aan de effluenttemperatuur, die meestal niet apart bemeten is.

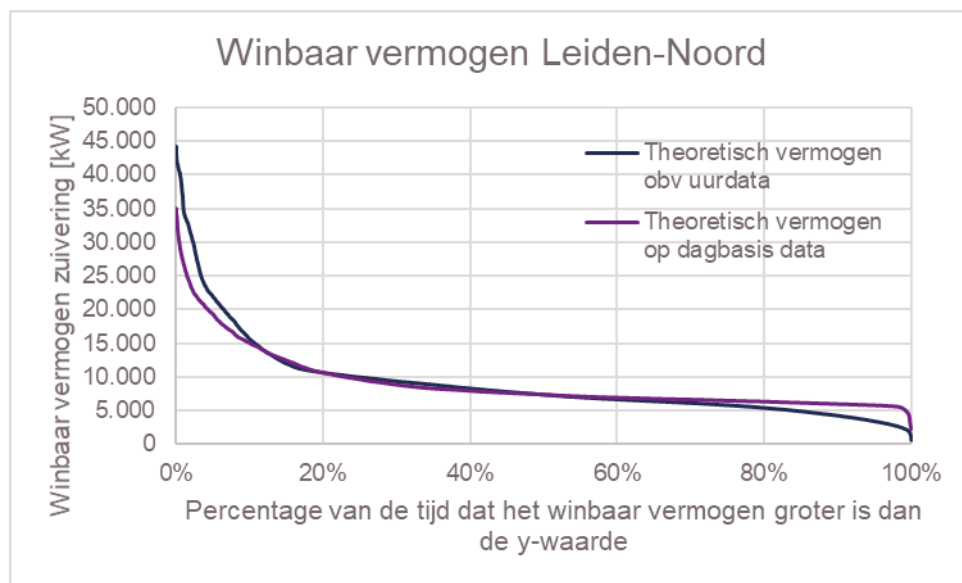
De winning van afvalwater uit de zuivering is toekomstbestendig. Zolang als er water gebruikt wordt, zal deze warmte beschikbaar zijn. Er wordt dus nadrukkelijk geen gebruik gemaakt van warmte uit de slibgisting of het biogas wat daarbij vrijkomt. Overigens is er wel een gisting aanwezig op Leiden-Noord. In algemene zin zien we echter centralisering van slibvergisters optreden.

3.1.2 Warmte uit afvalwater Leiden Merenwijk

In Figuur 3.2 wordt het technisch potentieel van afvalwater weergegeven. De RWZI Leiden Noord (roze stip) kan warmte leveren voor ongeveer 600 – 1200 huishoudens, en de twee persleidingen van Rijnland (paarse leidingen) kunnen samen warmte leveren voor ongeveer 30 – 140 huishoudens. Zie Figuur 3.3 voor een detailbeschrijving van het technisch potentieel. Dit potentieel kan door gebruik van opslag van de zomerwarmte in een WKO (zie 3.3) nog verder vergroot worden.



Figuur 3.2 Technisch potentieel warmte uit afvalwater Leiden Merenwijk



Figuur 3.3 Theoretisch beschikbaar vermogen bij de RWZI op basis van debieten en temperaturen van de zuivering Leiden-Noord

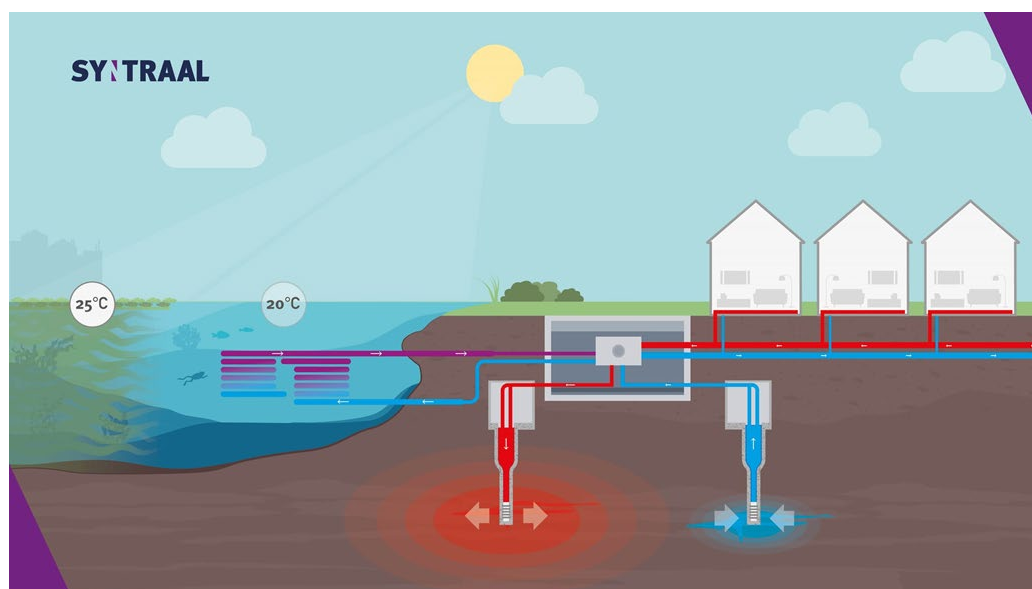
Het is wel belangrijk om een goede afstemming met Oegstgeest te maken, daar ook de wijk Poelgeest hier aanspraak op wenst te maken.

3.2 Warmte uit oppervlaktewater

3.2.1 Algemeen

Bij warmte uit oppervlaktewater (ook wel thermische energie uit oppervlakte, ofwel TEO genoemd) wordt warmte gewonnen uit plassen, meren, kanalen of rivieren. Door de invallende zon en warme weer warmt dit water op. Uit dit oppervlaktewater kan warmte gewonnen worden. Soms is dat zelfs heel wenselijk, omdat het water van een plas in de zomer bijvoorbeeld te warm wordt, waardoor er algenbloei kan ontstaan, maar de ecologie van het water mag door de warmtewinning niet beïnvloed worden. Hierdoor mag vaak in de winter en vroege lente geen warmte gewonnen worden. Ook technisch is dat overigens lastig in verband met de kans op bevriezing. Daarom moet warmte uit oppervlaktewater altijd gecombineerd worden met warmte-koude opslag, zie ook hoofdstuk 3.3.

Waterlopen en plassen zijn een bron voor warmte en/of koude winning voor de verwarming en/of koeling van gebouwen en woningen. Hierbij wordt water uit een oppervlaktewaterlichaam langs een warmtewisselaar gepompt. De gewonnen warmte kan gebruikt worden voor de directe verwarming van een gebouw of worden opgeslagen in een warmte-koudeopslag (WKO). Door de warmtewinning te combineren met WKO kan slim gebruikt gemaakt worden van gunstige temperaturen in zomer en winter. De warmte direct uit het oppervlaktewater of WKO wordt dan middels een warmtepomp naar een bruikbaar niveau gebracht, net als bij een riothermiesysteem.



Figuur 3.4 Thermische energie uit oppervlaktewater, waarbij de zomerwarmte uit oppervlaktewater wordt opgeslagen in een WKO. In de winter wordt de opgeslagen warmte gebruikt om bijvoorbeeld een warmtenet te voeden.

Warmtewinning uit oppervlaktewater kan toegepast worden in verschillende waterlichamen. Afhankelijk van het type waterlichaam en factoren zoals diepte en stroomsnelheid kan bepaald worden hoeveel energie onttrokken kan en (vergunningtechnisch gezien) mag worden. Daarnaast is de ecologische

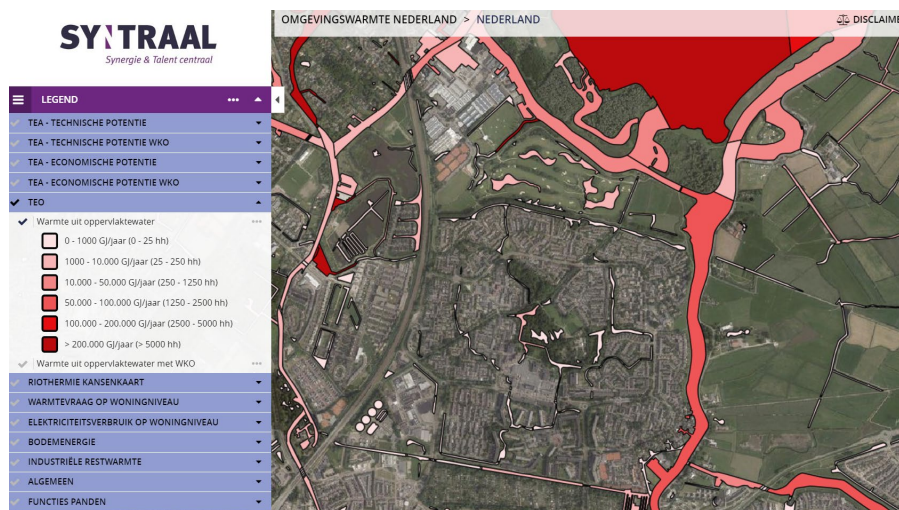
impact (vooral in ondiepe wateren zoals vijvers) van belang. In de zomermaanden kan in dit kader zelfs een positief effect bereikt worden. Door de warmtewinning koelt het water enkele graden af en de wordt de waterbeweging verhoogd, wat onder andere leidt tot een verhoging van de opname van zuurstof. Vooral in het stedelijk gebied kan dit toegevoegde waarde bieden en de groei van bijvoorbeeld blauwalgen en vissterfte (door zeer lage zuurstof concentraties) voorkomen.

3.2.2 Warmte uit oppervlaktewater Leiden Merenwijk

Figuur 3.5 geeft het oppervlaktewater weer in de nabije omgeving van Leiden Merenwijk met thermisch potentieel. Voornamelijk De Zijl en 't Joppe zijn interessant voor de wijk.

't Joppe is opgedeeld in twee delen: 't Joppe Warmond en 't Joppe Merenwijk, welke allebei in beheer van de gemeente Teijlingen liggen (Tauw, 2008). Maar aangezien het onderhoud op de oever van 't Joppe Merenwijk wordt uitgevoerd door de gemeente Leiden (en de gemeente dus gebruiksrecht heeft) mag de gemeente Leiden naar verwachting ook aanspraak doen op de warmte aanwezig in 't Joppe. Dit dient wel nader geverifieerd en onderzocht te worden.

Uit het rapport van TAUW (2008) komt naar voren dat op de Zwemlocaties in 't Joppe vaak sprake is van blauwalgen; de kans op jaarlijkse toxische groei is erg groot. Het winnen van warmte uit oppervlaktewater kan dit risico (aanzienlijk) verkleinen.



Figuur 3.5 Weergave technisch potentieel oppervlaktewater omgeving Leiden Merenwijk

Tabel 3.1 Bron aanbod en bron vermogen geleverd door oppervlaktewater

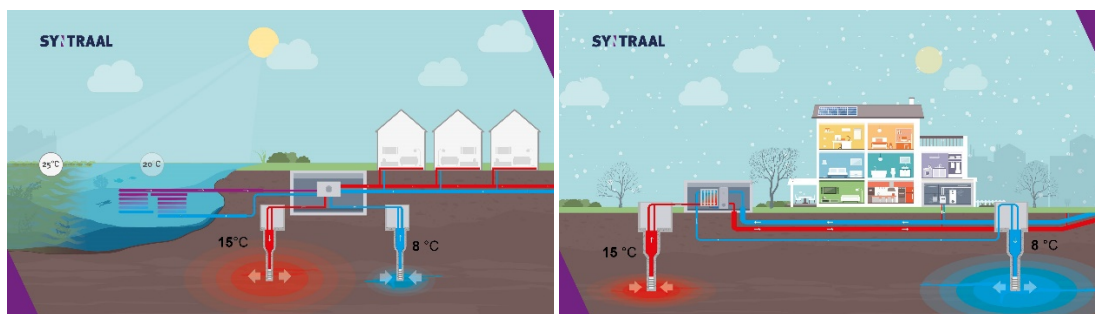
Naam bron	Aanbod met WKO (GJ/jaar)	Bronvermogen met WKO (kW)
De Zijl	60.480	6.720
't Joppe	962.096	106.900

3.3 Warmte-koude opslag (WKO)

3.3.1 Algemene uitleg

Warmte-koude opslag (ook wel WKO) is het ondergronds opslaan van warmte en/of koude. Iedere WKO bestaat uit een aantal “bronparen” of “doubletten” genoemd. Er worden twee bronnen in de bodem geboord, waarvan één zal werken als de koude bron en de ander als de warme bron.

Is er vraag naar warmte, dan wordt grondwater opgepompt uit de warme bron (12 – 17 °C). Er wordt warmte aan het grondwater onttrokken en, met een warmtewisselaar, aan de warmtepomp afgegeven.



Figuur 3.6 Principe seizoensbuffering warmte via WKO: warmte wordt in de zomer gewonnen en opgeslagen in het grondwater in een watervoerend pakket (links). In de winter wordt het relatief warme water onttrokken waarbij de warmte aan de woningen wordt afgegeven (rechts).

Wanneer er vraag naar koude is, wordt uit de koude bron (6 – 10 °C) grondwater opgepompt. De koude uit dit grondwater wordt met een warmtewisselaar afgestaan aan een warmtepomp in koelbedrijf of rechtstreeks naar de woning gepompt. Door het onttrekken van koude, warmt het opgepompte grondwater op, waarna het wordt geïnfilteerd in de warme bron.

Wanneer er meer vraag naar warmte is dan naar koude, zoals bij de Merenwijk, dan zal de warme bron steeds kouder worden, totdat de warme bron zo koud is dat er geen warmte meer gewonnen kan worden. Om die reden moet de bron gebalanceerd worden. Dat wil zeggen dat er externe warmte in de bronnen gestopt moet worden, anders dan zal de warme bron te koud worden. Dit kan mooi met warmte uit afvalwater of oppervlaktewater.

Per saldo gaat er dus geen grondwater verloren. Deze bron is niet warm genoeg om direct toe te passen in een woning. Hiervoor moet altijd een warmtepomp gebruikt worden.

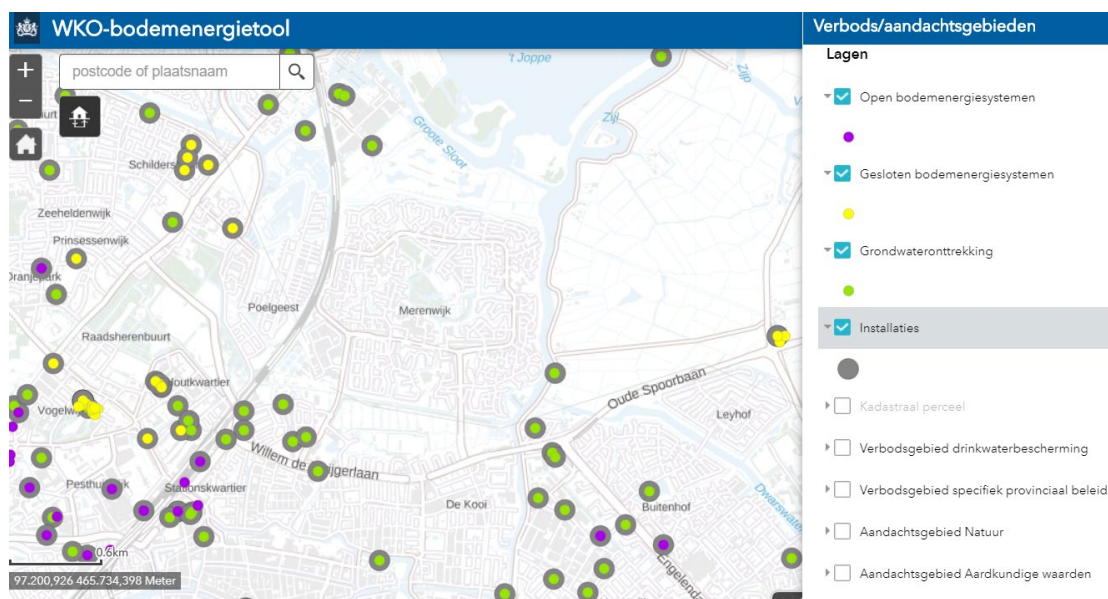
Het interessante van een warmte-koude opslag is dat het dus als een seizoensbuffer voor laagwaardige warmte gebruikt kan worden. Zo kan warmte uit het oppervlaktewater of afvalwater die 's zomers beschikbaar is ondergronds worden opgeslagen en in de winter worden gebruikt. Daarnaast is de koude bron zeer geschikt voor passieve koeling (dat wil zeggen, koeling, zonder dat er een airco nodig is, welke gepaard gaat met een hoog elektriciteitsverbruik).

De mogelijkheden voor het plaatsen van WKO systemen hangen af van verschillende factoren. Indien er geen directe belemmeringen zijn (specifiek beleid, natura 2000 gebieden etc.) is de locatie afhankelijk van de beschikbaarheid van openbare gronden, de doorlaatbaarheid van de bodem, de thermische straal van de bronnen en de grondwaterstroming. De opbouw van de bodem en de energievraag van de afnemer is van grote invloed op de economische haalbaarheid van een WKO systeem. Het systeem moet aangelegd worden in een zandlaag, een zogenaamd watervoerend pakket. De economische haalbaarheid van een WKO systeem neemt af naarmate deze zandlaag zich dieper in de ondergrond bevindt. Naast de economische haalbaarheid zijn er ook technische eisen voor een goed werkend WKO systeem:

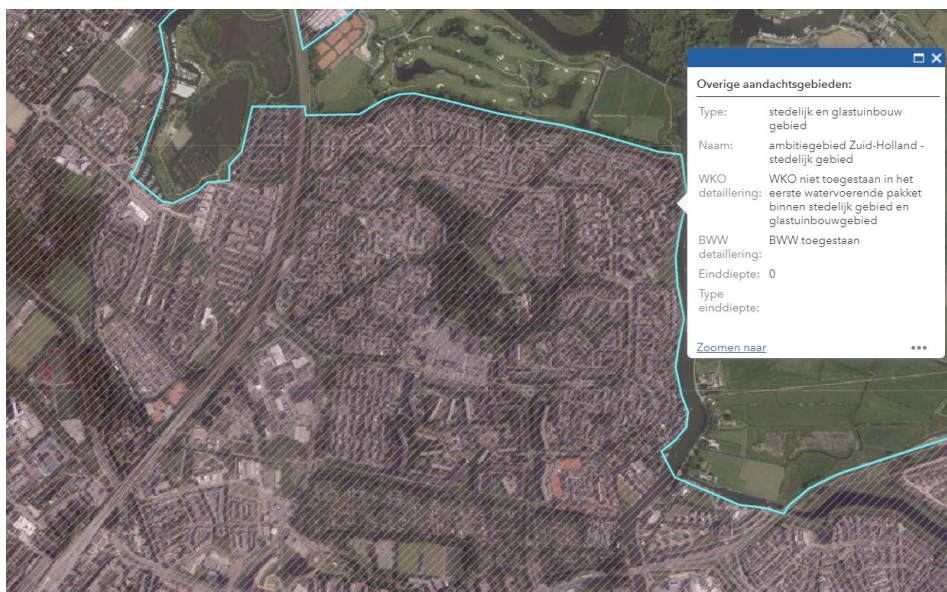
- Er is een watervoerend pakket (zandlaag) nodig met een hoge hydraulische doorlaatbaarheid
- Boven en onder het gekozen watervoerend pakket moet er een isolerende/afsluitende laag aanwezig zijn (vaak een kleilaag)
- De grondwaterstroming moet laag zijn (maximaal 60 meter per jaar)
- De chemische eigenschappen van het water moeten geschikt zijn
- De warme en koude bron moeten ver genoeg uit elkaar liggen (minimaal 3 keer de thermische straal) om kortsluiting te voorkomen

3.3.2 WKO mogelijkheden Leiden Merenwijk

Binnen de grenzen van Leiden Merenwijk zijn nog geen open of gesloten bodemenergiesystemen aanwezig (WKOtool, 2020). Wel zijn er systemen gerealiseerd binnen de gemeente Leiden (zie Figuur 3.7). Daarnaast valt Leiden Merenwijk onder 'ambitiegebied Zuid-Holland' wat concreet inhoudt dat er geen WKO systemen aangelegd mogen worden in de eerste watervoerende laag binnen het stedelijk en glastuinbouwgebied, op een aantal uitzonderingen na (zie Figuur 3.8).



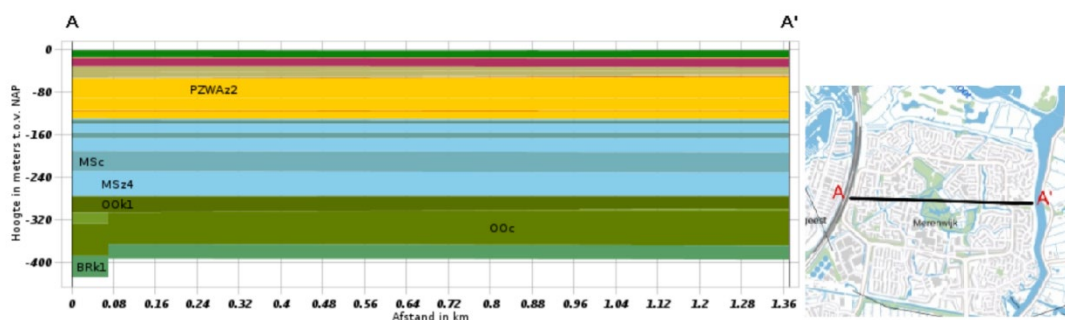
Figuur 3.7 Ligging bodemenergiesystemen omgeving Leiden Merenwijk (wkotool, 2020)



Figuur 3.8 Afbakening ambitiegebied Zuid-Holland stedelijk gebied (wkotool, 2020)

De ondergrond van Leiden Merenwijk bestaat voornamelijk uit zand- en kleilagen met wat grind en sporen van veen en bruinkool. Uit een eerste scan is gebleken dat er watervoerende lagen aanwezig zijn op een diepte van -15 tot ongeveer -130 meter NAP, afgewisseld met kleilagen (Dinoloket, 2020). Het beleid in acht nemend dat er geen systemen aangelegd mogen worden in de eerste watervoerende laag, is er op -50 tot -115 m NAP een eventueel geschikte (tweede) watervoerende laag aanwezig om WKO systemen te plaatsen. In Figuur 3.9 is dit de laag PZWAz2.

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2

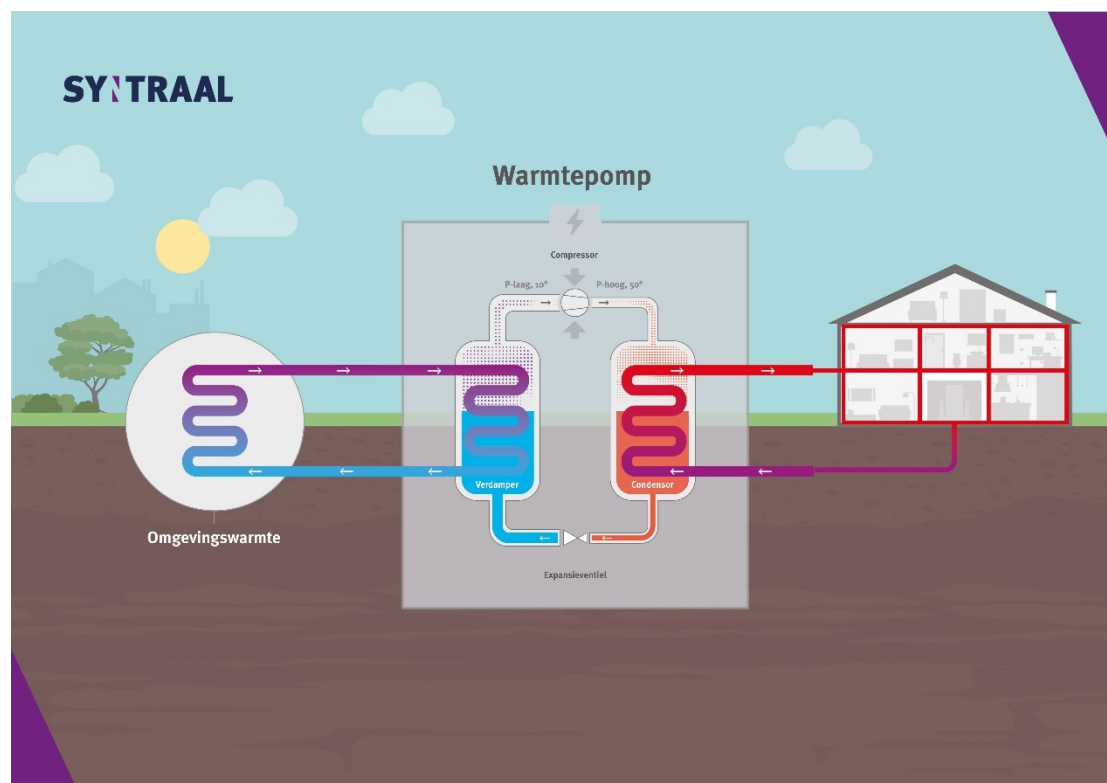


Figuur 3.9 Bodemopbouw Leiden Merenwijk (Dinoloket, 2020)

Uit een studie van IF en Greenvis voor het naastgelegen gebied Poelgeest blijkt dat het tweede watervoerende pakket prima geschikt is voor WKO. Er is geen reden om aan te nemen dat dit voor de Merenwijk anders zou zijn. Desalniettemin dient de geschiktheid van deze laag in een vervolgonderzoek nader onderzocht te worden in een bodem- en hydrologische effecten studie, wanneer de potentiële bronlocaties bekend zijn.

3.4 Warmtepomp

Een warmtepomp is een apparaat dat warmte haalt uit een bron van koudere temperatuur en die warmte afgeeft op een hogere temperatuur. Om die temperatuur op te krikken is externe energie nodig, vrijwel altijd in de vorm van elektriciteit. In deze studie gaan wij ook uit van elektriciteit als bron voor deze energie. Er geldt dat hoe hoger de temperatuur opgekrikt moet worden, hoe meer externe energie nodig is. Het is dus bevorderlijk dat de bron zo warm mogelijk is en de aan te leveren temperatuur aan de woningen zo laag als realistisch is.



Figuur 3.10 Schematische weergave warmtepomp

Dit klinkt wellicht magisch, maar ieder Nederlands huishouden heeft al minimaal één warmtepomp in huis, namelijk de koelkast. Hierbij wordt warmte van lage temperatuur uit de koelkast onttrokken (waar-door het koud wordt in de koelkast) en aan de achterkant van de koelkast aan de kamer afgegeven. Om die reden wordt een kamer ook warmer als je (thuis) de koelkast aan zou laten staan met open koelkast deur. Een ander bekend voorbeeld van een warmtepomp is de airconditioning. Echter warmtepompen worden ook op grotere schaal toegepast voor industriële koeling en koeling (en verwarming) van super-markten.

3.5 Resumerend

Voor een hernieuwbaar warmtenet voor Leiden Merenwijk is een combinatie van afvalwater en WKO eventueel aangevuld met warmte uit oppervlaktewater of voor een korte piek op basis van een lucht-warmtepomp of eventueel gasketel een goede optie.

4 Warmteopties

In dit hoofdstuk worden een vijftal warmteopties uitgewerkt voor verduurzaming, waarbij onderscheid wordt gemaakt in collectieve voorziening middels een warmtenet en een kleine collectieve voorziening middels een warmtenet, in combinatie met bodemlussen. Het deel van de wijk dat reeds is aangesloten op het warmtenet van Vattenfall is hierbij buiten beschouwing gelaten.

4.1 Warmte-varianten

De volgende vijf varianten zijn nader uitgewerkt, te weten:

1. Uitbreiding bestaand warmtenet Vattenfall (zie paragraaf 4.3)
2. Een middentemperatuur ("70/40") net (zie paragraaf 4.4.1)
3. Een wijk WKO met wijk warmtepomp, met een distributienet op 70/40 (zie paragraaf 4.4.2)
4. Een bronnet. (zie paragraaf 4.4.3)
5. Klein collectief bodemlussenet (zie paragraaf 4.5)

Deze varianten zullen vergeleken worden met een individuele oplossing middels luchtwarmtepompen (zie ook paragraaf 4.6) en de huidige verwarming middels gasketels.

Deze varianten zijn niet uitputtend. Er zijn vele varianten denkbaar. Sommige nog in een experimenteel stadium en sommige voor de Merenwijk niet praktisch. Denk voor de laatste categorie aan warmtenetten op een temperatuur van 50 à 55°C. Bij deze netten moet voor tapwater alsnog extra verwarmd worden.

4.2 De benodigde aanpassingen in de woning

Iedere variant heeft zijn eigen uitdaging voor inpassing in de woning. Geen van de oplossingen is een "plug&play" oplossing, omdat het temperatuurniveau lager is dan waarop de woning origineel op ontworpen is. In Bijlage 2 wordt ingegaan op de invloed van de aanvoertemperatuur van de verwarming op de hoeveelheid warmte die door de verwarming wordt overgedragen. Dit probleem kan op twee manieren benaderd worden. Enerzijds op basis van het zoveel mogelijk aanpassen van de woning en van de andere kant vanuit het oogpunt van zo minimaal mogelijk aanpassen van de woning en zoveel mogelijk de verwarming aan te passen. Het voordeel van de aanpak van de woning is dat de hoeveelheid warmte die afgenomen wordt (en waarvoor betaald moet worden) ook daadwerkelijk afneemt.

Het is lastig om een investering voor de "gemiddelde woning" te bepalen in de Merenwijk. De woningen zijn van eind jaren '70, begin jaren '80. Een woning van de jaren '70 waar qua isolatie niets aan gedaan is, heeft geen spouwmuurisolatie/geïsoleerde vulpanelen, geen vloer- en dakisolatie én waarschijnlijk enkelglas.

Als minimale vereiste, stellen we dat dak-, vloer- én spouwmuurisolatie moet en dat er geen enkelglas meer aanwezig mag zijn. Wenselijk is HR++ glas. HR++ glas is ook de meest rendabele investering bij glasvervanging (rendabeler dan regulier dubbel glas, maar ook rendabeler dan triple-glas).

Op basis van deze vereisten zijn de Karpers/Forellen vanaf de bouw reeds voldoende geïsoleerd, en zouden de overige woningen nageïsoleerd moeten worden. De Karpers/Forellen zullen qua verwarming

echter waarschijnlijk niet op 70°C gedimensioneerd zijn, waardoor deze woningen toch nog verwarmingsaanpassingen nodig zullen hebben.

Er dient uitgegaan te worden van minimaal 3.600 EUR voor de aanpassing van enkele van de radiatoren (bij Karpers/forellen) tot maximaal 17.100 EUR voor woningen uit de jaren '70 waar nog helemaal niets aan gebeurd is. Dat is een forse bandbreedte. Die laatste categorie kan wel nog circa 25% op de energierekening voor verwarming besparen met deze investering.

Voor de varianten waar lage temperatuur verwarming gewenst is (zoals bij een individuele lucht-water warmtepomp) is deze investering nog hoger. Op basis van algemene kentallen kan dan uitgegaan worden van 25.000-35.000 EUR per woning.

Daarbovenop komen nog de aanpassingen in de aansluiting van de verwarming en tapwater, omdat deze op een andere plek binnenkomen dan de plek van de CV-ketel. Hierbij rekenen we met 1.500 excl. BTW. Daarnaast moet voor het aardgasloos maken ook nog de gaskookplaat vervangen worden door elektrisch koken. Een inductiekookplaat geeft daarbij het gevoel en reactiesnelheid van een gaskooktoestel en is ook het veiligste. Hiervoor wordt gerekend met 980 EUR exclusief BTW (circa 1200 EUR inclusief BTW), op basis van onze kostenkentallen op basis van een middle-of-the-range kookplaat en uitbreiding in de meterkast en nieuw stopcontact. Dit strookt ook met gegevens van onder andere Milieucentraal. Voor de gevallen van een individuele warmtepomp moet de complete meterkast aangepast worden naar een 3-fase meterkast. De kosten van aanpassing van de meterkast voor inductiekoken zijn dan opgenomen in de prijs voor de 3-fase meterkast. Hierdoor is inductiekoken goedkoper.

Voor de varianten met een warmtepomp komen daar dan ook nog de kosten voor de warmtepomp zelf bij en de kosten voor het vergroten van de aansluiting naar een 3-fase aansluiting.

In Tabel 4.1 zijn de benodigde investeringen gegeven om de huishoudens gasloos te maken. Volledigheidshalve is ook een conventioneel warmtenet op 90°C toegevoegd. Groot voordeel hiervan is, dat woningaanpassingen minimaal zijn. Nadeel is dat een dergelijk warmtenet niet op een duurzame wijze, voorzien kan worden met de beoogde duurzame bronnen; het elektriciteitsverbruik wordt dan relatief gezien erg hoog.

Tabel 4.1 Benodigde investering per huishouden (incl. BTW)

	Warmtenet op 90°C	Warmtenet op 70°C	Bronwarmtepomp	Luchtwarmtepomp
Aanpassingen aan isolatie en verwarming	0	3.600-17.100	3.600-17.100	25.000-35.000
Inpassing leidingen etc	1.815	1.815	1.815	0
Inductiekoken	1.200	1200	850	850
3-fase aansluiting Liander	0	0	326	326

	Warmtenet op 90°C	Warmtenet op 70°C	Bronwarmtepomp	Luchtwarmtepomp
3-fase meterkast	0	0	2.700	2.700
Warmtepomp (na aftrek ISDE)	0	0	8.014	8.014
Aansluitbijdrage	0	0	0	0
Totaal	3.015	6.615-20.115	17.305-30.805	36.890-46.890

4.3 Uitbreiding warmtenet Vattenfall

Vattenfall voorziet een deel van Merenwijk van warmte middels een warmtenet, dat vrijwel geheel is opgewekt in de centrale van Uniper in Leiden. Eén van de varianten zou zijn om vast te stellen in hoeverre het warmtenet van Vattenfall uitgebreid en benut kan worden met inkoppeling van andere warmtebronnen vanuit de omgeving. Hierover is met Vattenfall gesproken, waarbij is geconcludeerd dat uitbreiding op korte termijn niet mogelijk is doordat de huidige opwekcapaciteit haar maximale vermogen heeft bereikt (zie ook paragraaf Bijlage 1a). Ook het voorzien in een piek- en backup-voorziening vanuit het huidige warmtenet in een nieuw te ontwikkelen en aan te leggen warmtenet behoort vanwege bovengenoemde reden op dit moment niet tot de mogelijkheden.

Vattenfall staat open voor realisatie en exploitatie van ene (separaat) warmtenet in de Merenwijk, gevoed met duurzame bronnen, maar ziet daarbij voor haar de rol van leverings- en distributiebedrijf weggelegd, met regie en sturing van de warmte-opwek, -distributie en -levering.

Geconcludeerd moet worden dat uitbreiding van het huidige warmtenet van Vattenfall op dit moment niet tot de mogelijkheden behoort, waarmee verdere uitwerking van deze optie niet opportuun is. De kosten voor de bewoner zullen overigens vergelijkbaar zijn met de uitgewerkte optie van warmtelevering via het middentemperatuurnet.

4.4 Collectieve warmtenet varianten

De collectieve varianten lijken veel op elkaar als het gaat om de bron en de opslag, maar verschillen wezenlijk met betrekking tot de locatie waar de opslag en de opwekking van de warmte plaats vindt. Er zijn drie scenario's uitgewerkt die passen bij de infrastructuur van de wijk. Er is een doorrekening gemaakt voor de hele Merenwijk, waarbij alleen de utiliteit en het gedeelte van Slaaghwijk dat reeds is aangesloten op het warmtenet van Vattenfall buiten beschouwing is gelaten.

Voor de totale gelijktijdige vraag is een warmtevraag van 21,3 MW berekend. Uitgaande van een COP van 3,5 (dit is voor het berekenen van het benodigde bronvermogen een conservatieve waarde, want hoe hoger de COP, hoe meer bronvermogen nodig is), is 15,2 MW bronvermogen nodig. Deze kan worden afgedekt als weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Opbouw opwek

Bron	Aantal	Type bron	Vermogen per bron [MW]	Vermogen totaal [MW]
RWZI Leiden-Noord	1	Basislast	5,3	5,3
WKO	11	In de zomer opslag van warmte RWZI, in de winter levering	0,5	5,75
LT-lucht warmtepomp	NTB	Piekbron	NTB	4,2
Totaal bronvermogen				15,2

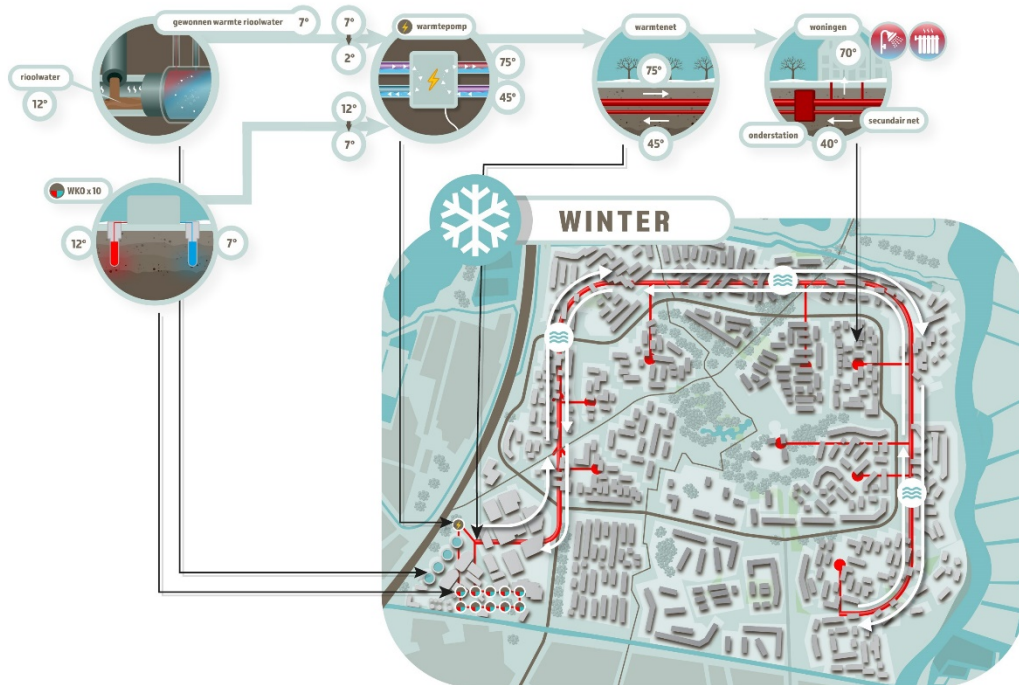
Het WKO-vermogen is afgeleid op basis van een maximale infiltratie en onttrekking per bron van 90 m³/uur, zoals reeds door adviesbureau IF-technology bepaald voor Poelgeest en een standaard temperatuurverschil tussen onttrokken en geïnfiltrerd grondwater van 5°C. Gezien de nabijheid van Poelgeest is er geen reden om aan te nemen dat het maximale onttrekkingsdebiet hier afwijkt. Desalniettemin dient dit debiet in een later stadium geverifieerd te worden.

Als piekcapaciteit is gekozen voor lage temperatuur lucht-water warmtepompen, die brontemperatuur leveren. Deze zullen alleen hartje winter draaien. De hiervoor benodigde techniek is gelijk aan de techniek voor vriescellen.

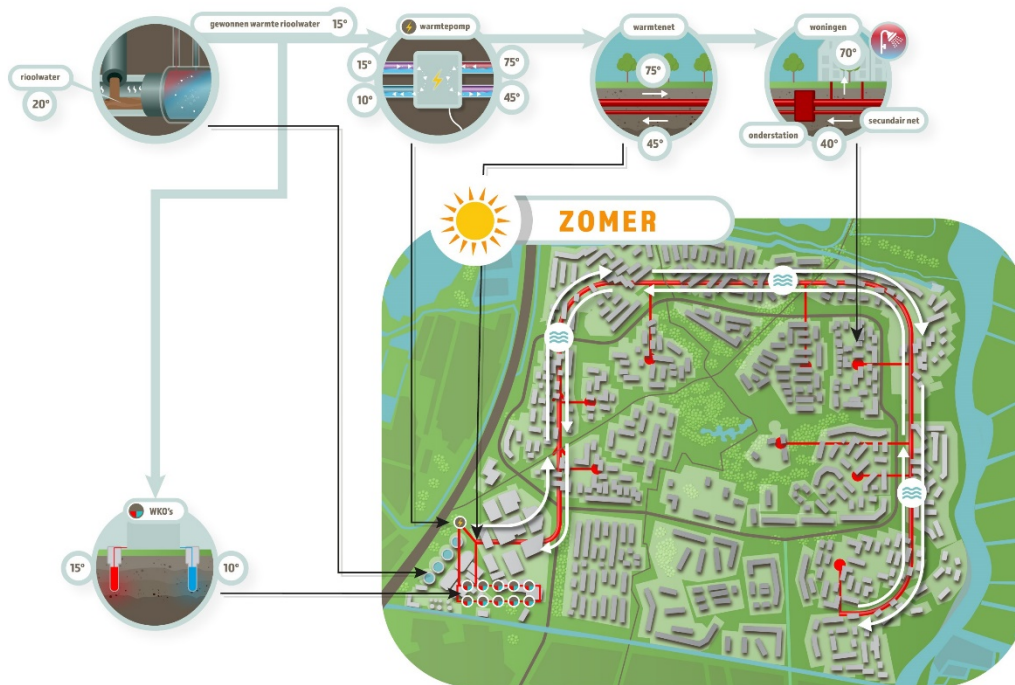
4.4.1 Variant 1: Middentemperatuur (70/40) warmtenet

4.4.1.1 Omschrijving middentemperatuurnet

Een middentemperatuurnet heeft een aanvoertemperatuur van 70°C en een retourtemperatuur van 40°C. Deze aanvoertemperatuur is geschikt om rechtstreeks warm tapwater te maken. Bovendien is deze aanvoertemperatuur zeer geschikt voor bestaande bouw. Wél zijn hiertoe mogelijk aanpassingen nodig in de woningen, zie ook paragraaf 4.1.2 en de beschouwingen in Bijlage 2. De maximale vermogensafgifte van een 70/40 subnet is circa 2 MW. Omdat de vraag van de wijk veel groter is, is een hoofddistributienet nodig welke op een iets hogere temperatuur staat. Hiervoor is uitgegaan van een 75/45 hoofdniet, met warmteoverdracht via platenwarmtewisselaars naar het 70/40 subnet. Dit net gaat uit van centrale opwek vanuit de bronnen. De WKO's moeten dan ook in de buurt van de hoofdbron (de RWZI) geplaatst zijn, net als de piek lucht-water warmtepompen. De opzet voor de Merenwijk is dan schematisch gegeven in Figuur 4.1 en Figuur 4.2. Deze variant is vervolgens doorgerekend met specialistische software voor het bepalen van de kosten voor een meest economisch warmtenet (Comsof Heat). Een eerste loop van het net en verdeling in clusters is gegeven in Figuur 4.3. Hiermee is een eerste iteratie van een leidingnet gedimensioneerd en zijn de kosten bepaald voor een 70/40 warmtenet. Let wel, dit is een eerste iteratie met nog een vrij grote onzekerheidsmarge, maar deze is wel zeer geschikt om varianten te vergelijken.



Figuur 4.1 Midden-temperatuur warmtenet winter. Warmte wordt onttrokken uit de zuivering en de WKO en in een centrale warmtepomp opgewaardeerd naar hoge temperatuur, welke door de wijk getransporteerd wordt. In de wijk staat een onderstation welke hoofdniet van wijknet scheidt. De warmte wordt gebruikt voor verwarming en douche



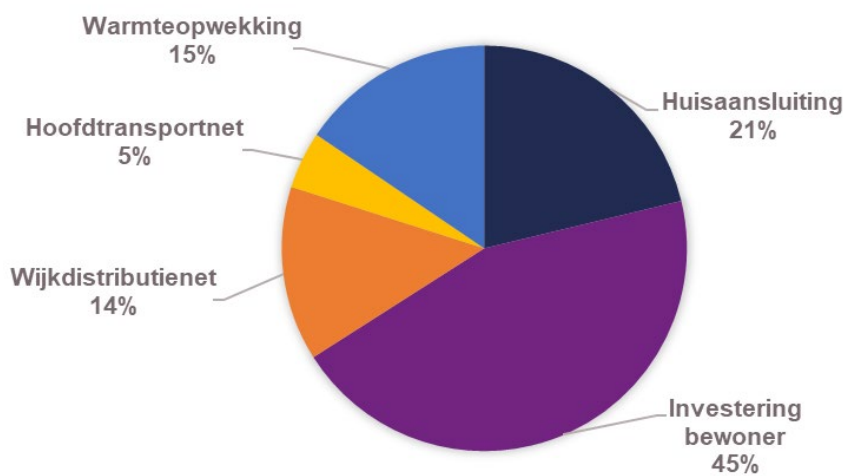
Figuur 4.2 Midden-temperatuur warmtenet zomer. Warmte wordt gewonnen bij de zuivering en deels opgeslagen bij de WKO's in de buurt van de zuivering en deels gebruikt in de centrale warmtepomp. Er wordt hoge temperatuur warmte door het hoofdnet getransporteerd en via het onderstation met midden-temperatuur de wijk in. Hier wordt het gebruikt om te douchen



Figuur 4.3 Opzet warmtenet en clusters voor nieuw 70/40 warmtenet

4.4.1.2 Investeringskosten middentemperatuurnet

Voor deze variant zijn de investeringskosten bepaald. Deze geven vooral een goed inzicht in de bijdrage van de verschillende componenten in de kosten.



Figuur 4.4 Verdeling kosten-componenten

Tabel 4.3 Opbouw materiaalkosten voor middentemperatuurnet (excl. BTW)

	Investering	%
Huisaansluiting	€ 20.849.224	21%
Investering huishouden	€ 43.892.830	45%
Wijkdistributienet	€ 13.661.867	14%
Hoofdtransportnet	€ 4.476.214	5%
Warmteopwekking	€ 15.245.000	16%
Totale investering materiaal	€ 98.125.134	
Gemiddeld investering materiaal per woning	€ 24.692	

Tabel 4.4 Totale investering (excl. BTW)

		Investering totaal	Investering per huishouden
Investering materiaal collectief deel		€ 54.232.304	€ 13.647
Projectkosten	25%	€ 13.558.076	€ 3.412
Investering bewoners		€ 43.892.830	€ 11.045
Subtotaal		€ 111.683.210	€ 28.103
Onvoorzien	15%	€ 16.752.482	€ 4.216
Totaal		€ 128.435.692	€ 32.319

De investering voor de bewoner is gegeven in Tabel 4.1 en heeft een ruime bandbreedte van 6.615-20.115 Euro incl. BTW. Er wordt in de berekeningen uitgegaan van het (wiskundig) gemiddelde oftewel 13.365 Euro incl. BTW en 11.045 excl. BTW.

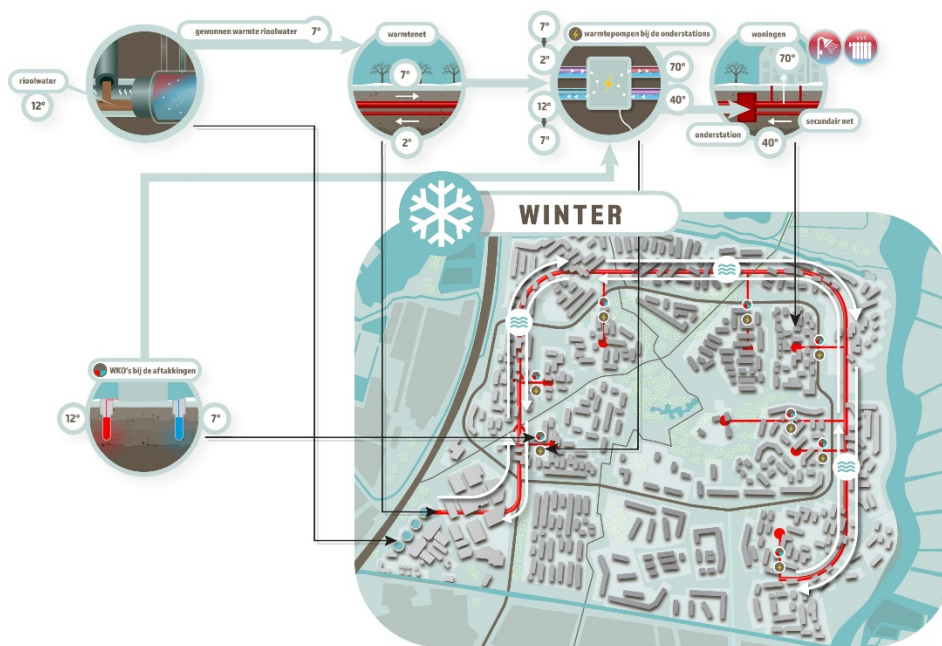
Een centrale warmteopwekking met warmte van de RWZI komt in aanmerking voor SDE++. Voor een gestaffelde uitvoering is het mogelijk om het project op te breken in verschillende stukjes, maar omdat SDE++ alleen aangevraagd kan worden op “nieuwe installaties”, is het erg belangrijk om dit goed te plannen. Dat zal waarschijnlijk ook betekenen dat de warmtepomp dan uit meerdere warmtepompen moet bestaan, in overeenstemming met de SDE-regeling. Daarnaast gaat de SDE++-regeling uit van zeer veel vollaasturen (eigenlijk basislast), die per definitie niet passen bij het volledig aardgasvrij maken van een woonwijk. Momenteel gaat de SDE++ visie niet verder dan het leveren van basislast. Uiteindelijk komt de RWZI wel op veel vollaasturen, maar het te installeren warmtepompvermogen heeft een “laag” aantal vollaasturen, indicatief 1600-2000 uren. Het zou wenselijk zijn als de SDE++ dusdanig opgezet zou zijn, dat het volledig aardgasvrij maken van een woonwijk rendabel zou zijn.

4.4.2 Wijkwarmtenet met wijk WKO

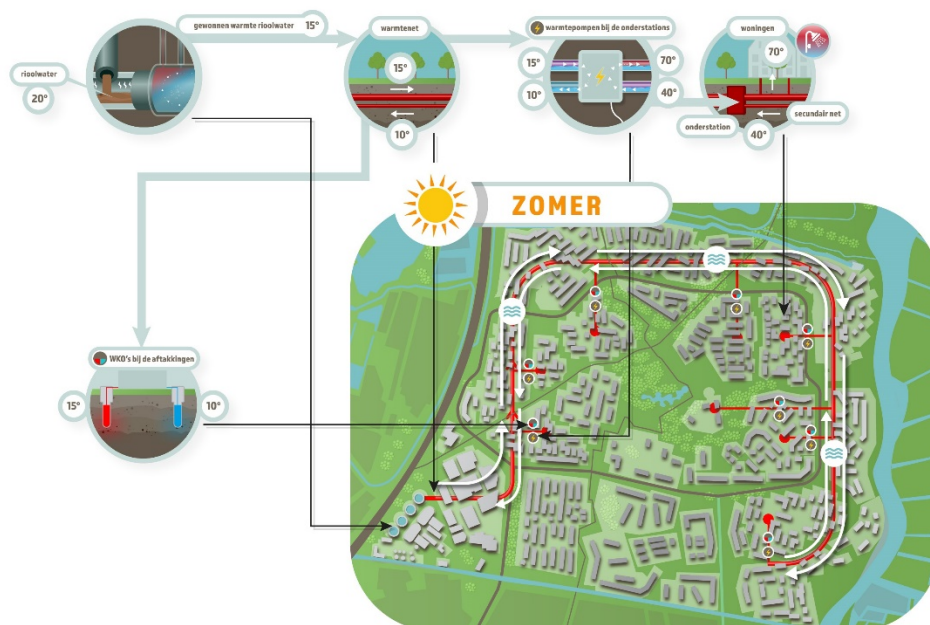
4.4.2.1 Omschrijving wijkwarmtenet met wijk WKO

De variant van een wijk of buurt-warmtenet en WKO wijkt af van het middentemperatuurnet, doordat nu niet gekozen wordt voor een hoofddistributienet op een temperatuur van 75°C/45°C, maar juist voor een hoofddistributienet op brontemperatuur. In de wijk wordt de warmtepomp geplaatst welke de

temperatuur verhoogt naar 70°C, waardoor er sprake is van een middentemperatuurnet in de wijk/buurt. Door de opwekking in de buurt te plaatsen, kan de WKO ook in de buurt liggen, waardoor er als vanzelf een geografische spreiding voor de WKO's ontstaat. Ook hoeft het hoofdnet hierdoor alleen het vermogen vanaf de zuivering te verdelen, waardoor het te leveren vermogen door het hoofdnet (en dienengevolge de afmetingen) afneemt.



Figuur 4.5 Winterscenario bij wijk WKO en wijk warmtepomp. Warmte wordt gewonnen bij de zuivering en naar de wijk getransporteerd. Extra warmte wordt onttrokken uit de WKO in de wijk. Deze warmte wordt door een warmtepomp opgewaardeerd naar hoge temperatuur voor het warmtenet, waarmee de woning verwarmd wordt en gedoucht kan worden.

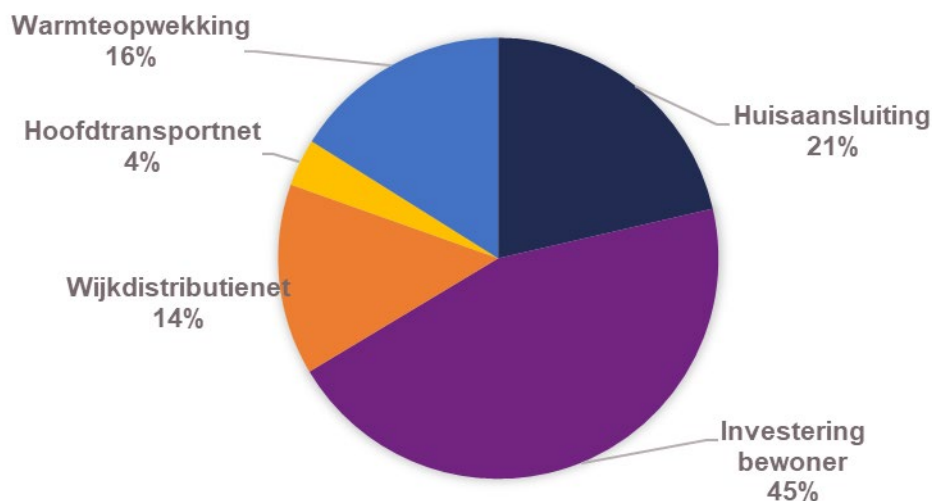


Figuur 4.6 Zomerscenario bij wijk WKO en wijk warmtepomp. Warmte wordt gewonnen bij de rioolwaterzuivering (en eventuele overige bronnen) en getransporteerd naar de wijk, waar het wordt opgeslagen in een WKO of gebruikt in een warmtepomp om het wijkwarmtenet van warmte te voorzien voor tapwater



Figuur 4.7 Opzet ZLT hoofddistributienet met WKO én warmtepomp in de wijk met 70/40 wijkdistributienet

4.4.2.2 Investeringskosten bron-hoofdnet met wijk-warmtepomp en wijk WKO



Figuur 4.8 Verdeling kosten wijk-warmtepomp en wijk-WKO

Tabel 4.5 Investering in materiaal wijk-warmtepomp en wijk WKO (excl. BTW)

	Investering	%
Huisaansluiting	€ 20.849.224	21%
Investering huishouden	€ 43.892.830	45%
Wijkdistributienet	€ 13.661.867	14%
Hoofdtransportnet	€ 3.384.716	3%
Warmteopwekking	€ 15.698.600	16%
Totaal	€ 97.487.237	
Gemiddeld per woning	€ 24.531	

In deze variant zijn de kosten van het hoofdtransportnet lager dan in de versie van het complete mid-den-temperatuur net. Dat is ook logisch, omdat er minder vermogen door het hoofdnet hoeft te worden getransporteerd door de keuze van een WKO in de wijk, bovendien zijn de leidingen ongeïsoleerd. De kosten van de warmteopwekking ligt wel iets hoger, omdat er in iedere wijk een opwekstation gebouwd moet worden.

De kosten voor de bewoner zijn gelijk aan de variant met MT-warmtenet en zijn onderverdeeld in Tabel 4.1. Merk op dat er een ruime onzekerheidsmarge in deze kosten zit, omdat de bouwkundige staat van de verschillende woningen fors kan variëren.

Tabel 4.6 Totaaloverzicht investering wijk-warmtepomp en wijk-WKO (excl. BTW)

Investeringskosten		Investering totaal	Investering per huishouden
Investering materiaal collectief deel		€ 53.594.407	€ 13.486
Projectkosten	25%	€ 13.398.602	€ 3.372
Investering bewoners		€ 43.892.830	€ 11.045
Subtotaal		€ 110.885.839	€ 27.903
Onvoorzien	15%	€ 16.632.876	€ 4.185
Totaal		€ 127.518.715	€ 32.088

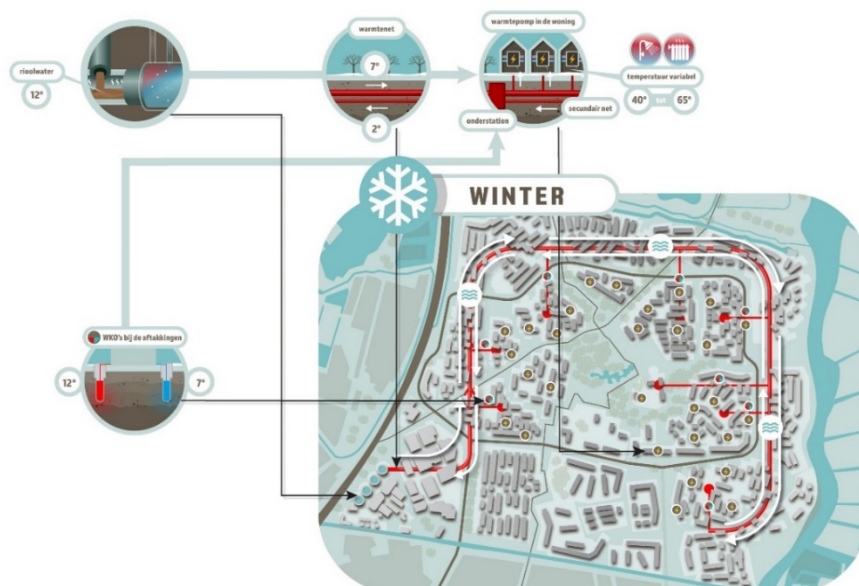
Gemiddeld genomen zijn de investeringskosten voor een middentemperatuurnet en de versie met wijk-warmtepomp vrijwel vergelijkbaar.

Ook centrale warmteopwekking in de wijk met warmte van de RWZI komt in aanmerking voor SDE++. Voor een gestaffelde uitvoering is het mogelijk om het project op te breken in verschillende stukjes, maar omdat SDE++ alleen aangevraagd kan worden op “nieuwe installaties”, is het erg belangrijk om dit goed te plannen. Daarnaast gaat de SDE++-regeling uit van zeer veel vollaasturen (eigenlijk basislast), die per definitie niet passen bij het volledig aardgasvrij maken van een woonwijk. Momenteel gaat de SDE++ visie niet verder dan het leveren van basislast. Uiteindelijk komt de RWZI wel op veel vollaasturen, maar het te installeren warmtepompvermogen heeft een “laag” aantal vollaasturen, indicatief 1600-2000 uren. Het zou wenselijk zijn als de SDE++ dusdanig opgezet zou zijn, dat het volledig aardgasvrij maken van een woonwijk rendabel zou zijn.

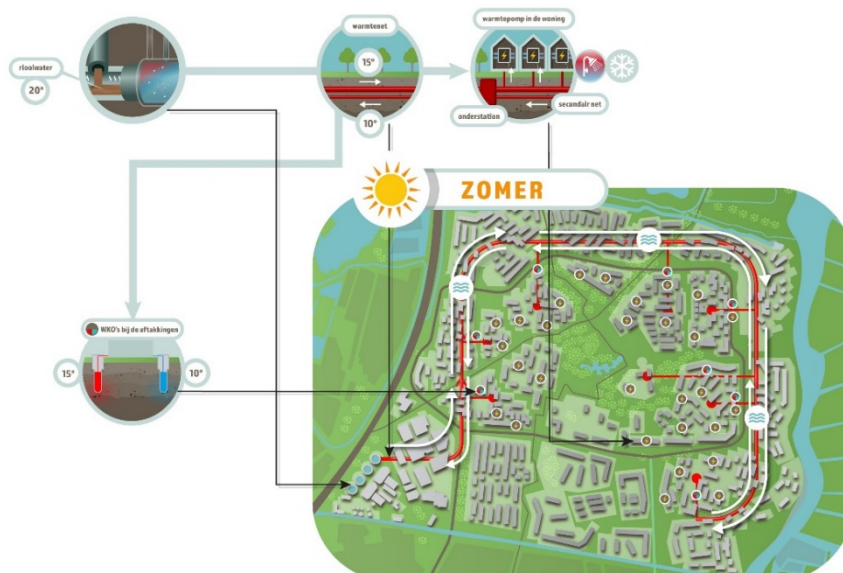
4.4.3 Bronnet

4.4.3.1 Omschrijving variant bronnet

Een bronnet met een warmtepomp per woning kan geen aanvoertemperatuur van 70°C leveren. De maximumtemperatuur is 65°C, maar omdat de warmtepomp in de woning is geïnstalleerd én de oorspronkelijke verwarmingsinstallatie ontworpen was voor een temperatuurverschil van 20°C, kan het verwarmingssysteem opereren op 65/45. Een verwarmingssysteem op deze temperatuur levert zelfs iets meer vermogen per m² verwarmingsoppervlak dan een 70/40 verwarmingssysteem, zie voor verdere details Bijlage 2.



Figuur 4.9 Warmtevoorziening in de winter met wijk WKO en warmtepomp in de woning. Warmte wordt gewonnen op de zuivering en gaat via het lage temperatuur distributienet naar de wijk. Daar wordt de lage temperatuur van de WKO toegevoegd. Pas in de woning wordt deze lage temperatuur naar de gebruikstemperatuur opgewarmd voor douchen en verwarming. Deze laatste is woningspecifiek.



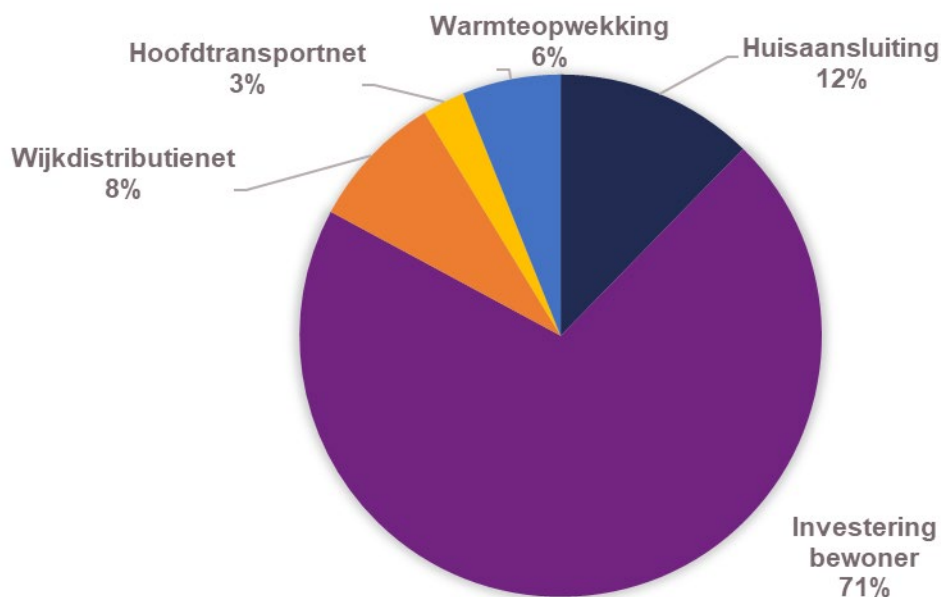
Figuur 4.10 In de zomer wordt warmte gewonnen uit de zuivering. Deze wordt via het lage temperatuur netwerk naar de wijk WKO getransporteerd voor opslag. Een deel gaat verder het wijknet in waar het gebruikt kan worden voor koeling van de woning óf gebruikt kan worden voor douchen.



Figuur 4.11 Opzet bronnet met iedere wijk zijn eigen WKO en warmte-opwekking in de woning

4.4.3.2 Investeringskosten bronnet

Ook deze variant is doorgerekend in Comsof Heat. Hierbij zijn de kosten van de leidingen in de wijk mogelijk licht overschat. Dat is in deze fase van het onderzoek nog geen probleem.



Figuur 4.12 Kostenverdeling warmtepomp per woning

Tabel 4.7 Materiaalkosten voor warmtepomp per woning (excl. BTW)

	Investering	%
Huisaansluiting	€ 15.877.963	12%
Investering bewoner	€ 90.925.120	71%
Wijkdistributienet	€ 10.845.248	8%
Hoofdtransportnet	€ 3.404.220	3%
Warmteopwekking	€ 7.833.600	6%
Totaal	€ 128.886.151	
Totaal per woning	€ 32.432	

Tabel 4.8 Totale investeringskosten (excl. BTW)

		Investering totaal	Investering per huishouden
Investering materiaal collectief deel		€ 37.961.031	€ 9.552
Projectkosten	25%	€ 9.490.258	€ 2.388
Investering bewoners		€ 90.925.120	€ 22.880
Subtotaal		€ 138.376.409	€ 34.820
Onvoorzien	15%	€ 20.756.461	€ 5.223
Totaal		€ 159.132.870	€ 40.044

De investering per woning voor deze variant is hoger. De investering voor de bewoner is ook hoger, omdat de investering in de warmtepomp hierin opgenomen is. De ISDE is hier reeds van afgetrokken.

Eventueel zouden de kosten voor de warmtepomp ook in een huurconstructie opgenomen kunnen worden. De onderbouwing van de kosten is opgenomen in Tabel 4.1.

Hoewel deze variant duurder is, vooral voor de initiële (en ook vervangingsinvestering) die van de bewoner wordt gevraagd is de kostenstructuur ook wezenlijk anders. In deze variant kan er alleen een vast tarief gevraagd worden voor een aansluiting op het warmtenet (bovendien gereguleerd in de warmtewet). De bewoner zelf koopt de stroom in (of wekt die op) en wekt de warmte op. Dit betekent ook dat de bewoner zelf voordeel heeft van het verlagen van de aanvoertemperatuur, bijvoorbeeld als op een bepaald moment de verwarming vervangen moet worden. In dit scenario heeft de bewoner er baat bij om een iets grotere (niet per definitie duurdere!) verwarming te kopen, omdat dit zich terug gaat verdienen door een hoger rendement van warmteopwekking, terwijl in het scenario van 70/40 distributie naar de woning, temperatuurverlaging niet loont.

4.5 Kleine collectieve warmtenetten op basis van bodemlussen

4.5.1 Het principe

Een andere mogelijkheid is een lokaal warmtenetwerk met een bodemwisselaar als collectieve bron. Het gaat hierbij om een gesloten bodemsysteem. Gesloten bodemsystemen zijn er in verschillende varianten, maar de werking is vrijwel identiek. Het bodemsysteem is in feite een grote warmtewisselaar. Door de warmtewisselaar wordt water met (al dan niet) een antivriesmiddel gepompt om warmte of koude aan de bodem te onttrekken. Het energetisch rendement is gemiddeld iets lager dan bij open systemen (WKO). Gesloten systemen worden meestal per huis aangelegd, maar een collectief systeem voor een appartementencomplex of meerdere woningen kan ook. In Figuur 4.13 en Figuur 4.14 is een schema van de bodemlus weergegeven voor een eengezinswoning. Voor meerdere woningen, worden deze bodemlussen gecombineerd



Figuur 4.13 Principe van een bodemlus in de winter



Figuur 4.14 Principe van een bodemlus in de zomer

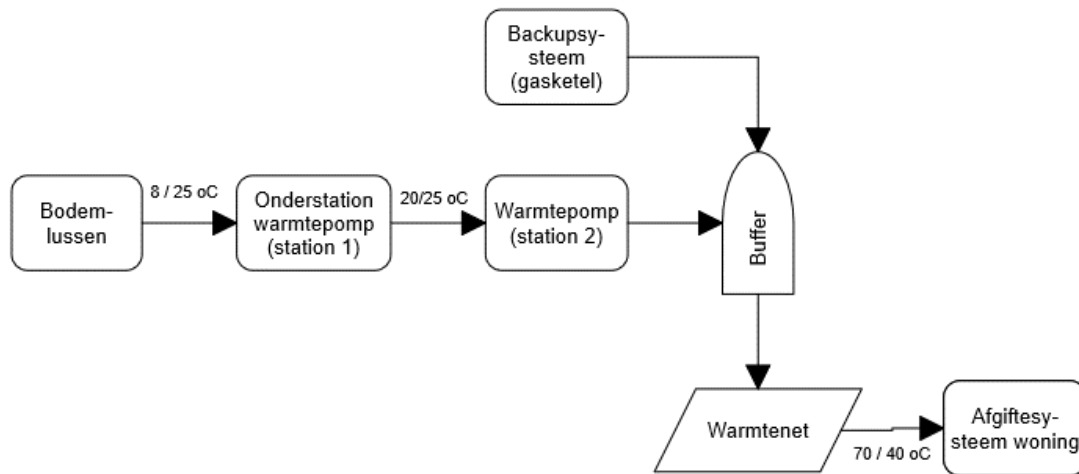
Gesloten systemen worden in Nederland beperkt gereguleerd of geregistreerd, dus het is onbekend hoeveel systemen er precies in gebruik zijn. Naar schatting gaat het om enkele tienduizenden. In landen als Zweden en Zwitserland zijn gesloten systemen bijna standaard in de nieuwbouw. In andere Europese landen worden gesloten systemen steeds meer toegepast, omdat ze geschikt zijn voor vrijwel elke bodemsoort. De inzet van gesloten systemen blijft in Nederland achter ten opzichte van andere Europese landen. Door onze bijzondere bodem met veel geschikte grondwaterlagen, en door bewuste stimulering, ligt in Nederland de nadruk op grote open systemen met grote vermogens. Er is echter inmiddels voldoende ervaring met gesloten systemen en er zijn diverse leveranciers.

Voor een collectieve warmtebron met bodemwisselaars zijn de woningen ons inziens reeds geschikt. Wel moet er voor een warmtepomp gekozen worden die een aanlevert temperatuur van 65°C kan leveren. Ook is het mogelijk om te kiezen voor een kleine collectieve warmtepomp.

Overigens moet voordat tot boring overgegaan kan worden een berekening uitgevoerd worden, door een daartoe gecertificeerd bedrijf. Dat moet garanderen dat er minimaal 30 jaar warmte gewonnen kan worden uit de bodemlussen. Het is echter nog maar de vraag of er via bodemlussen voldoende warmte gewonnen kan worden voor de hele wijk. Daarbij geldt dat een bodemlussen project de aanleg van een WKO dwars zou kunnen zitten en dat er bij voorkeur gezamenlijk opgetrokken wordt met projecten voor de aanleg van een WKO.

4.5.2 Klein collectief systeem

De collectieve warmtepomp levert mogelijk in twee stappen warmte aan een warmteleidingstelsel. Per appartement / woningen wordt een afgifteset geïnstalleerd. Schematisch is dit in Figuur 4.15 weergegeven.



Figuur 4.15 Schematische weergave warmtenet met bodemlussen

4.5.3 Kosten collectief systeem

De kosten van een dergelijk systeem zijn overeenkomstig met de kosten voor de overige varianten, omdat de woningen aangepast moeten worden voor de afgiftemtemperatuur en omdat steeds technische opstelruimtes gemaakt moeten worden.

4.6 Individuele luchtwarmtepompen

Individuele luchtwarmtepompen zijn vooral geschikt voor woningen waar een temperatuur van 55°C afdoende is om de woning warmte te krijgen en te houden. Bij voorkeur is deze temperatuur nog lager, omdat het stroomverbruik hierdoor afneemt.

Een woning uit de Merenwijk is daarvoor in de originele bouwstaat ongeschikt. De woning is daarvoor echter wel geschikt te maken. Door de woning fors na te isoleren én door de radiatoren te vervangen door convectorradiatoren (eventueel voorzien van ventilatoren) of een combinatie van de twee. Mogelijk zouden radiatoren voorzien kunnen worden van ventilatoren, maar in dat geval moet er sprake zijn van een radiator voorzien van minimaal 2 bladen, om dat als retrofit toe te passen.

Naast de benodigde huisaanpassing heeft een luchtwarmtepomp een aantal andere grote nadelen:

- Ten eerste is het elektriciteitsverbruik bij lage buitentemperaturen erg hoog, omdat het hoogste vermogen moet worden opgewekt bij ongunstige brontemperatuur (in tegenstelling tot warmtepompen met een bron, waarbij die temperatuur relatief constant is).
- Ten tweede zorgt het voor een constante geluidsproductie
- Ten derde draagt het bij aan het heat-island fenomeen indien in de zomer de luchtwarmtepomp wordt ingezet voor koeling. Een lucht-water warmtepomp verplaatst warmte van binnen naar buiten en gebruikt daarvoor ook nog stroom, waardoor het buiten warmer wordt. Een bronsysteem verplaatst warmte van binnen naar de bodem, waar het in de winter weer uitgehaald wordt.

De investering is reeds bepaald in Tabel 4.1 en bedraagt afhankelijk tussen de 36.890 en 46.890 EURO. Daar komt nog bovenop dat de huidige elektriciteitsinfrastructuur niet geschikt is voor

individuele (lucht) warmtepompen en dat het wel noodzakelijk is om op relatief korte termijn 5-10 jaar de gasinfrastructuur te vernieuwen.

4.7 Kosten van de varianten vergeleken met huidig scenario

4.7.1 Inleiding

Er kan op twee manieren naar de kosten gekeken worden. Allereerst volgens het “niet-meer-dan-anders” principe. De afnemer betaalt niet meer dan dat hij zou gebruiken als hij gas zou verbruiken. Welk tarief dat maximaal is wordt jaarlijks bepaald door de ACM. Dit is de basis van de huidige warmtewet. Deze kostenstructuur zegt iets voor de bewoner, maar zegt nog niets over of diegene die het warmtenet opereert ook een winstgevende business heeft. Hiertoe wordt gebruikt gemaakt van de “kosten +” -structuur. De kosten worden bepaald en vervolgens mogen deze met een beperkte winstmarge aan de klant doorgerekend worden. Op dit moment kan dit dus niet volgens de warmtewet. Deze methodiek geeft echter wel inzicht in of de business-case als geheel rendabel is of niet.

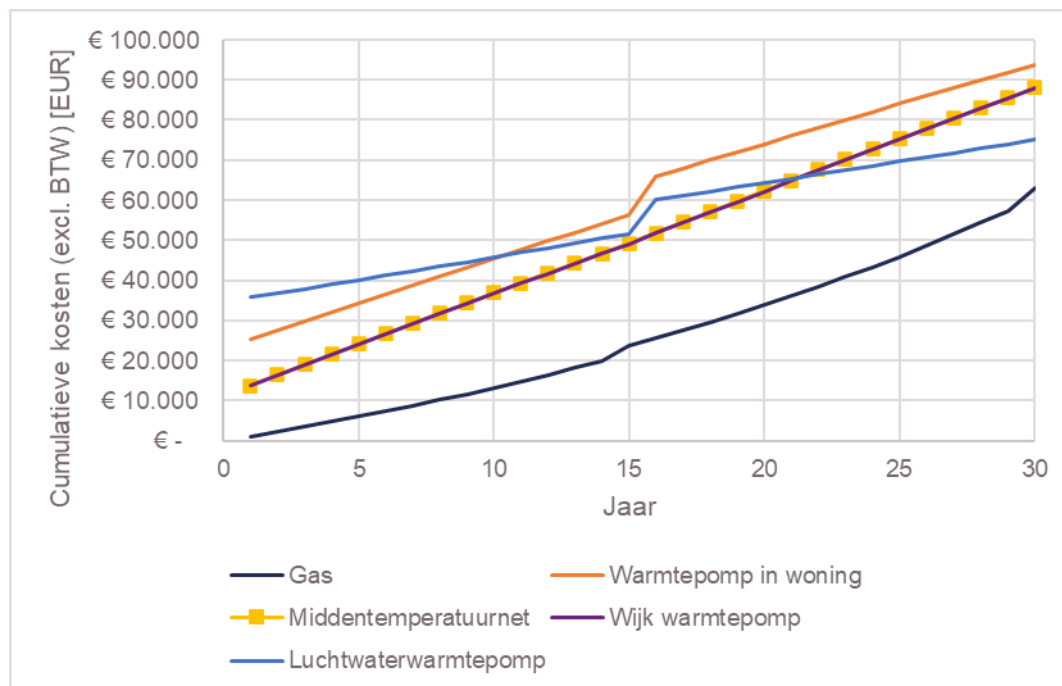
4.7.2 Kosten + benadering

Om te kijken wat de invloed is op de jaarlijkse kosten, is het scenario met gas, vergeleken met de uitgewerkte collectieve scenario's. De kosten van deze scenario's zijn doorberekend per bewoner, gebruik makend van een “Kosten +”-benadering. Dat wil zeggen dat alle kosten per jaar in kaart zijn gebracht en over het collectieve deel een extra “winst”marge wordt berekend van 8% (voor belasting). De “kosten +” benadering geeft het duidelijkste aan of er een onrendabele top is. Wanneer we de kosten van het huidige scenario met gasketel én een stijgende gasprijs van 4% per jaar vergelijken met de andere scenario's, blijkt het in stand houden van de gasketel de goedkoopste optie. Dit betekent dat alle scenario's een onrendabele top hebben (in het geval van de warmtepomp in de woning, ondanks de ISDE). In de overige scenario's is de SDE++ niet meegerekend, omdat deze ook verre van zeker is (thermische energie uit afvalwater zit in een late SDE++-fase).

Met betrekking tot de investering van de huishoudens is aangenomen dat er géén lening voor deze investering benodigd is. Is dit wel het geval, en dat is zeker bij de warmtepompen varianten te verwachten, dan is dat in het bijzonder nadelig voor de varianten met een grote investering van de bewoners, lees in het bijzonder de lucht-warmtepomp en in mindere mate de bronwarmtepomp.

Bij deze benadering is in alle varianten het warmtenet helemaal afgeschreven in 30 jaar en de warmteopwekker in 15 jaar. Het bronnet heeft echter nog een restwaarde na 30 jaar, met een verwachte levensduur van 50 jaar. Bovendien heeft een bronnet het voordeel dat het aandeel warmteverlies niet toeneemt bij afnemende warmtevraag. Bij een middentemperatuurnet (en dus ook in het geval van de variant met warmtepomp in de wijk) is het verlies onafhankelijk van het geleverde vermogen, waardoor het aandeel verlies in de loop van de tijd toeneemt, naarmate de woningen beter geïsoleerd worden. Het dient ook opgemerkt te worden, dat in geen van de varianten in Figuur 4.16 rekening gehouden is met afnemende vraag ten gevolge van isolatie-maatregelen die over de exploitatieperiode genomen kunnen worden. De bronnet-business case is hier minder gevoelig voor, omdat de opwek in de woning plaats vindt, en de vraag naar bronvermogen ook niet lineair afneemt met de reductie in warmtevraag,

omdat na isolatie de woning met een lagere verwarmingstemperatuur toe kan. Dat betekent een hogere COP voor de warmtepomp, en dientengevolge relatief hoger aandeel bronvermogen.



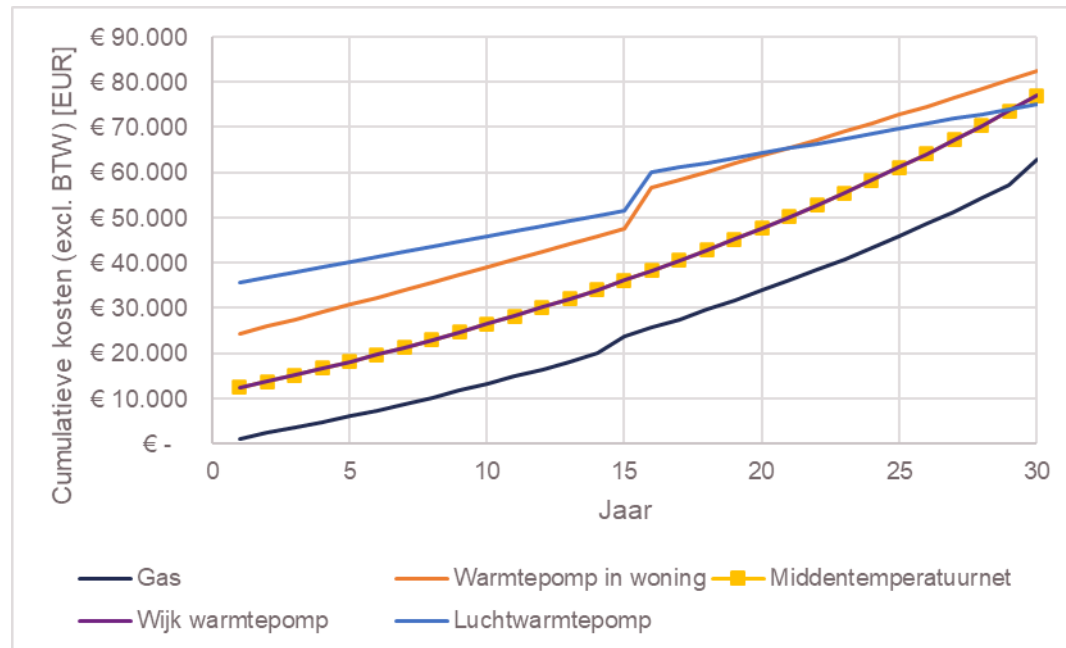
Figuur 4.16 Kosten van collectieve varianten in vergelijking met gas. In alle varianten is duidelijk dat gas goedkoper is. Alle varianten liggen nog in elkaars bandbreedte gegeven de onzekerheid in hoeveel de aanpassingen per woning (op wijkniveau) kosten.

Op basis van de gasbesparing en de gebruikte COP's (3 voor middeltemperatuurnet en wijk-warmtepomp, daarin zijn de netverliezen verdisconteerd en 3,5 voor warmtepomp met bronnet in de woning (rekening houdend met een lagere aanvoertemperatuur in voor- en naseizoen)) en 3 voor lucht-water warmtepomp is de bronnet met warmtepomp in woning de meest duurzame variant.

4.7.3 Huidige warmtewet benadering

Deze benadering hanteert de tarieven, zoals die (als maximale waarde!) voor 2021 zijn vastgesteld door de Autoriteit Consument en Markt (ACM). Warmteleveranciers mogen geen hogere tarieven vragen dan deze. Deze benadering laat zich daarmee niet uit of het net winstgevend is voor de exploitant. Het gaat alleen in op de kosten voor de bewoner. De onrendabele top (waarvan uit de kosten + methode blijkt dat deze er is), moet op andere wijze worden opgelost. Binnen de warmtewet is het toegestaan om een aansluitvergoeding te vragen per huishouden. Voor een bestaande woonwijk zijn dit echter meerkosten ten opzichte van de bestaande situatie. Deze aansluitbijdrage bedraagt EUR 4031,44 excl. BTW. Deze vergoeding die van de bewoner gevraagd kan worden, kan echter niet meer terugverdiend worden door de bewoner. Hoewel deze kosten deels vergoed kunnen worden door de ISDE, gaan we ervan uit dat er geen aansluitvergoeding gevraagd wordt, en opgelost wordt binnen de onrendabele top van het warmtenet project.

Belangrijk voor een eerlijke vergelijking is dan ook welke kosten wel of niet doorgerekend worden. Zo zijn sommige kosten, zoals inductiekoken een gegeven voor het gasloos maken van een wijk, maar niet per sé kosten voor het omschakelen van aardgas op een warmtenet. Vooralsnu wijzen we die kosten wel toe aan alle varianten.



Opvallend, maar ook wel weer logisch, is dat de helling van het scenario met gas en het scenario met warmte uit het warmtenet vrijwel gelijk is. Er is alleen een offset, die te maken heeft met de initiële investering. Dit is ook wel logisch, wanneer bedacht wordt dat de NMDA tarieven juist bepaald zijn op basis van het scenario waarin gas gebruikt wordt.

Tabel 4.9 CO₂-besparing per huishouden en totale Merenwijk, uitgaande van HUIDIG gemiddelde CO₂-emissie van stroom van het elektriciteitsnet

Variant	Besparing [kg CO ₂ /huishouden/jaar]	Besparing Merenwijk [ton CO ₂ /jaar]
Middeltemperatuurnet	640	2541
Wijk-warmtepomp	640	2541
Lucht-water warmtepomp	640	2541
Bronnet met warmtepomp in woning	898	3569

5 Integrale afweging

In dit hoofdstuk wordt de integrale afweging gedaan tussen de uitgewerkte warmteopties, met als doel om een goed onderbouwd vervolgtraject te definiëren gericht op het uitvoeren van een pilot. In dat kader wordt een vergelijking gemaakt tussen de uitgewerkte opties voor een warmtenet, aangevuld met (semi) individuele all electric-oplossingen middels bodemlussen en individuele warmtepompen. Als resultaat van deze afweging schetsen we een handelingsperspectief, waarin wordt aangegeven hoe in een periode van bijvoorbeeld 5 jaar gekomen kan worden tot de realisatie van een pilotproject. Dit handelingsperspectief is een blauwdruk van technische, organisatorische, financiële en maatschappelijke zaken die de aandacht verdienen of geregeld moeten worden om tot realisatie van een pilot te kunnen komen.

5.1 Integrale afweging

5.1.1 Overwegingen en afweging

Het gasloos maken van de Merenwijk is technisch mogelijk. Overwegende dat:

- Er momenteel geen centrale hoge temperatuurbron aanwezig is
- De komst van de leiding door het midden niet per sé een gegeven is
- Er meerdere lage temperatuurbronnen in de Merenwijk zijn, die geografisch verspreid zijn,
- Ook Oegstgeest aanspraak wil maken op de warmte van de zuivering
- Voor de optimale benutting van die lage-temperatuurbronnen WKO-bronnen nodig zijn, die ook een zekere geografische spreiding nodig hebben
- Kleinschalige WKO (kleiner dan 70 kW vermogen) de mogelijkheden van grootschalige WKO (en dus gasloos maken van de complete wijk) kan blokkeren
- Het huidige elektriciteitsnet niet geschikt is voor individuele warmtepompen, maar ook niet (geheel) geschikt is voor elektrisch koken en ons inziens daarom sowieso versterkt zal moeten worden om toekomstbestendig te zijn
- De kleinschalige WKO in onbalans is, omdat er alleen warmtevraag is, en vanuit technisch perspectief alsnog balancerend nodig is, en
- Een scenario met groeimogelijkheden gezocht wordt,

is een aanpak van een hoofdtransportnet op lage (bron) temperatuur de meest logische route voor een collectief systeem in de Merenwijk.

Deze overweging laat nog steeds twee collectieve opties open. Te weten de variant met wijk-WKO en wijk warmtepomp, waarbij op wijkniveau een middentemperatuurnet (70°C/40°C) wordt aangelegd, en de variant waarbij een wijk-WKO wordt aangelegd, maar de warmtepomp in de woning (of eventueel een klein collectieve warmtepomp). Beide opties zijn compatibel in de zin dat één cluster woningen (bijvoorbeeld de vrijstaande woningen) kan kiezen voor individuele water-water warmtepompen en een ander cluster voor een wijk-warmtepomp.

De enige oplossing, die individueel mogelijk is, is de lucht-water warmtepomp. Om dit technisch mogelijk te maken moeten de woningen geïsoleerd worden en is waarschijnlijk ook vervanging van de radiatoren nodig. Deze optie vraagt de grootste investering, die bovendien geheel door de bewoners gedragen moet worden.

Binnen de onzekerheidsmarges van de benodigde investering (die vooral te maken hebben met de mate waarin een woning reeds geïsoleerd is!) vallen alle investeringen binnen dezelfde bandbreedte. Het is vooral de initiële investering die zorgt voor een onrendabele top.

Er mag niet voorbij gegaan worden aan de economische, infrastructurele en organisatorische uitdagingen die met deze transitie gepaard gaan.

5.1.2 Werk met werk maken

Werk met werk maken is jargon voor het combineren van werkzaamheden, waardoor het voor één ieder goedkoper uitvalt. Als de laagspanningsleidingen in de wijk inderdaad vervangen moeten worden, dan is het zeer goed mogelijk om nieuwe laagspanningsleidingen (met een licht andere loop), te leggen boven de bronnet-leidingen, daar daar geen ongewenste interactie kan optreden tussen elektriciteitsnet en warmtenet. Dat leidt niet alleen tot een goedkoper bronnet, maar zorgt bovenal voor minder overlast in de buurt. Met een 70/40 distributienet kan de elektriciteitsleiding naar alle waarschijnlijkheid niet boven de warmtenetleiding geplaatst worden. Wel kan de overlast beperkt worden door de werkzaamheden tegelijkertijd uit te voeren en van de andere kant kan Liander besluiten om te wachten met het vervangen/verzwaren van het elektriciteitsnet.

6 Samenvatting, conclusie en aanbeveling

6.1 Samenvatting en conclusie

Er ligt een uitdaging voor de energie-infrastructuur voor de Merenwijk. Een deel van het gasnet is reeds bijna volledig afgeschreven. Het elektriciteitsnet dient versterkt te worden als iedereen elektrisch gaat koken en/of een deel van de wijk warmtepompen plaatst of massaal zijn auto elektrisch gaat laden. Daarnaast heeft de overheid besloten dat de gebouwde omgeving uiterlijk in 2050 gasloos moet zijn. In deze studie zijn een aantal opties naast elkaar gezet. Daarbij valt vooral op dat de initiële investering enerzijds onzeker is, door de verschillen in reeds uitgevoerde naïsolatie, maar ook dat deze initiële investering ervoor zorgt dat de kosten hoger zijn dan anders.

De 3 collectieve verwarmingsvarianten ontlopen elkaar weinig qua kosten over een looptijd van 30 jaar, maar zijn allen duurder dan de optie van gas. Gezien de bouwjaaren van de woning is een lucht-warmtepomp niet mogelijk voor de gemiddelde woning zonder een forse isolatie en aanpassing van de warmte-afgifte. Dit vraagt een forse investering van de bewoner van de Merenwijk, die je niet op korte termijn van de bewoners kunt vragen, zou men een desinvestering in het gasnet willen voorkomen. Deze variant achten wij om die reden niet logisch. Een variant met een collectief net is logischer.

Tabel 6.1 Vergelijking varianten op kwalitatieve termen

	Variant 1 (to-taal MT)	Variant 2 (bron+MT)	Variant 3 (bronnet)	Luchtwarm-tepomp	Gas
Investeringskosten (relatief ten opzichte van elkaar)	+	+	0	-	++
Afhankelijkheid van grote partij	--	--	+	++	--
Aan te sluiten op leiding door het midden	++	-	--	--	Nvt
Oppervlaktewater aan te sluiten	-	++	++	--	Nvt
Ruimtebeslag in woning	++	++	--	--	+
Levensduur net	0	+	++	Nvt	--
Invloed latere woningisolatie op systeem	--	-	++	++	++
Combineerbaar met andere variant	-	++	++	--	--
Duurzaamheid	+	+	++	+	--

	Variant 1 (to- taal MT)	Variant 2 (bron+MT)	Variant 3 (bronnet)	Luchtwarm- tepomp	Gas
Toekomstbesten- dig	0	0	++	++	--
Koeling mogelijk na aanpassing afgifte in woning	--	--	++	++	--
Variabele kosten koeling	nvt	Nvt	++	--	+
Eenvoud van aanleggen van net	--	-	++	Nvt	Nvt

Op basis van toekomstbestendigheid en wenselijke eigenschappen van een verwarming- en koelsysteem, zouden wij een bronnet aanraden (scenario 3). Dit bronnet scenario kun je zien als dé nieuwe infrastructuur in plaats van gas, waarbij iedere bewoner een vast tarief betaalt afhankelijk van de aansluitgrootte. De bewoner heeft zelf nog alle stimulans om te proberen de woning te isoleren of de radiatoren op termijn te vervangen, omdat hij zelf de variabele kosten betaalt in de vorm van elektriciteitsverbruik voor de warmtepomp. Ook is de business case veel minder gevoelig voor een afnemende energievraag. Bij een HT of MT-warmtenet neemt het aandeel van het warmteverlies toe bij afnemende warmtevraag (waardoor de op te wekken warmte per GJ duurder wordt), terwijl dit bij een bronnet niet het geval is. Het bronnet kan hetzij door een buurtcollectief gedragen worden, hetzij door een warmtenetbeheerder (bijvoorbeeld Firan). Voor de bewoner die wil (en investeert in de warmte/koude afgifte in zijn woning), wordt het daarmee ook mogelijk om passief te koelen.

Het bronnet is bovendien redelijk flexibel qua bronnen, dat kan warmte van de RWZI of van oppervlaktewater zijn, met een lokale WKO in de wijk.

In alle gevallen is er een onrendabele top, waarvoor financiering gezocht dient te worden.

Tabel 6.2 Totale investering per variant teruggerekend naar investering per huishouden, zonder rekening te houden wie die kosten daadwerkelijk draagt.

	Investering van huis- houden [EUR excl. BTW]	Investering collectief deel teruggerekend naar huishouden [EUR excl. BTW]	Investering totaal per huishouden [EUR excl. BTW]
Variant 1: Volledig MT	11.045	21.274	32.319
Variant 2: Bronnet+MT	11.045	21.043	32.088
Variant 3: Volle- dig bronnet	22.880	17.164	40.044
Luchtwarmtepomp	35.709	0	35.709

Tabel 6.3 CO₂-besparing per huishouden en totale Merenwijk, uitgaande van HUIDIG gemiddelde CO₂-emissie van stroom van het elektriciteitsnet

Variant	Besparing [kg CO ₂ /huishouden/jaar]	Besparing Merenwijk [ton CO ₂ /jaar]
Middentemperatuurnet	640	2541
Wijk-warmtepomp	640	2541
Lucht-warmtepomp	640	2541
Bronnet met warmtepomp in woning	898	3569

6.2 Aanbeveling

In algemene zin doen wij de volgende aanbevelingen om te komen tot een gasloze Merenwijk:

- De gemeente Leiden dient gezien de leeftijd van het gasnet in de Merenwijk in te zetten op een gasloze voorziening van de wijk. Een collectieve aanpak bevordert het voorkomen van een desinvestering voor Liander (uiteindelijk is het allemaal collectief geld)
- Sluit Liander aan in dit traject
- Betrek de bewoners. Zonder draagvlak bij de bewoners geen succesvol project
- Probeer tot een gezamenlijke projectaanpak te komen
- Werk de variant met WKO in de wijk én warmtepomp in de wijk uit, en doe hetzelfde met WKO in de wijk én warmtepomp in de woning. Dit kan eenvoudig tegelijkertijd. Hiervoor dienen de volgende punten uitgezocht te worden:
 - Wat is de benodigde retour- en aanvoertemperatuur voor verwarming van de woning voor representatieve woningen. Wat is de maximale comfortabele debiet in de verwarmingsbuizen?
 - Wat zijn de ideale plekken voor een dergelijke wijk WKO en eventuele wijk warmtepomp?
- Onderzoek welke partijen zich kunnen vinden in de voorgestelde aanpak voor de exploitatie
- Zoek naar subsidiebronnen (Europees, landelijk of provinciaal)
- Start met een pilot in het zuid-westen van de wijk. In dit gedeelte zijn de gasleidingen grotendeels afgeschreven. Bovendien bevindt het zich dicht bij de rioolwaterzuivering én het onderstation Leiden-Noord. De beoogde cluster grootte is nog wat groter dan alleen het woningbouwcorporatie-bezit. Het uitgangspunt zou moeten zijn, dat de bewoners niet duurder uit zijn dan anders, maar ook dat de eersten niet bevoordeeld of benadeeld worden ten opzichte van de bewoners die pas later aangesloten kunnen worden

Wij zien de volgende ingrediënten voor een pilot:

- Warmtewinning bij zuivering
- WKO (technisch gezien nog niet nodig in pilot, maar voor uitrolperspectief belangrijk)
- Focus op temperatuurbereik en woningaanpassingen
- Liefst 2 clusters, corporatiebezit + nog een cluster
- Eventueel zouden variant 2 en 3 uitgerold kunnen worden, ieder in een cluster, maar voorkeur voor bronnet
- Gelijk gas eruit, dus 100% participatie gewenst
- Gelijktijdig e-net versterken, maakt het project als pilot extra sterk

De Merenwijk is inmiddels meer dan 40 jaar geleden gebouwd. Doel moet zijn om de energie-infrastructuur van de Merenwijk klaar te maken voor de volgende 40 jaar.

Bijlage 1 Visie van warmtenetbeheerders

Bijlage 1a Vattenfall

Op 4 februari '21 heeft een gesprek plaatsgevonden met Michiel Houwing van Vattenfall, waarbij ook Martijn Spaan van de gemeente Leiden aanwezig was. Gesproken is over het bestaande warmtenet van Vattenfall in Leiden en de kansen en mogelijkheden voor verdere uitbreiding van dit net in de Merenwijk c.q. de kansen en mogelijkheden om het warmtenet uit te breiden en ook andere warmtebronnen te benutten, waaronder de restwarmte van de RWZI nabij de wijk.

Vattenfall staat open voor invoeren van andere warmtebronnen op haar bestaande net, waarbij concreet voor de Merenwijk het idee zou kunnen zijn om een ringnet aan te leggen en middels wijkopwekstations bepaalde buurten via een secundair net aan te sluiten. Het huidige warmtenet van Vattenfall heeft op dit moment geen uitbreidingsruimte, ook niet om voor een separaat in een piek en backup te kunnen voorzien. Als de zogenaamde Leiding door het Midden (LdM) gerealiseerd is, zou die capaciteit er wel weer moeten zijn. Vattenfall heeft aangegeven dat zij een leverings- en distributiebedrijf is en heeft vanuit dat oogpunt de voorkeur voor 'eigen' leidingen in de Merenwijk. Leidingen van een andere beheerder zijn geen ondenkbare optie, maar hebben vanuit Vattenfall niet de voorkeur. Dit heeft onder andere te maken met regie en aansprakelijkheid. Wat betreft Vattenfall kan zowel warmte uit de LdM als warmte vanuit de RWZI naast elkaar bestaan en hoeft een mogelijk lagere inkoopprijs voor warmte uit de LdM als bron niet per sé te leiden tot het niet meer inkopen van warmte van de zuivering.

In een positiepaper heeft Vattenfall onlangs haar sterke voorkeur uitgesproken voor Midden Temperatuur (70°C/40°C) warmtenetten als oplossing voor verduurzaming van de bestaande bouw.

Bijlage 1b Eneco

Op 24 februari '21 heeft een gesprek plaatsgevonden met Trude Buitenhuis van Eneco, nadat Eneco bij de gemeente had aangegeven graag mee te willen denken in de mogelijkheden voor een warmtenet in de Merenwijk.

Technisch gezien is voor de realisatie en exploitatie van een warmtenet voor Eneco een bepaald percentage aansluitingen een voorwaarde, waarbij het meedoen van woningcorporaties een pré is. De combinatie van een warmtenet met een piek- of middellastvoorziening door een andere bron is interessant en belangrijk, maar de gevraagde piek door het warmtenet ziet Eneco als een belangrijk(er) element voor de haalbaarheid. Een ideale omvang van een warmtenet behelst in de optiek van Eneco circa 1.000 woningen, waarbij een hoofdnet met secundaire netten een goed denkbare invulling is.

Organisatorisch heeft Eneco de voorkeur om warmte-inkoop, transport en distributie en ook de aflevering als geheel bij haar onder te brengen. Hierbij heeft Eneco de voorkeur voor het technisch eigendom van het warmtenet en de aansturing van het net (operator), waarbij participatie zeker niet wordt uitgesloten. Eneco is echter geen voorstander van een zogenaamd gesplitst model.

Bijlage 1c Firan

Op 25 februari '21 is een gesprek gevoerd met Theo Voskuilen en Andre Schiltmans van Firan. Aanleiding hiertoe was het zogenaamde MES-concept dat Firan propageert. Dit betreft een Modulair Energie Systeem, dat is gebaseerd op een open-netten-strategie. Firan probeert met dit concept aan te sluiten bij bepaalde urgenties in de wijk. Als er bepaalde ingrepen zijn voorzien (rioolvervanging of een renovatie-opgave) is het de overweging waard om in dat deel van de wijk alvast een warmtenet aan te leggen en deze te voeren met een al dan niet tijdelijke bron. Op deze manier kan een warmtenet als een groei-model in de wijk worden gerealiseerd, waarbij Firan als minimale eenheid circa 300 – 400 woningen met deel-warmtenet hanteert.

Interessante vraag is of het bestaande warmtenet van Vattenfall verder uitgeoeld kan worden. In dat geval zou de huidige retourleiding van Vattenfall als een gecascadeerd warmtenet benut kunnen worden voor de Merenwijk.

Organisatorisch ziet Firan een gesplitst model voor zich, waarbij zij de rol van netbeheerder kunnen en willen vervullen.

Bijlage 2 Verwarmingstechnologie

Introductie

In zijn algemeenheid wordt gezegd, dat het noodzakelijk is om te isoleren, of “alleen een huis met label A of B is geschikt om te verwarmen met individuele warmtepompen”. Dat is echter niet de hele waarheid. De doorslaggevende factor voor de mogelijkheid van individuele warmtepompen (maar ook warmtenet opties) is de benodigde aanvoer- en retourtemperatuur van de verwarming om het huis warm te krijgen. De aanvoertemperatuur is de temperatuur die de ketel levert, de retourtemperatuur is de temperatuur die terug naar de ketel komt, nadat deze is gebruikt om het huis te verwarmen. In de jaren 70 was de radiator de meest gekozen optie voor verwarming. De bijzonderheden van de radiator worden in de onderstaande paragraaf besproken. Vervolgens wordt in paragraaf 15647948.12.0.516924360.-1093609382 verder uitgewerkt hoeveel procent van het oorspronkelijke vermogen nog afgegeven kan worden met verlaagde aanvoertemperatuur.

Factsheet radiatoren

Beschrijving

Radiatoren kunnen zowel elektrisch zijn als gebruik maken van warm water. Onderstaande factsheet gaat in op watergedragen systemen, aangezien die het meest voorkomend zijn. Om de warmte zo goed mogelijk via de radiatoroppervlakte aan de omgeving af te geven, moeten radiatoren een goede warmtegeleiding hebben en bestaan daarom meestal uit metaal.

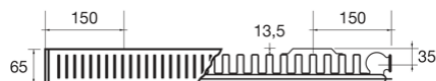
De werking van radiatoren is gegeven in de naam. Warmteoverdracht vindt primair plaats door straling (radiatie). Om een goede stralingsoverdracht te krijgen is een groot oppervlakte gericht naar de te verwarmen ruimte wenselijk. Daarnaast is een hoge aanvoertemperatuur gewenst, omdat de hoeveelheid over te dragen stralingswarmte toeneemt met de 4^e macht van de temperatuur (in graden Kelvin).



Voorbeeld van een radiator

Typen radiatoren

Radiatoren geven niet alleen warmte af door straling, maar warmte wordt ook overgedragen door (natuurlijke) convectorie. Dat is de overdracht ten gevolge van de luchtstroming die ontstaat door het temperatuurverschil. Daarnaast is er nog geleiding, maar dat effect is voor radiatoren minimaal. Om de warmteoverdracht toe te laten nemen, worden er vaak nog lamellen aan de achterkant van de radiatorplaat aangebracht. Deze dienen in het bijzonder om de warmteoverdracht door convectorie toe te laten nemen. Dit heeft geleid tot een aantal standaard types, welke geïllustreerd zijn in de bovenstaande figuur.



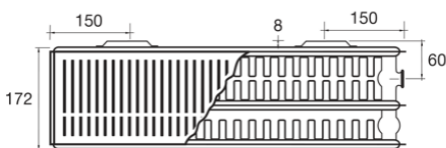
Type 11



Type 21s



Type 22



Type 33

Een aantal veel voorkomende radiator types [Radson.com].

Het eerste getal staat voor het aantal stralingspanelen. Het tweede getal staat voor het aantal convectielamellen. Het meest simpele type is type 10. Dat bestaat uit 1 rechthoekig paneel en geen convectielamellen. Type 11, heeft 1 stralingspaneel, en 1 convectielamel, en type 21 heeft twee verticale panelen en 1 convectielamel. Naast deze “moderne” radiator types zijn er nog oudere types, die wellicht ook nog in de Merenwijk voorkomen, zie de onderstaande foto. Deze radiatoren hebben vaak een grote waterinhoud en grote thermische massa, waardoor ze een grote traagheid hebben. Een moderne radiator met hetzelfde oppervlak zal normaliter meer vermogen afgeven.



Voorbeeld oude radiator

Daarnaast komt men ook wel de term “convectorradiatoren” tegen, maar dit zijn geen radiatoren, maar convectoren.

Eigenschappen

Doordat radiatoren gebruik maken van straling als één van de warmteoverdrachtsmechanismen, wordt een persoon die voor de radiator zit al warm, voordat de lucht warm is. Deze stralingswarmte wordt vaak als aangenaam ervaren, zeker door ouderen. Het gevolg kan zijn dat de gevoelstemperatuur hoger is bij radiatoren, dan bij andere types van verwarming. Bovendien zal een radiator (indien, niet ingebouwd) ook zorgen voor directe aanstraling van de muren, die daarmee in principe ook niet meer koud aanvoelen. Dit is ook een nadeel, aangezien de muur achter de radiator hierdoor behoorlijk warm wordt, en zal zorgen voor excessieve warmteverliezen (zeker bij enkelsteensmuren of dubbelsteensmuren met spouw, maar zonder isolatie).

Er wordt nog wel eens als argument aangevoerd dat radiatoren relatief traag en energie-inefficiënt reageren, in vergelijking met convectoren omdat ze een wat hoger watervolume hebben. De reactiesnelheid is echter vele malen van factoren hoger dan bij vloerverwarming. De traagheid kan in het bijzonder leiden tot een redelijke overshoot van de ingestelde temperatuur. Er moet echter gemeld worden, dat modernere thermostaten hiermee overweg zouden moeten kunnen. Radiatoren zijn vaak overgedimensioneerd. Om die reden is het mogelijk om in de nacht de temperatuur te verlagen, en deze vaak binnen een uur weer op de gewenste dagtemperatuur te krijgen. De opkomst van moderne thermostaten maakt het mogelijk om deze opwarmcurve in te programmeren of zelf aan te laten leren, waardoor een wat langzamere opwarmcurve geen probleem hoeft te zijn.

Naar lage temperatuur

Zoals reeds aangegeven zijn radiatoren bedoeld voor hoge aanvoertemperatuur. Bij lagere aanvoertemperatuur daalt het afgegeven vermogen significant. Er zijn tabellen beschikbaar die aangeven hoe sterk dit verband is, hier zal in paragraaf 15647948.12.0.516924360.-1093609382 verder op ingegaan worden. Het kan ook benaderd worden door aan te nemen dat de radiator een pure straler is.

Het is bij bestaande panden interessant om te kijken in hoeverre de aanvoertemperatuur naar de radiatoren naar beneden kan, aangezien het vermogen overgedimensioneerd is. Dit is echter gelimiteerd.

Om dan alsnog voldoende verwarmingsvermogen te leveren zijn er drie opties:

- 1) Monteer ventilatoren op de radiatoren, om de warmteoverdracht te verhogen. De climatebooster (climatebooster.nl) is hier een voorbeeld van. Deze zijn vooral toepasbaar voor 2 en 3 bladige radiatoren (type 20, 21, 22, 31 etc) en niet voor enkelbladige radiatoren. De aanvoertemperatuur kan volgens de fabrikant hiermee met circa 15°C worden verlaagd. Dit kan soms net genoeg zijn om wel met een warmtepomp uit de voeten te kunnen.
- 2) Schakel een andere warmteopwekker na de radiator (bijvoorbeeld luchtverwarming).
- 3) Vervang de radiator door een "grotere" (dit kan ook van type 11 naar type 21 zijn met zelfde overige maten, of een ander warmte-afgiftesysteem, bijvoorbeeld een convector of vloerverwarming (deze laatste is in de Merenwijk alleen mogelijk na ingrijpende renovatie)

Invloed van aanvoer- en retourtemperatuur op het door de radiator afgegeven vermogen

Zoals hierboven ook reeds aangegeven is de aanvoer- en retourtemperatuur naar de radiator zeer belangrijk voor het af te geven vermogen. De invloed hiervan is aangegeven in onderstaande tabel, waarbij een aanvoertemperatuur van 80°C en een retourtemperatuur van 60°C als 100% is gedefinieerd.

Wanneer deze radiator op een middentemperatuurnet van 70°C/40°C aangesloten zou worden, dan kan deze radiator nog 58% van het vermogen afgeven. Bij 65°C/45°C (meer representatief voor een eigen bronwarmtepomp in de woning) kan 61% van het vermogen afgegeven worden.

Wanneer het technisch mogelijk is om een woning met een aansluiting op een 70/40 net te verwarmen, dan is het ook technisch mogelijk om een eigen bronwarmtepomp in de woning toe te passen.

Bij een aanvoertemperatuur van 55°C en retour temperatuur van 35°C is dat slechts 38% van het oorspronkelijk vermogen.

Het is duidelijk dat als de woning zich nog in de originele staat bevindt, dat een aanvoertemperatuur van 55°C, lees een (niet hybride) lucht-waterwarmtepomp, niet mogelijk is voor de woning zonder woningaanpassingen.

Zelfs met alleen isolatiemaatregelen en dus zonder aanpassingen aan het warmte-afgifte systeem is dat een uitdaging. Dit wijst erop dat voor lucht-water warmtepompen aanpassingen aan het warmte-afgifte systeem sowieso noodzakelijk is.

Het is echter ook niet zeker, dat een temperatuurregime van 70/40 voor iedere woning zonder meer mogelijk is. Het wordt aangeraden dit in de pilot te onderzoeken.

Invloed van aanvoer- en retourtemperatuur van de verwarming op het af te geven vermogen bij een ruimtemtemperatuur van 20°C, op basis van informatie van Radson.

Aanvoertemperatuur [°C]	Retourtemperatuur [°C]	Percentage van oorspronkelijk geïnstalleerd vermogen [%]
90	70	125
80	60	100
70	40	58
65	45	61
55	35	38
55	45	51
65	55	75

Het is echter ook goed om op te merken dat radiatoren qua grootte vaak gelijk gekozen worden met de breedte van het raam (dat is geen toeval, dat voorkomt de koudeval), maar daarmee is het zeker mogelijk dat de verwarming deels gedimensioneerd werd op de breedte van het raam en niet zozeer op het benodigde vermogen voor de ruimte. Het is raadzaam om per woningtype een referentiewoning te

kiezen en te kijken wat er mogelijk is in termen van aanvoer- en retourtemperatuur verlaging en waar de belemmeringen zitten.

Voor deze studie zullen we uitgaan dat vervanging van enkele radiatoren nodig zal zijn. Hiervoor wordt in deze haalbaarheidsstudie gerekend met een stelpost van 3000 euro (excl. BTW) bovenop de reeds begrootte 1500 euro voor nieuw inpandig leidingwerk (excl. BTW).