Gemeente Amsterdam

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Haalbaarheidsonderzoek Aquathermie Sloterplas

Wijkplan

Paul Hospers

8 juli 2022

Westpoort Warmte

Provincie Noord-Holland

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

1 Introductie **4**

1.1 Aanleiding en achtergrond 4

1.2 Context 5

1.3 Partijen 6

1.4 Opzet en doel 7

1.5 Onderzoeksvragen 7

1.6 Leeswijzer 8

2 Huidige situatie **9**

2.1 Sloterplas 9

2.2 Stadswarmte 10

2.3 Centrum Nieuw West 11

2.4 Oostoever 13

2.5 Beleid en opgaven 14

2.6 Aandachtspunten & afwegingen 16

3 Vraag & aanbod **17**

3.1 Stadswarmte 17

3.2 Centrum Nieuw West 19

3.3 Oostoever 22

3.4 Schetsontwerpen 25

3.5 Aandachtspunten & afwegingen 26

4 Duurzame warmtevergelijking **28**

4.1 Businesscase 28

4.1.1 Stadswarmte 28

4.1.2 Centrum Nieuw West 29

4.1.3 Oostoever 30

4.2 TTK-analyse 34

4.3 Risico's en optimalisaties 37

4.4 Aandachtspunten & afwegingen 40

5 Organisatie Warmteketen **42**

5.1 Projectorganisatie 42

5.2 Opties warmteketen 42

6 Conclusies en vervolg **44**

6.1 Conclusies 44

6.2 Vervolg 46

Bijlagen **47**

A. Notitie Inventarisatiefase d.d. 25-04-22

B. Notitie Variantenanalyse d.d. 25-04-22

C. Fasedocument Schetsontwerp d.d. 16-06-22

D. Fasedocument Financiële analyse d.d. 01-07-22

E. TKK Centrum Nieuw West d.d. 07-07-22

F. TKK Oostoever Sloterplas d.d. 01-07-22

Samenvatting

De Sloterplas is een voormalige Amsterdamse zandwinplas gelegen in het midden van het stadsdeel Nieuw-West. Vanuit de gemeente Amsterdam en Waternet is het idee ontstaan om warmte en koude te winnen uit de Sloterplas om hiermee de omliggende gebouwen en woningen duurzaam te verwarmen. Het winnen van warmte uit oppervlaktewater wordt aquathermie genoemd en komt via warmte-koude opslag (WKO), een warmtenetwerk en warmtepompen bij de gebruikers terecht. De gemeente Amsterdam wil de mogelijkheden van thermische energie uit water voor de transitie naar een duurzame energievoorziening verkennen en realiseren. Waternet heeft nog een andere drijfveer. Uiterlijk in 2027 moet al het water in Europa schoon en gezond zijn, echter de Sloterplas voldoet hier nog niet aan. Waternet wil onderzoeken of het middels aquathermie mogelijk is, de hoeveelheid van nutriënten te verminderen en daarbij de waterkwaliteit van de Sloterplas te verbeteren.

In dit rapport worden drie casussen behandeld; bestaande buurt Oostoever, nieuwbouw Centrum Nieuw West en Stadswarmte van Vattenfall. Deze drie casussen zijn gekozen om in een breed spectrum te laten zien waar in Amsterdam aquathermie als warmtebron gebruikt kan worden voor de bebouwde omgeving. Per casus zijn systeem varianten opgesteld voor nader onderzoek van de businesscase. Deze varianten zijn als volgt:

- Stadswarmte: MT-warmtepomp die die 70°C levert aan de warmteoverdracht station (WOS);
- Centrum Nieuw West: ZLT-bronnet met een warmtetraject van 35/50°C;
- Oostoever: ZLT-bronnet (warmtetraject 50/30°C), LT-warmtenet (50/30°C) en een MT-warmtenet (warmtetraject 70/40°C).

Per casus is ook de vraag- en aanbodzijde in beeld gebracht. Voor Centrum Nieuw West is de nieuwbouw ontwikkeling al ver. Dit zorgt ervoor dat voor een deel van de nieuwbouw de planning niet samen zal lopen met dat van het aquathermie systeem. Tijdens dit project is daarom voornamelijk gefocust op de nieuwbouw van de oude en nieuwe locatie van theater de Meervaart en wellicht nog een of enkele gebouwen. Verder is gebleken dat het een uitdaging gaat zijn om de benodigde technische ruimtes (25-250 m2) in de openbare ruimte in te passen. Er zijn geen aspecten met betrekking tot de bodempotentie naar voren gekomen die de uitvoering van een mogelijk TEO-systeem zouden kunnen belemmeren. Wel dient er sturing te gaan plaatsvinden op WKO's vanuit de gemeente om te voorkomen dat de bodem te vol komt te zitten.

De businesscases zijn per casus uitgevoerd voor de verschillende varianten. Hierbij zijn per casus drie volloopscenario's (laag, midden en hoog) meegenomen. Voor de casus Stadswarmte is naar voren gekomen dat het warmtetarief in alle drie de scenario's aanzienlijk hoger ligt dan de inkoopprijs die Vattenfall nu betaald voor restwarmte. Met technische optimalisatie, het inzetten van een hybride systeem (aquathermie voor de basislast en stadsverwarming als piekvoorziening) en het verwerven van SDE++-subsidie is bij voldoende schaalniveau tot een redelijke warmteprijs te komen. Het is echter een uitdaging om dit schaalniveau te kunnen halen. Financieel gezien lijkt een aquathermie systeem voor de casus Centrum Nieuw West haalbaar. Het systeem is modulair op te bouwen, de verschillen tussen de scenario's zijn beperkt. Dit biedt mogelijkheden voor een systeem met een relatief beperkte omvang. De resultaten voor de casus Oostoever verschillen aanzienlijk van elkaar. Een ZLT-bronnet heeft de hoogste bijdrage aansluitkosten (BAK), door de kosten voor het plaatsen van individuele

warmtepompen. De verschillen tussen een LT- en MT-warmtenet zijn relatief klein. De BAK is gelijk, maar de energiekosten die de bewoner/gebruiker betaald is wel is bij een MT-warmtenet hoger. Bij een ZLT-bronnet en LT-warmtenet zijn er ook nog kosten voor het aanpassen en verduurzamen van de woningen. Met deze kosten meegenomen betaalt de bewoner over de gehele levensduur ongeveer hetzelfde bij een LT-warmtenet als bij een MT-warmtenet.

Vanuit de gemeente Amsterdam is een totale ketenkosten analyse (TKK-analyse) uitgevoerd. Deze methode kijkt naar de totale maatschappelijke kosten voor verschillende warmtesystemen en vergelijkt de TKK van aquathermie met die van andere duurzame bronnen op woningniveau. Afweging vind plaats op kosten, energie en CO_2 uitstoot en is uitgevoerd voor Centrum Nieuw West en Oostoever.
De TKK-analyse Centrum Nieuw West toont weinig verschil in kosten tussen individuele warmtepompen. Stadswarmte en aquathermie. Aquathermie scoort het beste qua duurzaamheid en kan ook koude leveren. De TKK-analyse van Oostoever laat zien dat de varianten dicht bij elkaar liggen. Een individuele warmtepomp per pand geeft de laagste kosten, de verschillen met de verschillende collectieve varianten zijn klein.

Voor de risico's en optimalisaties van de berekeningen van de business-case is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de BAK. De uitgangspunten die zijn meegenomen zijn CAPEX, elektriciteitstarief, warmtetarief, rendementseis, SDE++-subsidie en de mogelijkheid tot piekvoorziening met een gasketel of stadsverwarming. De resultaten laten zien dat met name SDE++-subsidie en piekvoorziening op alle businesscases een positief effect hebben op de BAK. Verder heeft het warmtetarief een grote invloed op de uitkomsten van de business-case, aangezien dit samen met de BAK een groot deel van de inkomsten van de exploitant vormt.

Een belangrijk onderdeel in de haalbaarheid en realisatie van een aquathermie systeem is de organisatie van de warmteketen. Er zijn een aantal opties mogelijk. Ten eerste één eigenaar die over alles beslist en verantwoordelijk is voor de gehele keten. Een tweede optie is om het warmtenetwerk publiekelijk eigendom te maken, waarbij de bron en levering van warmte door andere partijen kunnen worden ingevuld. Een derde optie is dat een bewonerscoöperatie (een deel van) de warmteketen verzorgt.

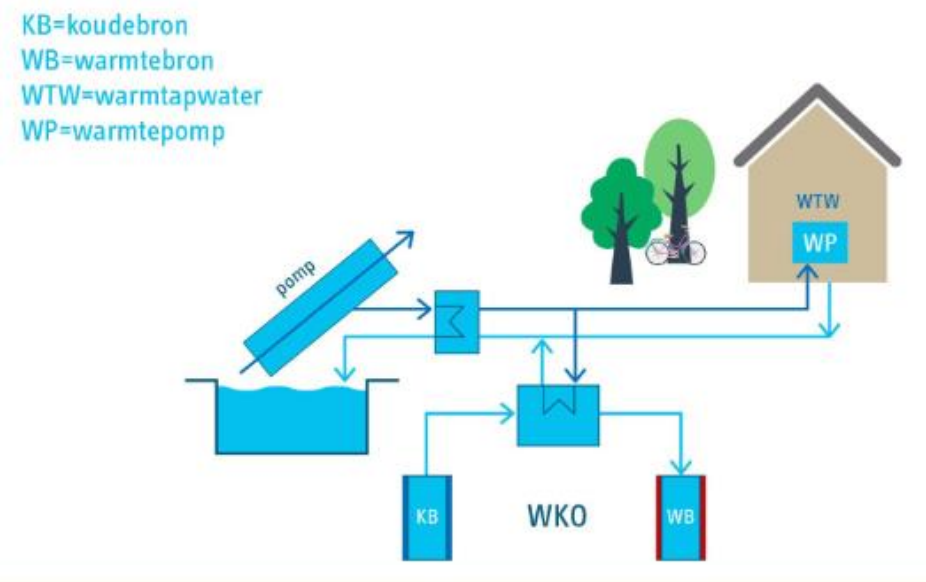
De conclusies van het onderzoek zijn in het kort als volgt.
De Sloterplas heeft een potentie om de hele gebouwde omgeving rondom de Sloterplas van warmte en koude te voorzien. Technisch is het leveren van warmte en koude vanuit de Sloterplas goed mogelijk. Voor nieuwbouw en voldoende geïsoleerde bestaande bouw is het leveren van warmte en koude vanuit de Sloterplas economisch haalbaar. Als bron voor het stadswarmtenet geeft aquathermie relatief hoge warmteprijzen. Voor het Centrumgebied Osdorpplein kan aquathermie een mooie bron voor warmte en koude zijn voor de nieuwe Meervaart, de locatie oude Meervaart en liefst andere te ontwikkelen gebouwen in het gebied. Voor de buurt Oostoever is er enthousiasme en een lopend buurtproces om tot een duurzame warmte-transitie te komen vanuit de coöperatie Duurzaam Oostoever. Een collectief buurtsysteem (lage of midden temperatuur) komt als voorkeur naar voren.

1 Introductie

1.1 Aanleiding en achtergrond

Rond de Sloterplas in Amsterdam West zijn de te ontwikkelen locatie Centrum Nieuw West, de bestaande wijk Oostoever en een deel van het bestaande stadswarmtenetwerk gelegen. Vanuit de gemeente Amsterdam en Waternet is het idee ontstaan om warmte en koude te winnen uit de Sloterplas en deze te gebruiken om woningen en andere gebouwen te verwarmen en koelen. Het winnen van warmte uit oppervlaktewater wordt Aquathermie of TEO genoemd. Een schematische weergave van het systeem is opgenomen in Figuur 1.

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO of aquathermie) maakt gebruik van warmte- en koude-energie uit oppervlaktewater om de gebouwde omgeving te voorzien van warmte- en koude-energie. Deze heeft warmte nodig voor ruimteverwarming en tapwater. In de zomer wordt warmte gewonnen bij een watertemperatuur van 15-25°C. Dit wordt opgeslagen, waarbij voornamelijk gebruik wordt gemaakt van een Warmte- Koudeopslag (WKO) (Netwerk Aquathermie, sd). Koude wordt momenteel voornamelijk in de winter gewonnen, wanneer het oppervlaktewater tussen de 4-8°C is. Aan de hand van een warmtepomp wordt bij warmte-energiewinning de temperatuur opgewaardeerd en middels een distributienet en afgiftesysteem afgeleverd bij gebruikers (Scholten, Kruit, Van de Water, Nieuwenhuijse, & Wielders, 2019). Doordat er sprake is van lage temperaturen, zal warmte worden opgewaardeerd naar een temperatuurniveau van 40-70°C. Dit is geschikt voor de verwarming van de bebouwde omgeving en tapwater (Scholten, Kruit, Van de Water, Nieuwenhuijse, & Wielders, 2019).



Figuur 1 Schematische weergave van aquathermie (ROM3D & Inenergie, sd)

De gemeente Amsterdam werkt aan de warmtetransitie, op weg naar een aardgasvrije gemeente in 2040. Hiertoe is in 2016 de City Deal 'Naar een stad zonder aardgas' gesloten. Om hier uitvoering aan te geven is vervolgens een systematiek van Wijken Aardgasvrij maken (WAM!) ontwikkeld. Deze richt zich op een buurtgerichte, gefaseerde aanpak. Ook is er een transitievisie warmte opgesteld die aangeeft hoe en in welk tempo wijken en buurten aardgasvrij kunnen worden.

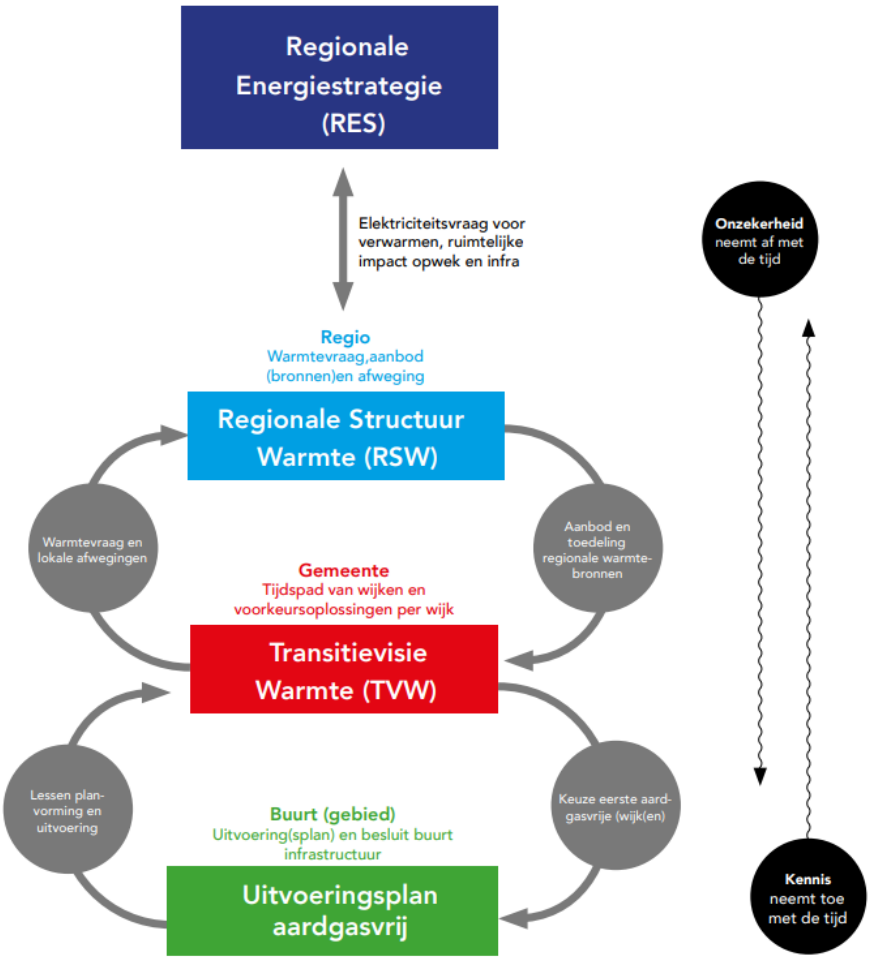
De optie van verwarming met aquathermie voor verschillende casussen wordt beschreven en afgewogen en komt samen met de gefaseerde, buurtgerichte systematiek van de gemeente Amsterdam.

1.2 Context

Internationaal (in het Klimaatakkoord van Parijs) en nationaal (in het Klimaatakkoord) zijn doelen gesteld om de opwarming van de aarde te beperken tot maximaal 2°C, en liefst niet meer dan 1,5 °C. Hiervoor is in Nederland afgesproken om de uitstoot van broeikasgassen waaronder CO_2 in 2030 ten opzichte van 1990 met 55 procent te verminderen en om in 2050 een volledig aardgasvrije gebouwde omgeving te hebben. Op weg daar naar toe is het doel dat een kwart van de woningen in 2030 aardgasvrij is en heeft het huidige kabinet aangekondigd dat vanaf 2026 bij nieuwe warmte-installaties mensen verplicht moeten overstappen op een duurzamer alternatief, bijvoorbeeld een hybride warmtepomp. Gemeente Amsterdam wil in 2040 aardgasvrij zijn. Hiervoor is een overgang nodig van een verwarming van de gebouwde omgeving op basis van aardgas (vooral (individuele) gasgestookte cv-ketels) naar een verwarming op basis van duurzame warmteoplossingen. In Amsterdam wordt hiervoor, in lijn met het Klimaatakkoord, gewerkt aan plannen op drie niveaus:

1. Het opstellen van een Regionale Energie Strategie (RES) waarin duurzame energiebronnen in de regio in kaart worden gebracht. Onderdeel van de RES is de Regionale Structuur Warmte (RSW), waarmee de regionale warmtevraag, de warmtebronnen en de benodigde infrastructuur in beeld worden gebracht. In de Metropoolregio Amsterdam (MRA) wordt ook in het programma Warmte-Koude aan regionale samenwerking in de warmtetransitie gewerkt.
2. De gemeente stelt een Transitievisie Warmte (TVW) op. Deze beschrijft hoe de gemeente en de betrokken stakeholders de warmtevraag op een aardgasvrije en duurzame manier gaan invullen en in welk tempo dat zal verlopen. De TVW is op 30 september 2020 vastgesteld.
3. Op het niveau van individuele wijken en buurten worden uitvoeringsplannen opgesteld voor de overgang naar aardgasvrij. Deze plannen worden door gemeente, bewoners, ondernemers en organisaties in de wijk opgesteld. Ze omvatten een keuze voor het warmtealternatief voor de buurt, welke kosten hiermee gepaard gaan en hoe er op een betaalbare manier een aardgasvrije wijk of buurt wordt gerealiseerd.

Deze aanpak is onderstaand schematisch weergegeven (Figuur 2).



Figuur 2 Samenhang RES, transitievisie warmte, uitvoeringsplan

Naast bovengenoemde achtergronden speelt als belangrijke nationale context ook nog dat in 2023/2024 de invoering van de nieuwe Wet collectieven warmtevoorziening ('Warmtewet 2.0') wordt voorzien. Deze nieuwe warmtewet zal invloed hebben op de regierol van de gemeente en de wijze waarop de partijen in de warmteketen (opwek, transport en levering van warmte) opereren.

Beleid en regelgeving op het gebied van de warmtetransitie zijn volop in beweging. De uitdaging is om binnen dat bewegende speelveld tot concrete stappen te komen om CO_2 uitstoot in de gebouwde omgeving te reduceren.

1.3 Partijen

De gemeente Amsterdam en Waternet zijn gezamenlijk initiatiefnemer voor het onderzoek naar het duurzaam verwarmen van drie casussen. Hierbij vindt een nauwe samenwerking met Vattenfall (als onderdeel van Westpoort Warmte) plaats als onderdeel van de stuurgroep en het projectteam. De doelen van de partijen zijn als volgt.

- De gemeente Amsterdam wil in 2040 aardgasvrij zijn. Deze transitie moet haalbaar en betaalbaar zijn.

- Waternet wil de mogelijkheden van thermische energie uit water voor de transitie naar een duurzame energievoorziening verkennen en realiseren. Daarbij onderzoekt Waternet namens de gemeente zowel inhoudelijk als organisatorisch een actieve rol in de warmtevoorziening in Amsterdam onder meer met betrekking tot het ontwikkelen van aquathermie-projecten.
- Vattenfall wil als beheerder van het huidige stadswarmtenet in 2040 100% duurzame warmte leveren.

Naast de initiatiefnemers en gemeente zijn er ook andere partijen van belang in het traject om tot keuzes en realisatie van een duurzame warmtevoorziening te komen. Binnen de in het onderzoek betrokken bestaande buurt Oostoever zijn de particuliere woningeigenaren woningcorporaties, Verenigingen van Eigenaren en Energiecoöperatie Duurzaam Oostoever van belang. Zij vertegenwoordigen de verschillende eigenaren van de betrokken woningen en gaan over besluitvorming over een eventuele aanpassing van complexen. Voor het te ontwikkelen Centrum Nieuw West zijn de ontwikkelaars de belangrijkste betrokkenen. Voor het aansluiten op de stadswarmte van Vattenfall zullen geen veranderingen optreden voor bewoners, aangezien hier het huidige warmtenetwerk en de temperatuur van de warmte gelijk blijven aan de huidige situatie.

Verder is Liander als beheerder van het bestaande gas- en elektriciteitsnet een belangrijke stakeholder.

1.4 Opzet en doel

In dit rapport worden drie casussen behandeld; bestaande buurt Oostoever, nieuwbouw Centrum Nieuw West en Stadswarmte van Vattenfall. Deze drie casussen zijn gekozen om in een breed spectrum te laten zien waar in Amsterdam aquathermie als warmtebron gebruikt kan worden voor de bebouwde omgeving.

De casus bestaande buurt Oostoever is gericht op het vergaren van informatie over de toepassing van aquathermie in een wijk waar woningen niet zijn aangesloten op een bronnet of warmtenet. De casus Stadswarmte is een aansluiting op een WOS (Warmte Overdracht Station) nabij de Sloterplas, om een duurzame aanvulling van warmte te hebben voor het huidige stadswarmtenet. Gezien de huidige groei van de warmtevraag en de verduurzamingsvraag kan aquathermie mogelijk in deze warmtevraag voorzien. De derde situatie is een nieuwbouw casus in Centrum Nieuw West. De nieuwbouw op deze locatie moet van warmte worden voorzien en zal ofwel aansluiten of het stadswarmtenet van Vattenfall, ofwel op een WKO met als warmtebron aquathermie.

Het doel van voorliggend document is om een bijdrage te leveren aan het afwegen van het gebruik van aquathermie voor de verschillende casussen. Hierbij wordt de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van de verwarming (en koeling) van de bebouwde omgeving met aquathermie nader onderzocht en onderbouwd.

1.5 Onderzoeksvragen

In dit haalbaarheidsonderzoek staat de volgende vraag centraal: Wat is de technische en economische haalbaarheid van de levering van duurzame koude en warmte (aquathermie) vanuit de Sloterplas aan de te ontwikkelen en bestaande gebouwde omgeving?

Onderstaande (deel)onderzoeksvragen worden beantwoord in het onderzoek:

- Welke potentie voor aquathermie is er vanuit de Sloterplas?
- Onder welke voorwaarden kan er tot levering van duurzame koude en warmte vanuit de Sloterplas aan de gebouwde omgeving worden gekomen?
- Aan welke voorwaarden moet de gebouwde omgeving voldoen voor het inzetten van duurzame koude en warmte vanuit de Sloterplas?
- Hoe kan levering van duurzame koude en warmte vanuit de Sloterplas aan de gebouwde omgeving worden georganiseerd?
- Welke concrete kansen zijn er voor realisatie?
- Welke kansen zijn er om de levering van aquathermie warmte te combineren met waterkwaliteitsverbetering?

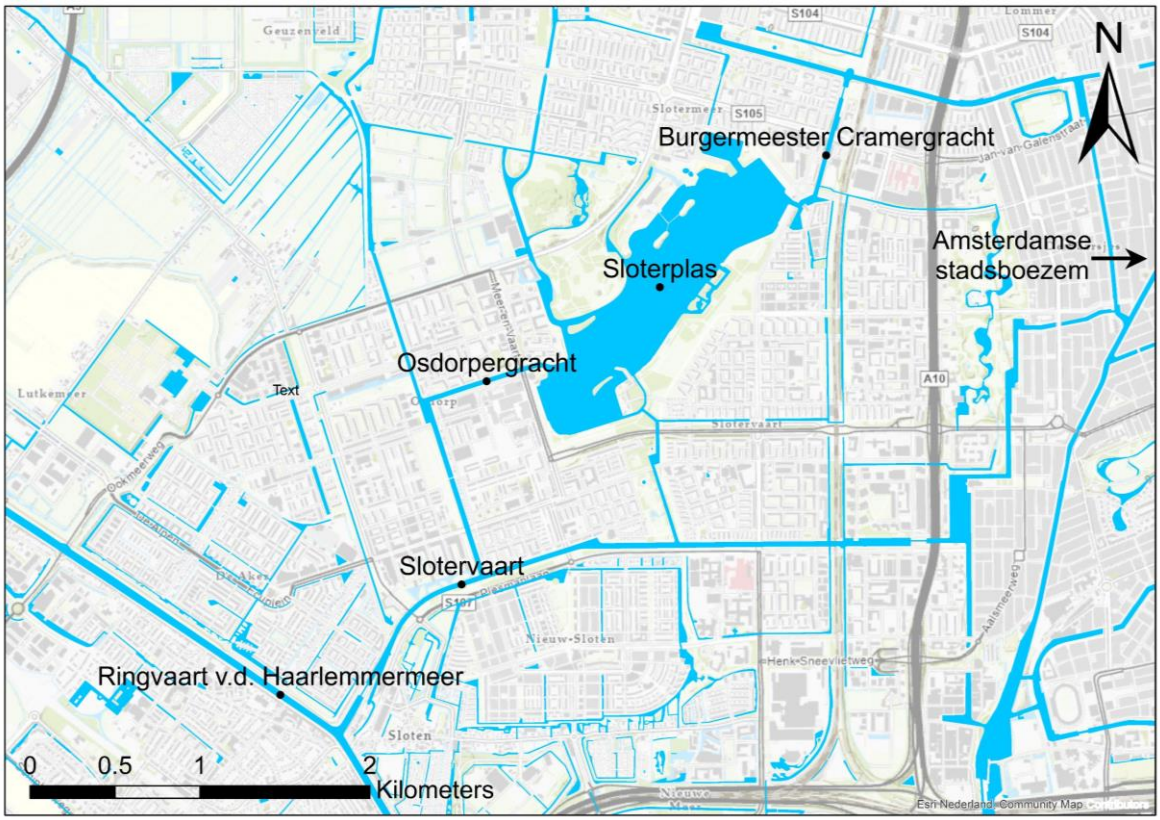
1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie beschreven. De Sloterplas en de verschillende casussen (stadwarmte, Centrum Nieuw West en Oostoever) worden beschreven. Vervolgens worden relevant beleid en opgaven in beeld gebracht. Hoofdstuk 3 richt zich op de vraag- en aanbodzijde van elke casus. Vanuit de systeemvarianten zijn schetsontwerpen gemaakt voor de drie casussen. In hoofdstuk 4 komen de businesscases, Totale keten kosten-analyse, risico's en optimalisaties aanbod. Hoofdstuk 5 bevat een beschrijving van de projectorganisatie en opties voor de organisatie van de warmteketen. Het laatste hoofdstuk 6 omvat conclusies en aanbevelingen voor het vervolg.

2 Huidige situatie

2.1 Sloterplas

De Sloterplas is een voormalige Amsterdamse zandwinplas gelegen in het midden van de Westelijke Tuinsteden, ook wel bekend als het stadsdeel Nieuw-West. Tussen 1948 en 1956 is er zand gewonnen uit de plas dat deels is gebruikt om de omliggende wijken op te hogen. Door de graafwerkzaamheden kent de plas een diepte van maximaal 35 meter en heeft het een oppervlakte van circa 90 hectare. Door de lange rechthoekige vorm van de plas kent het een maximale lengte van twee kilometer. De grote afmetingen zorgen ervoor dat de plas een potentie heeft om circa 400 TJ per jaar aan warmte te leveren. Doordat de diepte van de plas groter is dan 18 meter heeft de Sloterplas de potentie om gedurende het hele jaar koude te kunnen leveren.



Figuur 3 Ligging Sloterplas en omliggende wateren

Het waterpeil van de Sloterplas ligt op -2,10 meter NAP. De plas is via verschillende sluizen met de stadsgrachten en met de Ringvaart van de Haarlemmermeer verbonden (zie Figuur 3). Via de Burgermeester Cramergracht en de Cramersluis komt veel water de Sloterplas binnen wat afkomstig is van de Amsterdamse stadsboezem. Via de Osdorpergracht, gelegen aan de zuidwestzijde, is de Sloterplas verbonden met de Slotervaart en de ringvaart van de Haarlemmermeerpolder. In de zomer wordt er via deze route veel water aan de plas afgeleverd, terwijl in de winter er via deze route juist veel water wordt afgevoerd. Directe neerslag is na de stadgrachten de op een na belangrijkste bron van water voor de Sloterplas. Naast de afvoer van water via de Osdorpergracht zorgt wegzijging uit de

plas ook voor afvoer van water. De gemiddelde wegzijging uit de Sloterplas is 5,1 mm/dag. De plas kent geen toevoer van water door kwel.

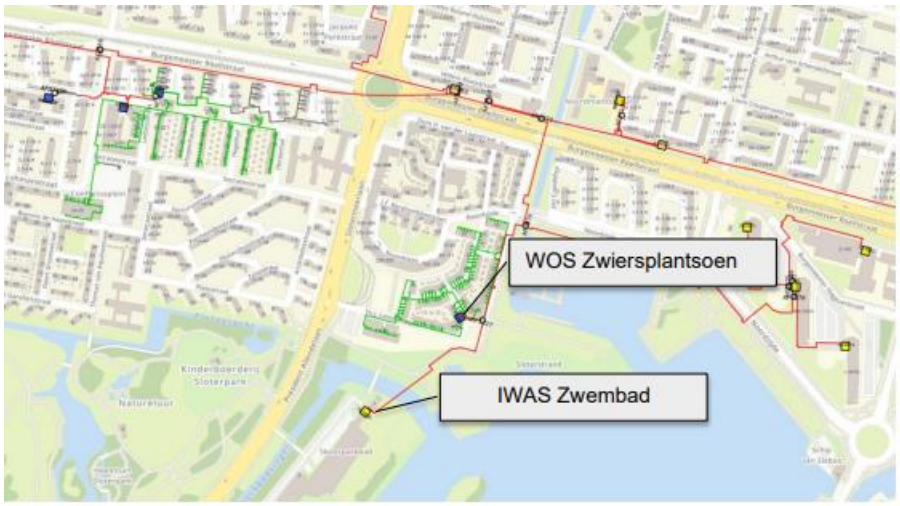
De Sloterplas en het omliggende park (Sloterpark) dienen als recreatiegebied. De plas zelf wordt gebruikt voor zeil-, kano-, hengel- en duiksport. Daarnaast ligt zowel aan de noordwestkant als aan de zuidoostkant een haventje voor zeil- en motorboten. Verder is er aan de noordoostkant van de plas een recreatiestrand met zwemgelegenheid, genaamd het Sloterstrand. Rondom de plas bevinden zich diverse horecagelegenheden en aan de oostzijde bevindt zich het Sloterparkbad. De ambitie van de gemeente Amsterdam is om de Sloterplas om te vormen tot een metropolitaan stadspark, dat ontwikkeld wordt tot recreatiegebied voor de gehele stad.

Ondanks dat er veel mogelijkheden zijn voor recreatie in de Sloterplas wordt dit in de zomer soms beperkt door de aanwezigheid van blauwalg in de plas. De aanwezigheid van blauwalg komt mede doordat de Sloterplas al jaren een onvoldoende waterkwaliteit kent. Zowel het fosfor- als stikstofgehalte lagen in de afgelopen tien jaar boven het maximale toegestane concentratie voor een goede waterkwaliteit. De hoge concentraties in combinatie met hoge watertemperaturen in de zomer zorgen voor gunstige omstandigheden voor blauwalgen. Verder dient de Sloterplas in 2027 te voldoen aan de Europese Kaderrichtlijn Water normen. Het bereiken van deze norm vergt een forse inspanning.

2.2 Stadswarmte

De casus stadswarmte is gekozen vanuit de verwachting van een toename van de warmtevraag in Amsterdam. Dit komt vanuit zowel de bestaande bouw als vanuit nieuwbouw. Verder zullen (met het oog op verduurzaming van het warmtesysteem) steeds meer bestaande woningen aansluiten op het stadswarmtenet. Deze verwachting is weergegeven in het Amsterdamse bronnenboek.

De casus van de stadswarmte richt zich op het gebied ten noordwesten van de Sloterplas. Dit gebied is verbonden aan het stadswarmtenet doormiddel van de WOS Zwiersplantsoen (Figuur 4). De WOS Zwiersplantsoen is de toevoer tot een wijknet met 165 woningen, gebouwd in de periode 2016 tot en met 2018. De huidige aanvoertemperatuur van het wijknet ligt rond de 75 °C. Aangezien de woningen met een relatief hoge temperatuur worden gevoed, is in de woning alleen een afleverset aanwezig.



Figuur 4 Ligging WOS Zwiersplantsoen

2.3 Centrum Nieuw West

Het te ontwikkelen Centrum Nieuw West, ook wel bekend als Osdorpplein was oorspronkelijk een koopcentrum op wijkniveau, maar door de jaren heen is het getransformeerd tot een groter centrum. Eerst vooral met winkels en later ook met andersoortige voorzieningen. De komende jaren wordt een groei tot ruim 200.000 inwoners in Stadsdeel Nieuw-West verwacht. Hierdoor is er vraag naar vernieuwing van het Osdorpplein tot het centrum voor heel Nieuw-West. Het gaat hierbij om meer dan het faciliteren van een winkelcentrum. Ook het toevoegen van woningen, kantoorruimtes, horeca, maatschappelijke en culturele voorzieningen horen bij de ontwikkelingen.

Centrum Nieuw West omvat het gebied tussen de Sloterplas, het Osdorpplein, L. van Sonsbeeckstraat, Hoekenes en Hoekenespad, zie Figuur 5. De ontwikkeling van Centrum Nieuw West is opgedeeld in twee fases. Fase 1 is in 2017 van start gegaan. In de afgelopen jaren zijn verschillende woningblokken en ruimtes voor detailhandel opgeleverd. Voor dit onderzoek is alleen gekeken naar de mogelijkheden van toepassing van aquathermie bij de gebouwen die in de planning staan voor fase 2, opgenomen in het document ‘Osdorpplein/Centrum Nieuw West: Stedenbouwkundig plan (SP) – fase 2’ d.d. 17-12-2020. Fase 2 bevindt zich deels nog in de planfase, en is deels al in uitvoering. Voor de delen die zich nog in de planfase bevinden is het realistischer om te kijken naar de mogelijkheden in tegenstelling tot bij fase 1 die al in uitvoering is of is opgeleverd.

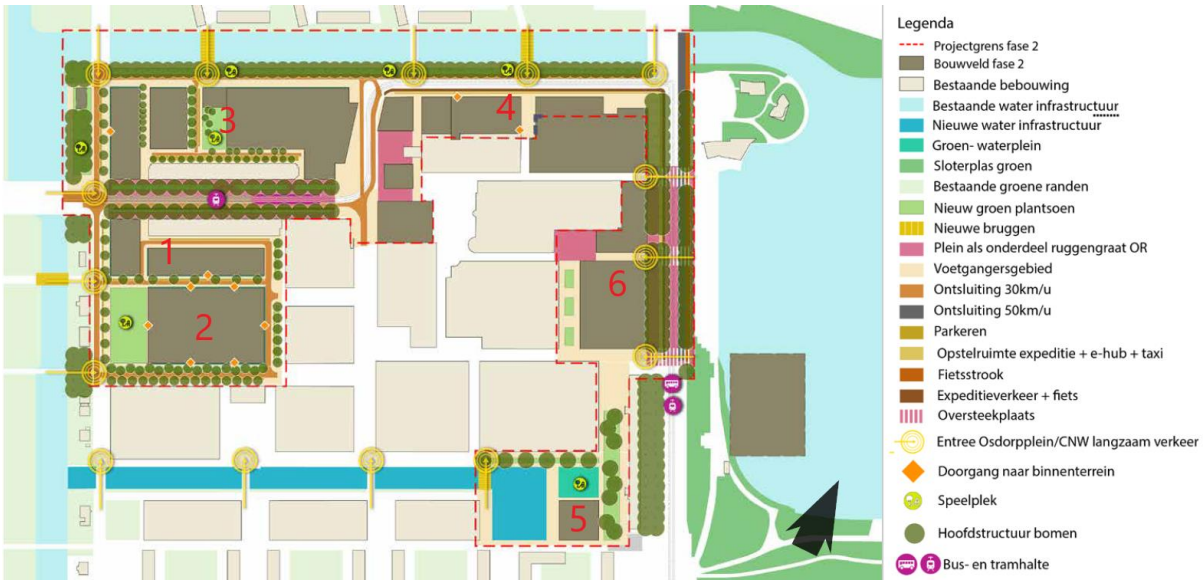
Figuur 5 Ligging Centrum Nieuw West (centrumgebied Osdorpplein)

Fase 2 biedt ruimte aan 125.000 m^2 voor wonen (ongeveer 1.250 nieuwe woningen) en 65.000 m^2 voor andere functies. In tabel 1 is de verdeling van het aantal vierkante meters per functies weergeven.

Tabel 1 Aantal vierkante meters per functie Centrum Nieuw West

Functie	Oppervlak in m^2
Wonen	125.197
Kantoren	19.500
Hotel	16.500
Bedrijf	2.840
School	3.500
Detail	6.300
Horeca	5.775
Bioscoop	2.400
Diversen voorzieningen	7.933
	189.945

De deelgebieden Tussen Meer (1), SUHA 3 (2), Noordwesthoek (3), Noordzijde Osdorpplein (4), Wilhelmina Bladergroenstraat/ Havenblok (5) en de huidige locatie theater de Meervaart (6) behoren tot de ontwikkelingen van fase 2 (zie Figuur 6). De nieuwe bebouwing krijgt een compact stedelijk karakter van meerdere bouwlagen en torens die 40 tot 60 meter hoogte kennen. De detailhandel zal zich voornamelijk bevinden op de eerste verdiepingen met daarboven woningen. Tijdens de loop van het onderzoek zijn de ontwikkelingen van de nieuwbouw ook gevorderd, wat een extra uitdaging vormt voor de aansluiting van het aquathermie systeem. Voor een aantal bouwblokken is de keuze voor een verwarmingssysteem al gemaakt.

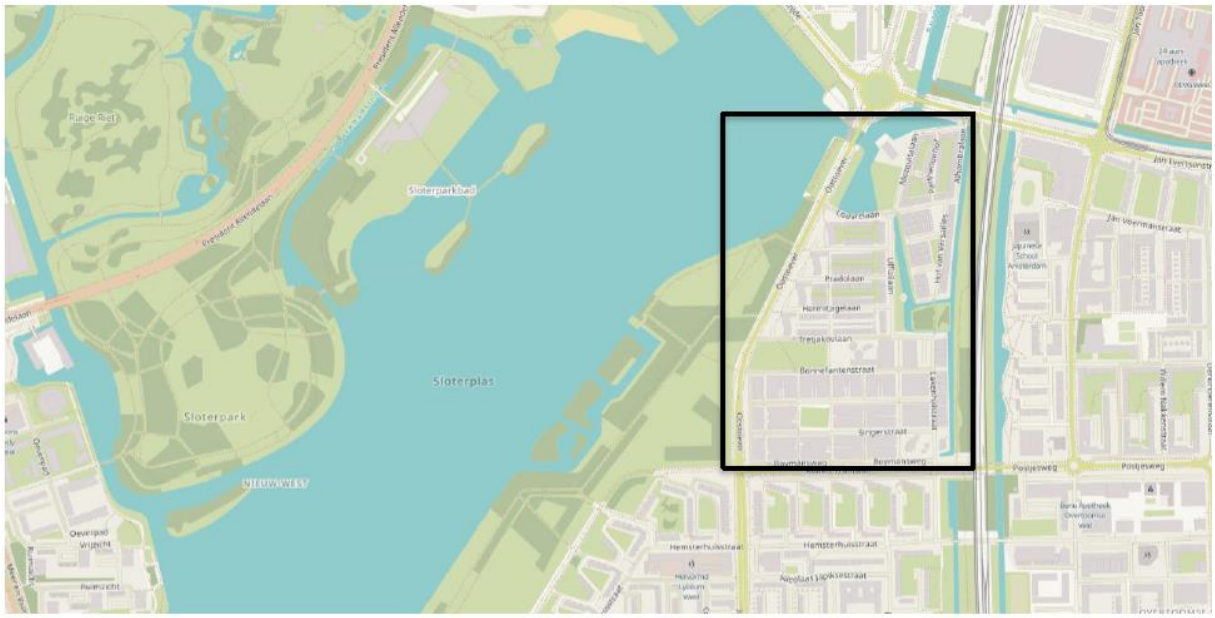


Figuur 6 Te ontwikkelen locaties fase 2 Centrum Nieuw West

Naast de ontwikkeling van woningen en detailhandel wordt er in deze fase ook gekeken naar de groenblauwstructuur, ontsluiting van het gebied, openbare ruimte en de energievoorziening. Binnen deze aspecten zijn er mogelijk meekoppelkansen die kunnen worden meegenomen bij de toepassing van aquathermie in dit gebied.

2.4 Oostoever

De buurt Oostoever ligt, zoals de naam doet vermoeden, aan de oostkant de Sloterplas. Aan de andere zijden wordt de buurt afgegrensd door de Robert Fruinlaan, de metrolijn en de Jan Evertsenstraat. De buurt is deel van de wijk Slotervaart Noord.



Figuur 7 Ligging buurt Oostoever

Binnen de buurt Oostoever Sloterplas staan 1087 woningen, waarvan circa 47% appartementen en 53% grondgebonden woningen. Van alle woningen is 23% in bezit van woningcorporaties, hieronder vallen alleen appartementen. Het percentage koopwoningen in de wijk is 65%, wat relatief hoog is ten opzichte van andere wijken in Amsterdam. De woningcorporaties die actief zijn in deze buurt zijn Eigen Haard, Alliantie en Rochdale (figuur 8). Zie tabel 2 voor een overzicht van de cijfers.

Tabel 2 Cijfers woningen buurt Oostoever

	Aantal woningen	Percentage corporatiebezit	Percentage koopwoningen	Percentage huurwoningen
Gemeente Amsterdam	441490	41%	30%	70%
Oostoever	1067	23%	65%	35%

Verder is de bewonerscoöperatie Duurzaam Oostoever actief in de wijk. Deze organisatie is bezig met het evalueren van de mogelijkheden voor duurzame verwarming van de wijk Oostoever. Zij hebben een onderzoek uitbesteed aan het bureau DWA. DWA heeft onderzoek gedaan naar de geschiktheid van de huidige woningen voor duurzame technieken, waarbij een MT-systeem om de minste aanpassingen vraagt aan de woningen ('Geschiktheid woningen voor duurzame technieken, d.d. 16 juni 2022). Tijdens dit onderzoek zijn de resultaten over en weer tussentijds gedeeld met Duurzaam Oostoever.

Figuur 8 Locatie woningcorporaties buurt Oostoever

2.5 Beleid en opgaven

In september 2020 is de transitievisie warmte (TVW) vastgesteld door de gemeenteraad. In deze visie zijn de leidende principes voor de warmtetransitie in Amsterdam opgenomen. Tevens is een beeld van het voorkeursalternatief voor aardgas per buurt aangegeven en het tempo waarin buurten overschakelen, zie Figuur 9. Bij het bepalen van het voorkeursalternatief zijn de totale maatschappelijke kosten leidend. Daarbij wordt opgemerkt dat bij het weergegeven voorkeursalternatief in sommige gevallen verschillende oplossingen binnen buurten mogelijk zijn en het belangrijk is ruimte te houden voor innovatie. Voor alle drie de casussen is het voorkeursalternatief van de transitievisie warmte een warmtenet. De buurt Oostoever, behorend tot de wijk Slotervaart

Noord, kent een gefaseerde start van 2030. Bij de andere twee casussen vindt de overgang naar een warmtenet plaats tussen 2022 en 2032.

Figuur 9 Voorkeursalternatief Transitievisie Warmte per casus

Waterkwaliteit

Sinds december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. In uiterlijk 2027 moet al het water in Europa schoon en gezond zijn. Het doel van het KRW is het bereiken van een goede chemische en ecologische toestand van oppervlaktewater en een goede chemische toestand van het grondwater. Daarnaast wordt voor grondwater ook gekeken naar de hoeveelheid en de geschiktheid voor drinkwaterwinning. Vanuit de KRW zijn de doelen en maatregelen voor de Nederlandse wateren vastgelegd in Stroomgebiedsplannen (SGBP) en de referenties en maatlatten in de gelijknamige rapporten opgesteld door STOWA. Voor de Sloterplas worden de richtlijnen van de KRW al jaren niet gehaald. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door te hoge concentraties fosfor en stikstof. Vanuit Waternet is het doel dan ook om de waterkwaliteit van de Sloterplas te verbeteren.

De Sloterplas ligt op polderpeil en is via verschillende grachten met de stad en de Ringvaart van de Haarlemmermeer verbonden. Via de ringvaart worden onder meer (te veel) ammonium (NH4) en fosfaat (PO4) aangevoerd. Door afspoeling bij regenval of riooloverstorten treden hiernaast pieken op in de aanvoer van ammonium en fosfaat. Door klimaatverandering wordt verwacht dat de aangevoerde concentraties ammonium en fosfaat in de toekomst mogelijk zullen stijgen (piekbuien).

Een gevolg van de hoge instroom van deze stoffen is dat blauwalg een jaarlijks terugkerend probleem is geworden. De quagga mossel heeft de blauwalg problematiek enkele jaren verminderd, maar de problemen zijn nog niet opgelost. Een gangbare manier om blauwalg tegen te gaan is fosfaat limitatie. De limitatie van fosfaat is in de Sloterplas echter geen totaaloplossing vanwege hoge fosfaat concentratie in aanvoerend water en in het slib.
Om aan de KRW norm te voldoen en de problemen met blauwalg op te lossen wil Waternet namens Waterschap Amstel, Gooi en Vecht stikstof limitatie gaan toepassen om de groei van algen tegen te gaan. Stikstof limitatie geldt als onderdeel van een totaaloplossing waarbij eveneens andere maatregelen worden uitgevoerd:

- Reduceren stikstof en fosfaat in aanvoerend water door vergroenen van oevers en toevoegen van waterplanten
- Fosfaat verwijdering via quagga mossel

Een mogelijke additionele maatregel is het combineren van TEO met het afvangen van stikstof. Bij toepassing van TEO worden immers grote hoeveelheden water verpompt; dat geeft de kans om er wat extra's mee te doen, bijvoorbeeld het afvangen van stikstof. Dit is alleen zinvol indien water uit de omliggende watergangen onttrokken wordt. Deze wateren hebben een relatief hoge concentratie aan nutriënten ten opzichte van het Sloterplas water en hebben dus minder onttrekking van water nodig voor dezelfde onttrekking van stikstof.
Om stikstof af te vangen in combinatie met TEO zijn vooral technieken gebaseerd op nitrificatie en denitrificatie geschikt. Technieken die Waternet hiervoor op het oog heeft zijn:

- Belucht helofytenfilter. Dit vergt een gebied van 1 a 2 hectare met helofyten (riet) waarbij het water verpompt wordt door de wortelzone.
- Nitrificerend+ denitrificerend zandfilter. Dit is een technische oplossing die bestaat uit verticale zandfilters met een afmeting van 4 m hoogte en een oppervlakte van 150 – 300 m^2.
- Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). Dit is een technische oplossing die bestaat uit een installatie met een afmeting van 5m hoogte en een oppervlakte van 150 – 300 m^2.

Het helofytenfilter is vooral te combineren met de inpassing in een park-, natuur- of oeverzone. Het zandfilter en de MBBR hebben een veel kleinere voetafdruk. Inpassing in de omgeving is hierbij een belangrijk aandachtspunt. Genoemde afmetingen zijn afhankelijk van de grootte van de TEO installatie. De grootste oppervlakte past bij een TEO installatie die 500 m3/uur verpompt.

2.6 Aandachtspunten & afwegingen

Tijdens het project zijn een aantal aandachtspunten en afwegingen naar voren gekomen met betrekking tot de huidige situatie.

- Innamepunt in omliggende watergangen of in de Sloterplas zelf: als het onderzoek van Waternet concludeert dat de stikstoffilters potentie lijken te hebben, zou inname vanuit de watergangen het meest optimaal zijn. Wanneer dit niet het geval is, kan beter het innamepunt in de Sloterplas liggen. Dit om te voorkomen dat niet onnodig veel nutriëntrijk water uit de watergangen naar de plas wordt verpompt. Omdat het onderzoek van Waternet nog lopende is, is voor dit project uitgegaan van innamepunten liggende in de Sloterplas.
- De mogelijke technieken om stokstof uit het water af te vangen vergen bovengrondse ruimte. Het vinden van deze ruimte binnen de schaarse openbare ruimte is een aandachtspunt.
- Het huidige stadswarmtenet (incl. WOS) voedt momenteel relatief hoge temperaturen op de bebouwde omgeving, ondanks dat deze pas recent gebouwd is (2016 t/m 2018). Mogelijkheden om de voedingstemperatuur van de WOS op het wijknet te verlagen worden als aandachtspunt meegenomen in het onderzoek.
- De nieuwbouw ontwikkelingen rondom Centrum Nieuw West zijn al erg ver gevorderd. Dit zorgt ervoor dat voor een deel van de nieuwbouw de planning niet samen zal lopen met dat van het aquathermie systeem. Tijdens dit project wordt daarom voornamelijk gefocust op de nieuwbouw van Suha 3 en de oude en nieuw locatie van theater de Meervaart.
- Om de haalbaarheid van het aquathermie systeem te waarborgen is het nodig dat er sturing of vastlegging van het bodemsysteem (ondergrondse opslag van warmte en koude) komt. Dit moet voorkomen dat de grond 'vol' komt te zitten en realisatie van de casus met de meeste potentie wordt belemmerd.

3 Vraag & aanbod

Dit hoofdstuk bevat voor alle casussen de vraag van warmte- en koude vanuit de bebouwde omgeving, aanbodzijde vanuit bodem en het TEO-systeem. Voor de warmte- en koude vraag zijn hiervoor verschillende scenario's opgesteld. Deze scenario's reflecteren de mogelijke aansluitscenario's, waarbij op een lage, midden en hoge hoeveelheid aansluitingen wordt geanticipeerd.

Verder zijn vanuit deze gegevens per casus de meest passende varianten opgesteld voor het nader onderzoek van de businesscase.

3.1 Stadswarmte

De vraag- en aanbodzijde van de casus Stadswarmte zijn onderzocht door Merosch en afhankelijk van de hoeveelheid woningen en de temperatuur die vanuit de WOS geleverd moet worden aan het wijknet.

Vraagzijde

Vanuit de huidige situatie zijn de uitgangspunten van de warmtevraag van het Zwierplantsoen bepaald. Deze worden in onderstaande tabel 3 weergegeven in energievraag en vermogen van WOS. De berekening van de warmtevraag van de extra woningen is gebaseerd op 'scenario hoog'.

Parameter	Eenheid	Zwier-plantsoen*	Extra woningen	Totaal
Opwekzijde (warmtepompcentrale)				
Warmtevraag	[GJ]	6.800	5499	**14.311**
Verwarmingsvermogen	[kW]	850	516	**1.366**
Bronzijde (WKO-systeem)				
Warmtevraag	[GJ]	5.874	3.666	**9.540**
Verwarmingsvermogen	[kW]	551	344	**895**

Tabel 3 Uitgangspunten casus Stadswarmte

**Bij aanvang van het onderzoek is ook gekeken naar de mogelijkheden om warmte aan het zwembad te leveren. Er is besloten het onderzoek op woningen te richten, daarom is deze optie niet uitgewerkt.*

Bovenstaande cijfers zijn gebaseerd op een aanvoertemperatuur van 70°C op de WOS. In overleg met Vattenfall is namelijk naar voren gekomen dat tot deze temperatuur verlaagd kan worden ten opzichte van de gebruikelijke 80°C. Dit is mogelijk doordat de bebouwing aangesloten op het wijknet van jonge leeftijd (dus goed geïsoleerd) is. Op basis van de bestaande warmtevraag wordt verwacht dat een aquathermie installatie te kostbaar is, aangezien de afzet in verhouding tot de investeringen nodig voor het systeem te laag is. Daarom wordt naast de huidige situatie een berekening uitgevoerd waarin het aantal woningen wordt bepaald dat maximaal gebruik maakt van het maximale leveringsvermogen uit de WKO-bronnen. Voor een aanvoertemperatuur van 70°C op de WOS bedraagt dit een aanvullend aantal van 1069 woningen.

De passende scenario's vanuit de casus stadsverwarming zijn als volgt:

Scenario	Aansluitende woningen
Laag	Alleen Zwierplantsoen
Midden	Zwierplantsoen + 335 woningen
Hoog	Zwierplantsoen + 1069 woningen

Ten behoeve van het onderzoek is aangenomen voor scenario 'midden' dat het maximum aantal woningen achter de WOS Zwierplantsoen wordt benut. Voor scenario 'hoog' is uitgegaan van het maximaal leveringsvermogen (dus optimaal gebruik) vanuit de WKO-bronnen.

Aanbodzijde bodem en TEO

Er bevinden zich geen overige bodemenergiesystemen in of nabij de casus. Ook zijn er geen ernstige mobiele verontreinigingen bekend die door een bodemenergiesysteem kunnen worden beïnvloed. Voor de rest blijkt dat er geen overige belangen in de omgeving zijn die een aandachtspunt vormen voor de voorgenomen locatie. Wel dient in de ontwerpfase rekening te worden gehouden met de middelhoge tot hoge grondwaterstroomsnelheid, wat zorgt voor enige mate van thermisch verlies.

Tabel 4 Uitgangspunten TEO-systeem casus WOS (70°C aanvoer op WOS)

Parameter	Eenheid	Waarde
Onbalans bronsysteem bodemzijdig	[GJ]	20.471
Vollasturen	[h]	2.500
Vermogen	[kW]	2.275
dT	[K]	5
Debiet	[m^3/h]	319

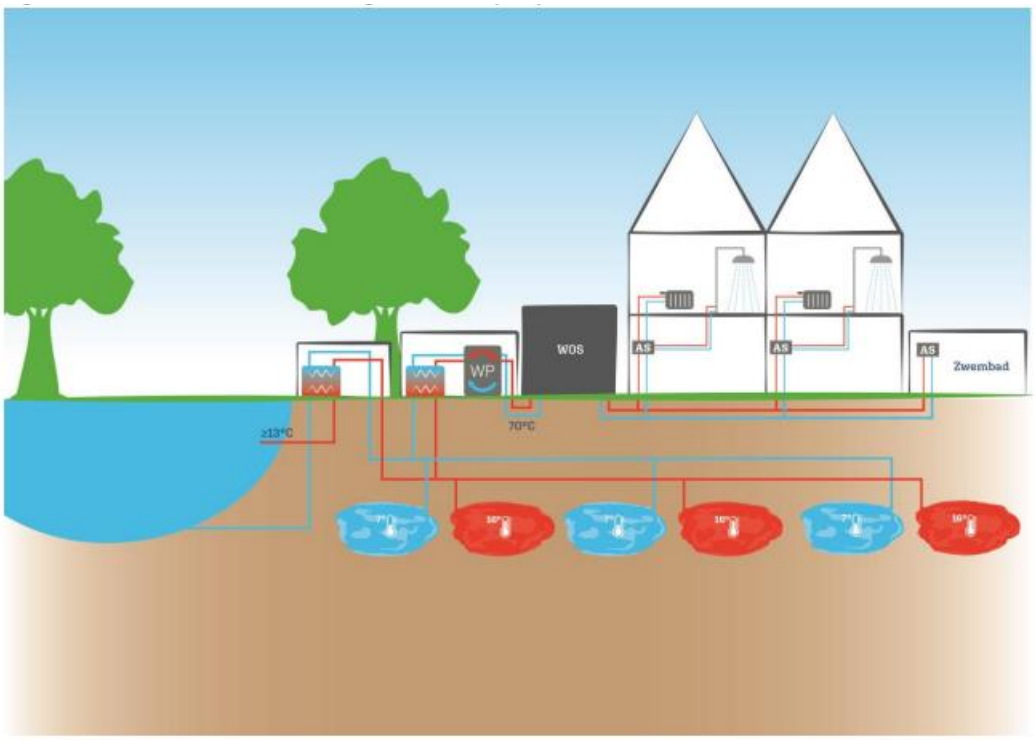
Aangezien er vanuit de WOS enkel een warmtevraag is, zal een onbalans ontstaan in het bronsysteem. Deze kan door de toevoer van warmte vanuit de Sloterplas worden ingevuld. Verder is er door de relatief hoge energievraag en het hoge aantal vollasturen t.o.v. de grondoppervlakte sprake van een ondercapaciteit van de bodem. Zie Tabel 5 voor een overzicht van uitgangspunten van de bodemcapaciteit.

Tabel 5 Uitgangspunten bodemcapaciteit casus Stadswarmte (70°C aanvoer op WOS)

Potentie bodem	Eenheid	Waarde
Potentie bodem	[MWh]	9.421
Infiltratiedebiet per doublet	[m3/h]	256
Onttrekkingsdebiet per doublet	[m3/h]	6.897
Bodemzijdige energievraag	[MWh]	20.471
Overcapaciteit bodem	[MWh]	-11.050
Maximale bodemzijdige vermogensvraag voor verwarming en tapwater	[kW]	2.228
Benodigd debiet	[m^3/h]	319
Benodigd aantal doubletten (ruwe waarde)	[-]	2

Systeem varianten

De variant van de casus Stadswarmte is gericht op het voeden van het al bestaande warmtenet (figuur 10). Vanuit de warme WKO-bronnen wordt een zeer lage temperatuur (ca. 16 °C) aangevoerd aan het collectief bronnet, dat verbonden is met een warmtepompcentrale. Deze centrale waardeert de aanvoertemperatuur op naar een temperatuur van 70°C, waarna het warme water wordt getransporteerd naar de WOS 'Zwierplantsoen'. In deze variant wordt geen koude afgenomen, wat betekent dat regeneratie van de WKO-bronnen met een TEO-systeem nodig is om de bronnen in balans te houden.



Figuur 10 Variant casus Stadwarmte

3.2 Centrum Nieuw West

De vraag- en aanbodzijde voor fase 2 Centrum Nieuw West zijn afhankelijk van de hoeveelheid aangesloten (woon)oppervlak en de hoeveelheid warmte en koeling die geleverd moet worden door middel van het warmtenet.

Vraagzijde

De warmtevraag van Centrum Nieuw West is gericht op de toekomstige ontwikkelingen in fase 2, zoals benoemd bij de huidige situatie. Hierin staat de nieuwbouw van verschillende functies gepland, voornamelijk bestaand uit woningen, kantoren, horeca en winkels. De uitgangspunten zijn per blok inzichtelijk gemaakt, zie bijlage A. Er wordt uitgegaan van collectieve verwarming op lage temperatuur middels een centrale warmtepomp per gebouw. Verder wordt in deze casus ervan uitgegaan dat alle gebouwen worden voorzien van koeling door middel van vloerkoeling of de combinatie vloer- en luchtkoeling. In Tabel 6 is een overzicht te vinden van de uitgangspunten van deze casus met betrekking tot de vraagzijde.

Tabel 6 Uitgangspunten casus Centrum Nieuw West

Algemene gegevens		
Totale bruto vloeroppervlakte	[m^2]	189.945
Totale gebruiksoppervlakte	[m^2]	142.459
Toekomstige warmtevoorziening		
Temperatuurtraject CV	[-]	LT
Type warmte-aansluiting	[-]	Collectief
Gebouwzijdig		
Warmtevraag ruimteverwarming	[GJ]	12.906
Warmtevraag warm tapwater	[GJ]	7.183
Koudevraag	[GJ]	5.271
Verwarmingsvermogen	[kW]	5.435
Koelvermogen	[kW]	4.829
Bronzijdig		
Warmtevraag ruimteverwarming	[GJ]	11.115
Wawrmtevraag warm tapwater	[GJ]	5.040
Koudevraag	[GJ]	4.316
Verwarmingsvermogen	[kW]	4.476
Koelvermogen	[kW]	5.083

**Uitgangspunten per bouwblok staan in bijlage A*

De scenario's voor deze casus zijn gebaseerd op het tijdpad van de ontwikkelingen en de eigenaar van het toekomstige gebouw. Aangezien de gemeente Amsterdam eigenaar is van de Meervaart en deze ontwikkeling, samen met Suha 3, nog voldoende tijd biedt om aquathermie als warmtebron mee te nemen, is deze bij scenario laag geplaatst. De andere locaties zijn al verder in de ontwikkelingen en/of niet in het bezit van de gemeente. Scenario's midden en hoog zijn niet meer haalbaar, omdat verschillende van deze gebouwen al volledig zijn ontwikkeld. Deze scenario's dienen om inzicht te krijgen in de optimale omvang van een op aquathermie gebaseerd systeem bij nieuwbouw en de invloed van schaal op de businesscase.

Scenario	Aansluitende woningen
Laag	Alleen Suha 3 en Meervaart
Midden	Meervaart, Suha 3, Tussenmeer-zuid, Osdorpplein-west, Noordoosthoek en Tramlus
Hoog	Alle bouwblokken fase 2

Aanbodzijde bodem en TEO

In en nabij de casus bevinden zich geen overige bodemenergiesystemen. Ook zijn er geen ernstige en diep voorkomende mobiele verontreinigingen bekend. Wel dient rekening te worden gehouden bij de plaatsing van een WKO met de middelhoge tot hoge grondwaterstroomsnelheid, wat zorgt voor enige mate van thermisch verlies. Verder bevindt een klein deel van de casus zich in 'archeologische waarde 1', dit heeft invloed op werkzaamheden dieper dan 2 m en groter dan 500 m^2. De kans op werkzaamheden van deze grootte worden klein geacht. Tevens wordt een strook van de projectlocatie

op de bodemfunctieklasse kaart aangegeven als 'industrie', dit zou kunnen wijzen op bodemverontreiniging.

Centrum Nieuw West heeft voldoende bodemcapaciteit om aan de energievraag te kunnen voldoen. Om voldoende verwarmings- en koelvermogen te leveren zijn ca. 3 doubletten benodigd. De onbalans die in de bodem ontstaat door de grotere warmtevraag dan koudevraag dient gegenereerd te worden met aquathermie. In Tabel 7 staan de uitgangspunten voor het beoogde TEO-systeem van de casus Centrum Nieuw West.

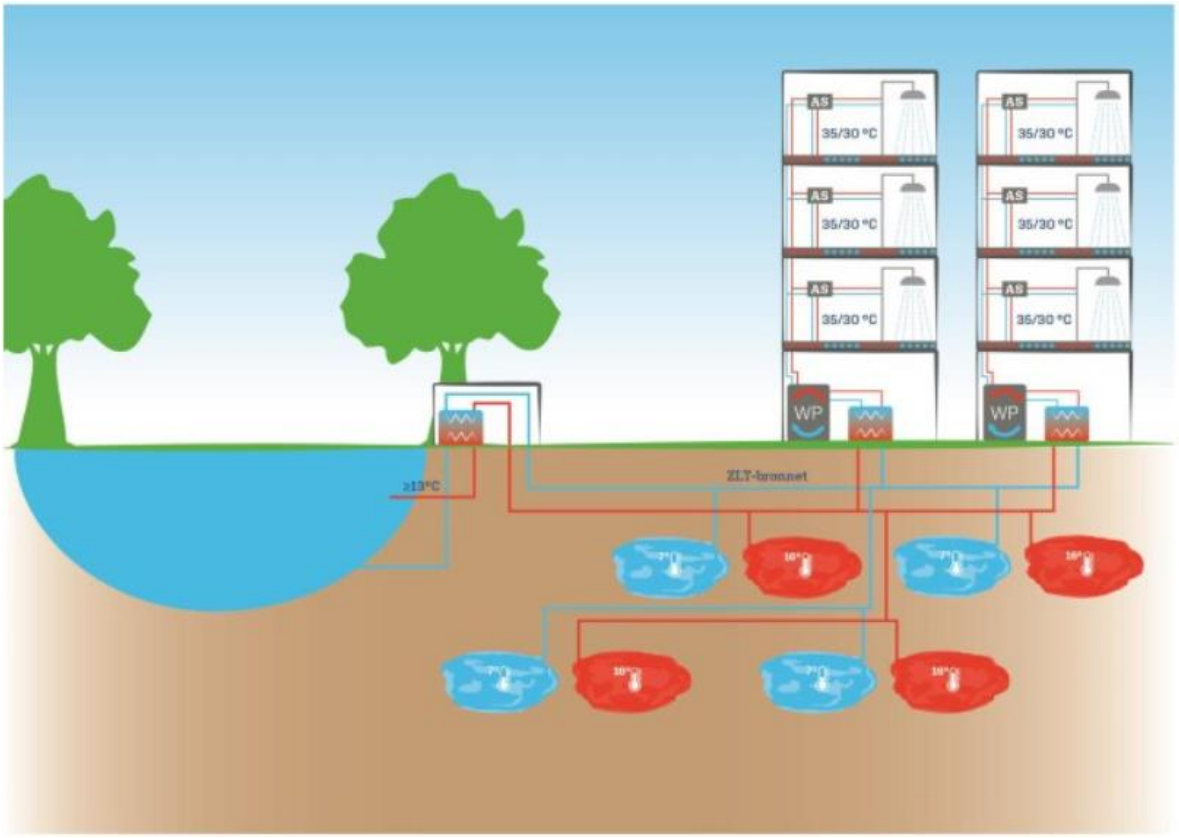
Tabel 7 Uitgangspunten TEO-systeem casus Centrum Nieuw West

Parameter	Eenheid	Waarde
Onbalans bronsysteem bodemzijdig	[GJ]	11.840
Vollasturen	[h]	2.500
Vermogen	[kW]	1.316
dT	[K]	5
Debiet	[m^3/h]	226

Systeem varianten

Voor de casus Centrum Nieuw West is voor een collectief bronnet gekozen, gezien de zeer goede isolatie van de gebouwen en de grote vraag per gebouw, waardoor op gebouwbasis een warmte installatie mogelijk is.

Vanuit de warme WKO-bronnen wordt een zeer lage temperatuur (ca. 16 °C) aangevoerd aan het collectief bronnet, dat direct verbonden is met de gebouwen (zie figuur 11). Per gebouw wordt de temperatuur opgewaardeerd met een centrale warmtepomp met individuele afleversets per gebruiker. Het verwachte warmtetraject is 35/30 °C. Aangezien de gebouwen ook een koudevraag hebben, kan vanuit de WKO-bronnen een temperatuur van 7°C worden geleverd ten behoeve van 'passieve' koeling. Aangezien de warmtevraag van de gebouwen hoger ligt dan de koudevraag is een TEO-systeem nodig om de bronnen in balans te houden.



Figuur 11 Illustratie bronnet

3.3 Oostoever

De vraag- en aanbodzijde van de buurt Oostoever zijn afhankelijk van de hoeveelheid woningen dat aansluit en de temperatuur waarmee geleverd kan worden aan het bronnet of warmtenet.

Vraagzijde

De warmtevraag van Oostoever is afhankelijk van de hoeveelheid woningen die zal aansluiten. Zoals benoemd bij de huidige situatie, is ongeveer een derde in bezit van woningcorporaties. Met woningcorporaties zijn mogelijk afspraken te maken over aansluiting op een warmtenet. Het is met particulier woningbezit lastiger om hetzelfde aantal woningen te halen (het vereist immers besluiten van veel meer verschillende mensen). Vanwege de onzekerheid hierin, zijn er drie scenario's opgesteld met betrekking tot het aantal woningen dat aansluit.

Scenario	Aansluitende woningen
Laag	Alleen woningbouwcorporaties
Midden	Woningbouwcorporaties en 50% overige woningen
Hoog	Woningbouwcorporaties en 100% overige woningen

Voor deze casus is ervan uitgegaan dat er geen koeling zal plaatsvinden, vanwege de huidige staat van de woningen en de kostbare ingrepen die daarvoor nodig zijn in het distributie- en afgiftesysteem (vloerverwarming en voorkomen van condensvorming nodig). Tabel 8 geeft de uitgangspunten van de buurt Oostoever weer met betrekking tot de vraagzijde.

Tabel 8 Uitgangspunten casus Oostoever

Algemene gegevens		
Aantal gebouwen	[st.]	649
Aantal woningen	[st.]	1.077
Totale woonoppervlakte (GO)	[m^2]	114.978
Huidige warmtevoorziening		
Temperatuurtraject CV	[-]	HT
Type warmte-aansluiting	[-]	Individueel
Toekomstige warmtevoorziening situatie 1: MT, collectief		
Gebouwzijdig		
Warmtevraag	[GJ]	38.449
Verwarmingsvermogen	[kW]	5.949
Bronzijdig		
Warmtevraag	[GJ]	25.633
Verwarmingsvermogen	[kW]	3.966
Toekomstige warmtevoorziening situatie 2: LT, individueel		
Gebouwzijdig		
Warmtevraag	[GJ]	31.851
Verwarmingsvermogen	[kW]	4.483
Bronzijdig		
Warmtevraag	[GJ]	23.193
Verwarmingsvermogen	[kW]	3.299

Aanbodzijde bodem en TEO

Er bevinden zich geen overige bodemenergiesystemen in het projectgebied van de casus. Wel zijn er enkele gesloten bodemenergiesystemen aanwezig op ca. 170 m ten oosten van het gebied en een monobron op 200 m ten zuidoosten van het gebied. Indien bronnen voor deze casus in de buurt daarvan worden geplaatst dient er na te worden gegaan of er sprake is van negatieve beïnvloeding. Verder zijn er geen ernstige mobiele verontreinigingen bekend die door een bodemenergiesysteem kunnen worden beïnvloed. Ook blijkt dat er geen overige belangen in de omgeving zijn die een aandachtspunt vormen voor de voorgenomen locatie. Wel dient in de ontwerpfase rekening te worden gehouden met de middelhoge tot hoge grondwaterstroomsnelheid, wat zorgt voor enige mate van thermisch verlies. De buurt Oostoever heeft voldoende bodemcapaciteit om aan de energievraag te kunnen voldoen.

Vanuit aquathermie zal de onbalans voor de WKO gecompenseerd worden. Aangezien de woningen in Oostoever geen koelvraag hebben, zal de hoeveelheid warmte op te wekken met aquathermie de resultante zijn van de totale warmtevraag. In Tabel 9 staan de uitgangspunten voor het beoogde TEO-systeem van de casus Oostoever.

Tabel 9 Uitgangspunten TEO-systeem casus Oostoever

Parameter	Eenheid	Variant 1 (MT)	Variant 2 (LT)
Onbalans bronsysteem bodemzijdig	[GJ]	25.633	23.193
Vollasturen	[h]	2.500	2.500
Vermogen	[kW]	3.966	3.299
dT	[K]	5	5
Debiet	[m^3/h]	489	443

Systeem varianten

Voor de casus van bestaande bouw Oostoever zijn meerdere varianten opgesteld naar aanleiding van de informatie over de warmtevraag en het aanbod vanuit de bodem en TEO. De varianten zijn middentemperatuur (MT)-warmtenet, lage temperatuur (LT)-warmtenet en een bronnnet met warmtepompen op gebouwniveau.

MT-warmtenet

Voor deze variant is gekozen om aan de warmtevraag van de woningen in de huidige staat en met de huidige warmtevraag te voldoen. Hierin wordt vanuit de warme WKO-bronnen een temperatuur van 16 °C geleverd aan een collectief bronnet, verbonden aan een centrale warmtepompcentrale. In de warmtepompcentrale wordt de temperatuur opgewaardeerd naar middentemperatuur (70°C) en via een warmtenet getransporteerd door de wijk (zie figuur 12). Individuele afleversets per woning kunnen inpast worden in het huidige systeem (en op basis van het onderzoek van DWA wordt geconcludeerd dat deze binnen de meeste woningen passen) om aan het temperatuurtraject van 70/40 °C te kunnen voldoen. Aangezien in deze variant geen koude wordt afgenomen, dient de onbalans in het WKO-systeem te worden gecompenseerd met een TEO-systeem.

LT-warmtenet

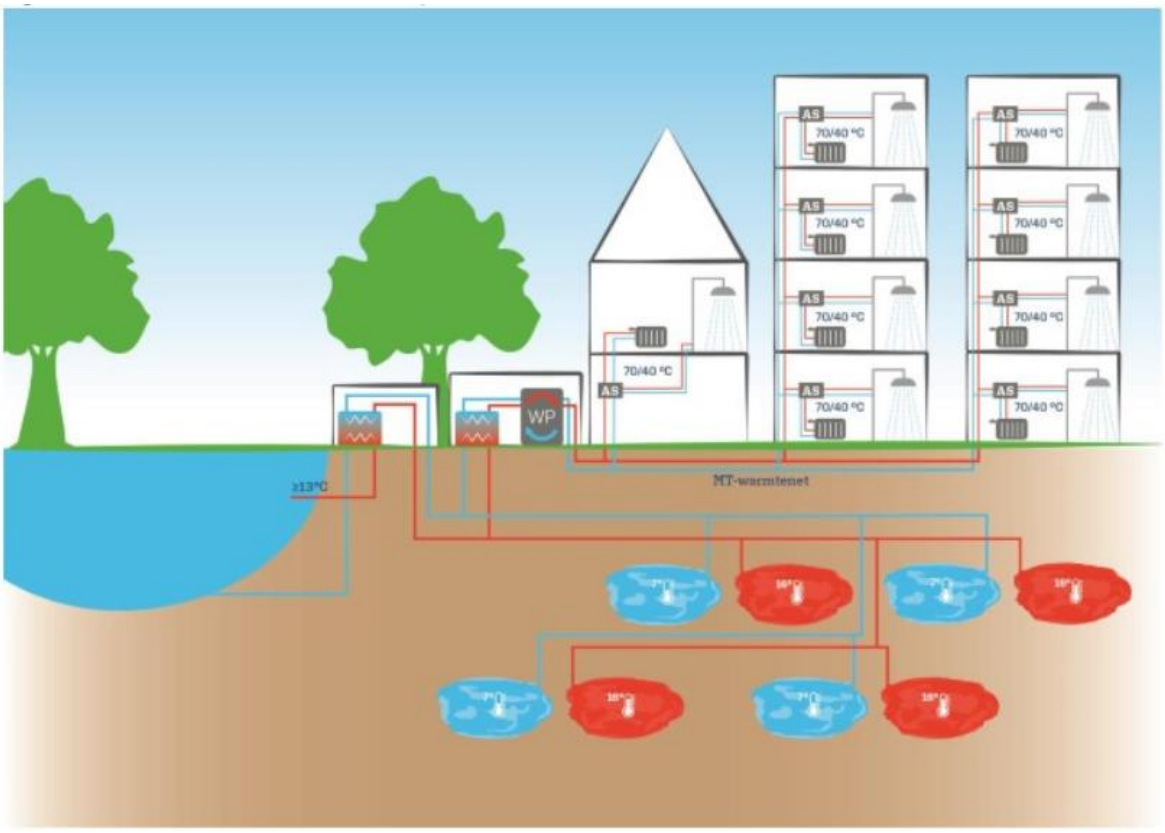
De tweede variant is gebaseerd op een mogelijk verduurzamingstraject op gebouwniveau. De eerste optie is om woningen vooraf te verduurzamen d.m.v. isolatie en aanpassing van het warmteafgiftesysteem om ze geschikt te maken voor lage temperatuur verwarming. Voor de meeste woningen gaat het om het aanbrengen van HR++ glas en het vergroten van radiatoren (of aanleg van vloerverwarming, DWA, 2022). De tweede optie is om een MT-warmtenet aan te leggen en hierin stapsgewijs de temperatuur te verlagen naar het gewenste warmtetraject (70/40 °C naar 50/30 °C), terwijl ondertussen de woningen verduurzaamd worden naar de gewenste isolatie voor lage temperatuurverwarming.

Deze variant levert warmte vanuit een WKO (16°C) aan een collectief net, verbonden met een warmtepomp centrale. De temperatuur wordt opgewaardeerd naar 50°C, waarna het via een LT-warmtenet getransporteerd wordt door de wijk. Afleversets per woning zijn inpasbaar binnen de huidige installatieruimte, waardoor de woningen voldoen aan een gewenst warmtetraject van 50/30 °C. Voor tapwater moet een aanvullende voorziening worden geïnstalleerd, zoals een boosterwarmtepomp of TE booster per woning. Op basis van het onderzoek van DWA wordt geconcludeerd dat een boosterwarmtepomp binnen de meeste woningen past. In deze variant wordt

geen koude afgenomen, wat betekent dat regeneratie van de WKO-bronnen met een TEO-systeem nodig is om de bronnen in balans te houden.

Bronnet gebouwniveau

Het bronnnet op gebouwniveau is gericht op een modulair systeem om aan de verschillen in warmtevraag en verduurzaming van de gebouwen te voldoen. Het bronnet levert vanuit warmte WKO-bronnen een temperatuur van 16°C aan een collectief bronnet, dat direct verbonden is met de gebouwen. In de gebouwen is per gebruiker een warmtepomp aanwezig, zodat verwarmd kan worden met een temperatuurtraject dat past bij de warmtevraag van het gebouw, verschillend tussen 50/30 °C en 70/40 °C. Verder kan het bronnet in de zomer worden ingezet om vanuit koude WKO-bronnen 'passieve' koeling te leveren. Aangezien de warmtevraag van de gebouwen hoger ligt dan de koudevraag is een TEO-systeem nodig om de bronnen in balans te houden. Uit het onderzoek van DWA blijkt dat deze variant belangrijke uitdagingen kent. Bij veel woningen is er geen goede plek voor de benodigde installaties (warmtepomp).



Figuur 12 Illustratie MT-warmtenet

3.4 Schetsontwerpen

Vanuit de voorkeursvarianten zijn schetsontwerpen gemaakt voor de specifieke inpassingen voor de locaties van de casussen, Stadswarmte, Centrum Nieuw West en Oostoever Sloterplas (zie figuren 13-15 en voor de uitgewerkte schetsontwerpen bijlage C). Opgemerkt wordt dat de locaties van de verschillende onderdelen (zoals technische ruimten) indicatief zijn. Op het moment dat er tot een vervolg wordt gekomen vereist de locatiekeuze en inpassing van dergelijke onderdelen nog uitwerking.

Voor de ruimtelijke inpassing is rekening gehouden met de volgende punten:

- ZW-gerichte grondwaterstroming, bronnen worden parallel aan de stroming geplaatst.
- WKO-bronnen en TEO inname- en uittredepunten en bestaande nutstracés voor het primaire leidingnet.
- Techniekruimtes worden zo gepositioneerd, dat vanaf daar woningclusters met distributienetten van ca. 400 tot 500 woningequivalenten worden voorzien van warmte- en/of koude.

Vereenvoudigde weergaven schetsontwerpen:

Figuur 13 Schetsontwerp Centrum nieuw west

Figuur 14 Schetsontwerp Oostoever

Figuur 15 Schetsontwerp Stadswarmte

3.5 Aandachtspunten & afwegingen

Voor de vraag & aanbod fase zijn een aantal aandachtpunten en afwegingen in beeld gebracht.

- Voor dit project wordt gewerkt met energieprijzen volgens Klimaat- en Energieverkenning - KEV (2021). Dit om mogelijke ontwikkelingen in de energiehuishouding van Nederland mee te

nemen voor de haalbaarheid van het project. Om hier nog meer inzicht aan te geven, zal er ook een gevoeligheidsanalyse per casus worden uitgevoerd.

- Levering aan het stadswarmtenet is alleen mogelijk op een WOS. Op het transportnet is de temperatuur te hoog (≥ 90 °C), een aquathermie-systeem kan dit niet (efficiënt) leveren.
- Er zijn ook overwegingen geweest of de aanlever temperatuur voor het stadswarmte netwerk verder verlaagd kon worden dan 70°C. Met name om aan de eisen voor veilig tapwater (legionella) te kunnen voldoen en door het warmteverlies op de overdrachtspunten (WOS, afleverset) bleek dit niet mogelijk. Een andere oplossing dan een minimale temperatuur van 55- 60°C in de aangesloten woningen (bijvoorbeeld door bewerking van het water of een woninggebonden oplossing) zou een lagere verwarmingstemperatuur mogelijk maken. Dit zou de efficiëntie en de haalbaarheid van de inzet van lage temperatuurbronnen zoals aquathermie ten goede komen.
- Verder is gebleken dat het een uitdaging gaat zijn om de benodigde technische ruimtes (25-250 m2) in de openbare ruimte in te passen. Wellicht is dit te combineren met de uitdaging om ook heel veel extra trafostations in de stad te moeten plaatsen (i.v.m. verzwaring elektra-net) en/of met andere elementen in de openbare ruimte.

De aandachtspunten voor het schetsontwerp zijn in beeld gebracht door Merosch bij de ontwikkeling van de schetsontwerpen. Deze zijn weergegeven in bijlage C en omvatten het TEO-systeem, WKO-systeem, leidingnet en technische ruimtes, elektriciteitsaansluitingen en aansluitingen op het warmte- en koudenet.

4 Duurzame warmtevergelijking

4.1 Businesscase

Per casus zijn de kosten van het aquathermie-systeem berekend. Onder deze kosten vallen alle kosten die gemaakt worden in zowel de realisatie- als exploitatiefase, zoals investeringskosten, energiekosten en onderhoudskosten. Om de financiële haalbaarheid te bepalen is het van belang om na te gaan hoe de investeringskosten en operationele kosten zich over een langere periode verhouden tot de opbrengsten. Hiervoor is aan de hand van de opgestelde schetsontwerpen een businesscase opgesteld per casus en variant. De uitgangspunten voor de businesscase zijn als volgt.

- Looptijd: 30 jaar
- Rente / rendement over de investering 6%
- Kosten- en opbrengstenstijging jaarlijks: 2%
- Elektriciteitsprijs: gemiddelde leveringsprijs 2021 (2% jaarlijkse stijging (conform KEV 2021))
- Warmtetarief: conform warmtetarieven Vattenfall 2022 (3% jaarlijkse stijging)

Een uitgebreid overzicht van de uitgangspunten voor de businesscases zijn te vinden in bijlage D. Opgemerkt wordt dat de energieprijzen op dit moment erg hoog zijn en er geen goede voorspelling is te geven over hoe deze zich zullen ontwikkelen. Zoals in paragraaf 4.3 wordt aangegeven is vooral de ontwikkeling van de warmteprijs van invloed op de uitkomsten van de businesscases. De hoogte van de elektriciteitsprijs is uiteraard ook van invloed.

Voor de casussen Centrum Nieuw West en Oostoever wordt er uitgegaan dat de gebouwen in de periode 2025-2027 in drie gelijke fasen worden aangesloten op de collectieve warmtevoorziening. Bij de casus Stadsverwarming wordt ervan uitgegaan in de businesscase dat de aansluiting plaats zal vinden in 2025.

Een van de uitgangspunten is dat de exploitant een projectrendement van 6% wil behalen om de kosten terug te verdienen. Om dit te behalen worden twee dingen in rekening gebracht bij de gebruikers/ bewoners. Een periodiek tarief zal inrekening worden gebracht, dit tarief is gemaximeerd door de ACM (vaste kosten plus kosten per geleverde GJ). Ten tweede zullen de gebruikers/ bewoners een eenmalige bijdrage aansluitkosten (BAK) moeten betalen. De BAK is gehanteerd als sluitpost van de business-case, hiermee wordt de businesscase voor de exploitant rond gerekend. De BAK bepaalt in grote mate de betaalbaarheid voor de afnemers van de warmte en/of koude. Subsidie kan (bij bestaande bouw) worden aangewend als de BAK te hoog is in relatie tot de betaalbaarheid, en er dus sprake is van een onrendabele top. Voor de casus Stadswarmte wordt de BAK gelijkgesteld aan nul, omdat hier gebruik wordt gemaakt van het huidige warmtenet en huishoudens niet aan hoeven te sluiten op een nieuw systeem.

4.1.1 Stadswarmte

De casus Stadswarmte kent één variant, namelijk een MT-warmtepomp die 70°C levert aan de WOS. Voor deze variant zijn een drietal volloopscenario's doorgerekend tijdens de businesscase:

- Scenario laag: alleen woningen 'achter' WOS Zwiersplantsoen (165 woningen);
- Scenario midden: woningen 'achter' WOS Zwiersplantsoen + 335 extra woningen (maximum achter WOS);

- Scenario hoog: woningen ‘achter’ WOS Zwiersplantsoen + 1.069 extra woningen (maximum vanuit bodempotentie).

De uitkomsten van de businesscase zijn weergeven in tabel 10. Een warmtetarief van ca. 22-42 €/GJ is nodig voor een sluitende businesscase. Deze prijs is aanzienlijk hoger dan de inkoopprijs die Vattenfall nu betaalt voor restwarmte afkomstig van afvalverbranding. Het scenario laag met 42,46 €/GJ lijkt niet financieel haalbaar. Dit ligt hoger dan de verkoopprijs die Vattenfall momenteel hanteert voor haar eindgebruikers (32,57 €/GJ excl. BTW). Hetzelfde geldt voor scenario midden. Bij dit scenario is met enige optimalisatie wellicht iets mogelijk, bijvoorbeeld de verlaging van de CAPEX door technische optimalisatie of het verwerven van SDE++-subsidie. Voor het effect van deze aspecten en een aantal andere wordt verwezen naar paragraaf 4.3 waarin de gevoeligheidsanalyse wordt besproken. In scenario hoog wordt de prijs al een stuk aantrekkelijker. Hierbij moet evenwel de kanttekening worden geplaatst dat dit een puur theoretisch scenario is om gevoeligheid in kaart te brengen. In praktijk is het namelijk vrijwel nooit mogelijk om 1.234 woningen achter één WOS aan te sluiten.

Aquathermie wordt niet gezien als concurrent voor restwarmte, maar zal mogelijk in aanvulling hierop worden ingezet, vanuit de wens om tot diversificatie van bronnen te komen. Het vooral interessant om te weten hoe de aquathermie-warmte prijs zich verhoudt tot andere duurzame bronnen (restwarmte uit andere bronnen zoals datacenters en fabrieken, zon-thermie, geothermie, duurzame gassen zoals biogas en waterstof). Verder moet er ook naar de toekomst worden gekeken. Momenteel is het gebruik van biomassa en restwarmte uit de afvalverbranding mogelijk, maar dit kan veranderen. Wellicht is er in de toekomst niet genoeg afval meer. Als dit zich voordoet kan aquathermie-warmte een alternatief zijn.

Tabel 10 Resultaten businesscase Stadswarmte

Onderdeel	Laag	Midden	Hoog
Totaal [€]			
Investering	2.776.000	5.651.000	12.207.000
Per aansluiting [€/aansluiting]			
Investering	2.776.000	5.651.000	12.207.000
CAPEX	3.228.000	7.019.000	9.867.000
Energiekosten	3.585.000	10.186.000	21.751.000
OPEX	1.725.000	4.017.000	6.002.000
Inkomsten	13.272.000	31.022.000	52.101.000
Berekend warmtetarief [€/GJ]			
Warmtetarief	**42,46**	**32,75**	**22,28**

4.1.2 Centrum Nieuw West

De casus Centrum Nieuw West kent één variant, een ZLT-bronnet. Voor deze variant zijn een drietal volloopscenario’s doorgerekend tijdens de businesscase:

- Scenario laag: Suha 3 en Meervaart (oude en nieuwe locatie);
- Scenario midden: Suha 3, Meervaart (oude en nieuwe locatie), Tussenmeer-Zuid, Osdorpplein-West, Noordoosthoek en Tramlus;
- Scenario hoog: alle bouwblokken fase 2.

Tabel 11 geeft de uitkomsten voor de businesscase voor deze casus weer. De BAK komt uit op ongeveer 5.000 – 7.000 €/woning, afhankelijk van het scenario. Dit ligt in de buurt bij de BAK die Vattenfall op deze locatie rekent voor aansluitingen op het stadswarmtenet, namelijk zo'n 5.000 €/woning. Financieel gezien lijkt een systeem op basis van aquathermie dan ook haalbaar voor de casus Centrum Nieuw West. In vergelijking met de andere twee casussen scoort Centrum Nieuw West goed op de financiële haalbaarheid. Dit is een gevolg van de relatief hoge bouwdichtheid, waardoor leidinglengtes beperkt blijven en collectieve warmtepompen op gebouwniveau kunnen worden toegepast. De kosten van de collectieve warmtepompen zijn meegenomen in de financiële raming.

Kijkend naar tabel 11, is zichtbaar dat de verschillen tussen de scenario's klein zijn. Aanleiding hiervoor is dat het systeem modulair kan worden opgebouwd. Verder valt op dat de BAK per woning voor scenario midden hoger is dan voor scenario laag. Dit komt doordat er in dit scenario een relatief hoog aandeel utiliteit aanwezig is in verhouding tot het aantal woningen.

Tabel 11 Resultaten businesscase Centrum Nieuw West

Onderdeel	Laag	Midden	Hoog
Totaal [€]			
Bruto investering	8.028.000	14.989.000	22.215.000
BAK totaal (onrendabele top)	2.537.000	4.926.000	6.016.000
Netto-investering	2.768.000	5.449.000	6.565.000
Per aansluiting [€/aansluiting]			
Bruto investering	19.000	21.000	18.000
BAK woningen	**6.000**	**7.000**	**5.000**
BAK utiliteit	231.000	262.000	183.000
Netto-investering	7.000	8.000	5.000
CAPEX	13.000	13.000	12.000
Energiekosten	23.000	26.000	21.000
OPEX	13.000	13.000	11.000
Inkomsten	16.000	17.000	15.000

4.1.3 Oostoever

De casus Oostoever kent drie varianten, namelijk een ZLT-bronnet, LT-warmtenet en een MT-warmtenet. Voor iedere variant zijn een drietal volloopscenario's doorgerekend tijdens de businesscase:

- Scenario laag: alleen woningcorporaties (ca. 30% van alle woningen);
- Scenario midden: woningcorporaties en 50% van de overige woningen (ca. 65% van alle woningen);
- Scenario hoog: alle woningen.

De uitkomsten van de businesscase zijn weergeven in tabel 12, 13 en 14.

Tabel 12 Resultaten businesscase Oostoever (ZLT-bronnet)

Onderdeel	Laag	Midden	Hoog
Totaal [€]			
Bruto investering	7.806.000	17.173.000	26.473.000
BAK totaal (onrendabele top)	6.324.000	11.479.000	16.444.000
Netto investering	1.483.000	5.694.000	10.029.000
Per aansluiting [€/aansluiting]			
Bruto investering	24.000	24.000	25.000
BAK woningen	**19.000**	**16.000**	**15.000**
Netto investering	5.000	8.000	9.000
CAPEX	28.000	28.000	28.000
Energiekosten	18.000	19.000	18.000
OPEX	19.000	17.000	16.000
Inkomsten	52.000	57.000	59.000

Tabel 13 Resultaten businesscase Oostoever (LT-warmtenet)

Onderdeel	Laag	Midden	Hoog
Totaal [€]			
Bruto investering	7.541.000	15.550.000	23.316.000
BAK totaal (onrendabele top)	5.084.000	8.066.000	10.741.000
Netto-investering	2.457.000	7.484.000	12.575.000
Per aansluiting [€/aansluiting]			
Bruto investering	23.000	22.000	22.000
BAK woningen	**16.000**	**11.000**	**10.000**
Netto-investering	8.000	11.000	12.000
CAPEX	28.000	27.000	26.000
Energiekosten	9.000	10.000	10.000
OPEX	20.000	20.000	18.000
Inkomsten	52.000	57.000	59.000

Tabel 14 Resultaten businesscase Oostoever (MT-warmtenet)

Onderdeel	Laag	Midden	Hoog
Totaal [€]			
Bruto investering	7.643.000	15.382.000	23.086.000
BAK totaal (onrendabele top)	5.070.000	7.789.000	10.446.000
Netto-investering	2.573.000	7.593.000	12.640.000
Per aansluiting [€/aansluiting]			
Bruto investering	23.000	22.000	21.000
BAK woningen	**16.000**	**11.000**	**10.000**
Netto-investering	8.000	11.000	12.000
CAPEX	28.000	26.000	25.000
Energiekosten	15.000	16.000	17.000
OPEX	20.000	18.000	17.000
Inkomsten	59.000	65.000	66.000

De BAK per woning ligt rond de 10.000 -19.000 €/woning. Vergeleken met casus Centrum Nieuw West is dit vrij hoog, dit is als gevolg van dat de bouwdichtheid in Oostoever Sloterplas een stuk lager is waardoor leidinglengtes hoger uitvallen. Daarnaast gaat het om bestaande bouw, waardoor de inpassing in de woningen hogere kosten met zich meebrengt. Voor ongeveer hetzelfde geld kan een individuele warmtepomp worden aangeschaft. Uit het onderzoek van DWA blijkt echter dat dit slechts voor een aantal woningen in de buurt een optie is. Bij veel woningen ontbreekt de ruimte voor de benodigde installaties (warmtepomp en vooral de buiten-unit). Er zijn verschillende mogelijkheden voor het verbeteren van de business-case. De belangrijkste zijn het plaatsen van een piekvoorziening en het verwerven van SDE++-subsidie. Ook de invloed van de gehanteerde rendementseis is relatief groot. Deze aspecten zijn meegenomen in de gevoeligheidsanalyse (zie XX).

In tabel 12, 13 en 14 is te zien dat de uitkomsten van de varianten aanzienlijk van elkaar verschillen. Een ZLT-bronnet heeft de hoogste onrendabele top (BAK). Het plaatsen van individuele warmtepompen in grondgebonden woningen is erg kostbaar in vergelijking met een collectieve warmtepomp (zoals bij LT- en MT-warmtenet). De energiekosten die de bewoner/ gebruiker betaalt (zie 'inkomsten' voor exploitant in de tabel) zijn wel lager dan bij een MT-warmtenet. Dit geldt echter niet in vergelijking met een LT-warmtenet.

De verschillen tussen een LT- en MT-warmtenet zijn relatief klein. De BAK is gelijk, maar de energiekosten die de bewoner/gebruiker betaalt zijn bij een MT-warmtenet hoger. Over de gehele levensduur zijn de energiekosten voor de bewoner zo'n 7.000 €/ woning lager bij een LT-warmtenet. Daarentegen zijn er bij een ZLT-bronnet en LT-warmtenet ook nog kosten voor het aanpassen en verduurzamen van de woning. Bij aansluiting op een MT-warmtenet zijn deze aanvullende kosten relatief beperkt, doordat er al hogere temperaturen geleverd worden. Gezien de maatregelen worden de meerkosten van een Z(LT)-systeem ten opzichte van een MT-systeem grofweg ingeschat op zo'n € 7.000 (bij radiatoren/convectoren) tot € 15.000 (bij vloerverwarming) per woning.

Over de gehele levensduur betaalt de bewoner dus ongeveer dezelfde kosten bij een LT-warmtenet als bij een MT-warmtenet. In het geval van een LT-warmtenet is de investering 7.000 €/woning hoger (uitgaande van LT-radiatoren convectoren) terwijl de energiekosten over de gehele levensduur juist 7.000 €/woning lager zijn.

4.2 TTK-analyse

De totale ketenkosten analyse (TKK-analyse) is ontwikkeld en uitgevoerd door de gemeente Amsterdam. Deze methode kijkt naar de totale maatschappelijke kosten voor verschillende duurzame warmtesystemen en vergelijkt de TKK van aquathermie met die van andere duurzame bronnen op woningniveau. De analyse is uitgevoerd voor de casus Centrum Nieuw West en Oostoever. De casus Stadswarmte is niet geanalyseerd op de TKK aangezien hier al een stadswarmtenet aanwezig is en dus niet op woningniveau gerekend kan worden.

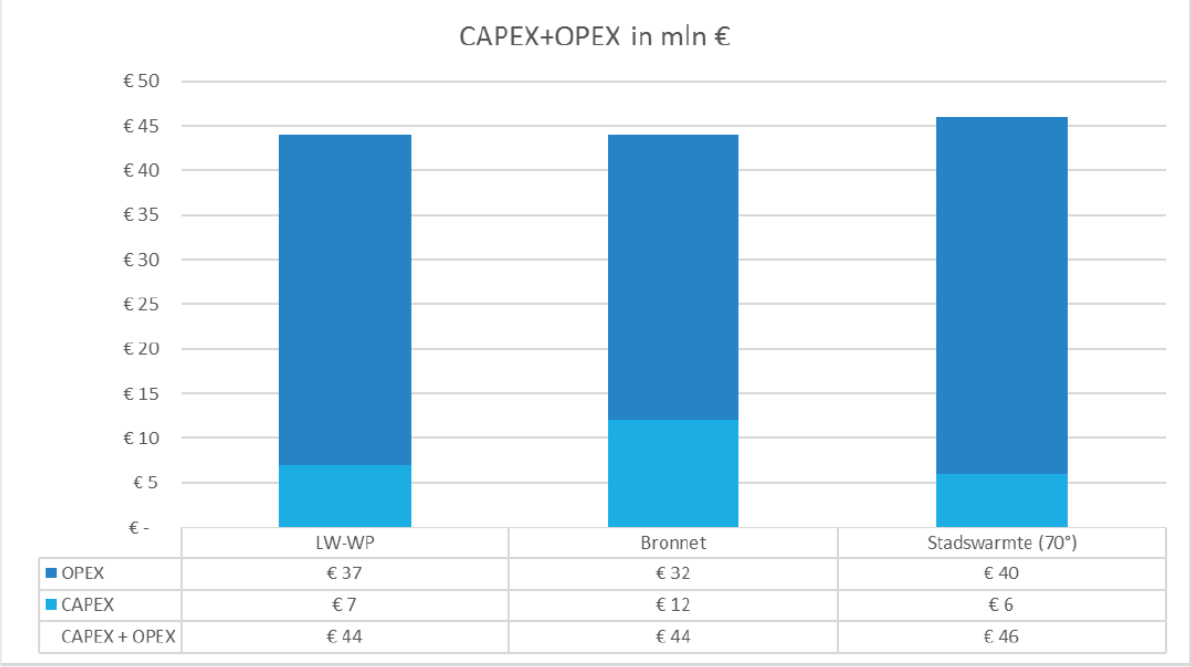
De afweging vindt plaats op kosten en duurzaamheid (energie-efficiënte en CO_2 uitstoot). Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van uitgangspunten en kengetallen (zie bijlage D). De financiële resultaten worden netto-contant gemaakt (NCW) en de duurzaamheid wordt uitgedrukt in het equivalent opwekkingsrendement (FPdel) en CO_2 uitstoot systeem. Er wordt uitgegaan van een 40 jarige evaluatieperiode.

TKK-analyse Centrum Nieuw West

De onderzochte varianten zijn;

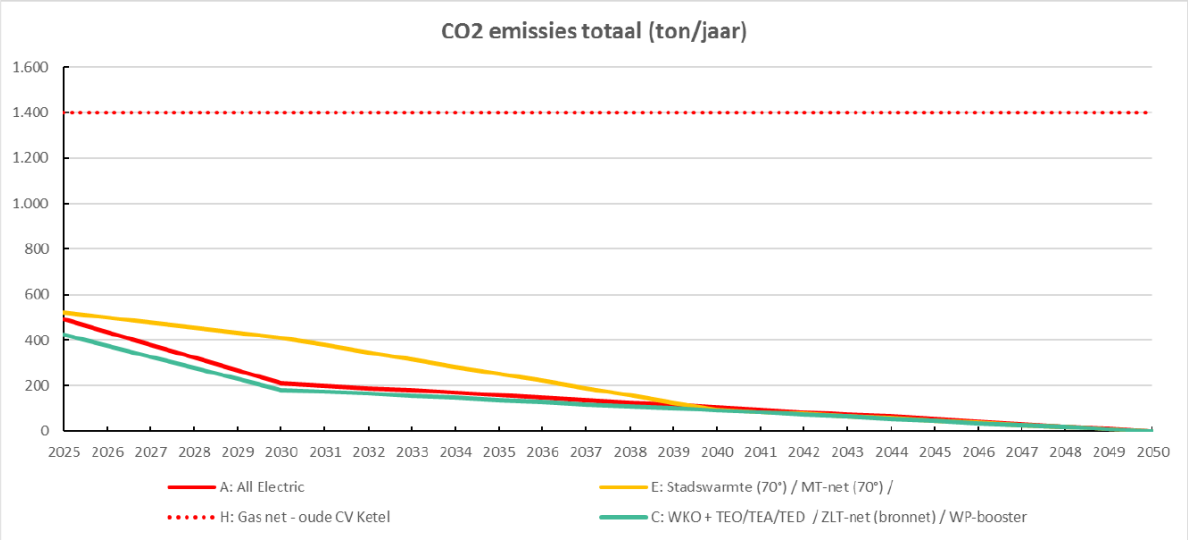
- Aquathermie; bronnet met warmtepomp per pand (bij gestapelde bouw warmtepomp per complex met individuele afleversets)
- Individuele lucht-water warmtepomp per pand (All electric)
- Stadswarmte (70 °C)

Onderstaande figuur 16 toont de resultaten van de kostenanalyse. De kosten van de verschillende varianten zijn vergelijkbaar. De investering (capex) van de bronnetvariant ligt het hoogst, de verbruikskosten (opex) liggen het laagst.



Figuur 16 CAPEX + OPEX Centrum Nieuw West

Figuur 17 laat het resultaat op duurzaamheid zien. Qua duurzaamheid scoort aquathermie het beste. Over de looptijd stoot de bronnetvariant 2.000 ton minder CO2 uit dan de stadswarmte variant. In 2050 hebben alle systemen een CO2 uitstoot van 0. Stadswarmte (gele lijn) verduurzaamt minder snel dan de varianten op lagere temperaturen.



Figuur 17 CO2-emmisies totaal (ton/jaar) Centrum Nieuw West

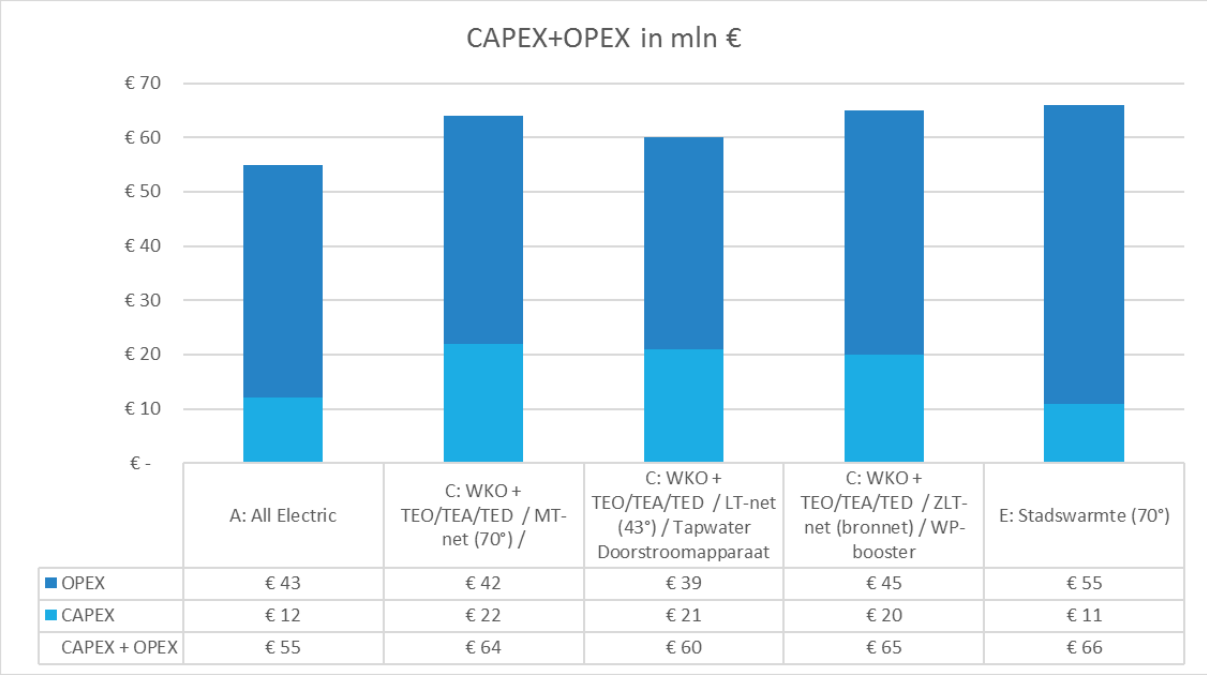
TKK-analyse Oostoever

De onderzochte varianten zijn;

- Aquathermie;
    - bronnet met warmtepomp per pand (bij gestapelde bouw warmtepomp per complex met individuele afleversets)
    - LT-warmtenet (43 °C) met tapwater-booster per woning
    - MT-warmtenet (70 °C) met centrale warmtepomp
- Individuele lucht-water warmtepomp per pand (All electric)
- Stadswarmte (70 °C)

De resultaten van de totale kosten laat zien dat variant A: All Electric, met een individuele warmtepomp per pand is de goedkoopste optie.

De marges tussen de verschillende varianten zijn klein, met een maximum van 20%. De marge tussen TEO varianten en stadswarmte is minder dan 10%.



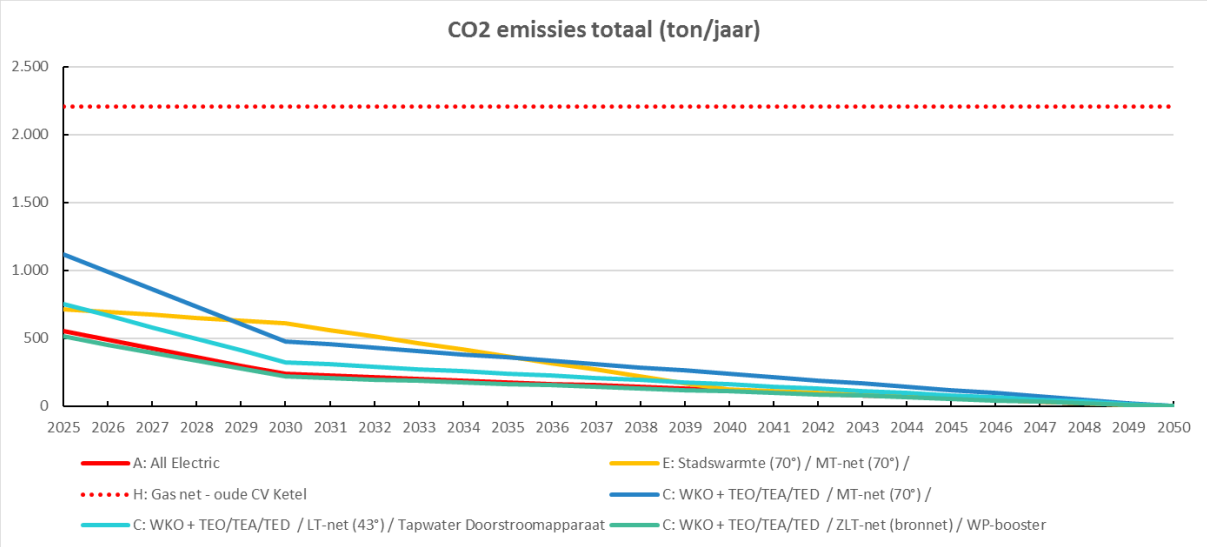
Figuur 18 CAPEX en OPEX Oostoever

Onderstaande figuur geeft de netto contante waarde. Hier scoort stadswarmte beter dan een MT-net en LT-net, door lagere voorinvesteringen. All electric is nog steeds de goedkoopste optie.

	NCW/pand (met isolatie)
A: All Electric	€-31.000,00
C: WKO + TEO/TEA/TED / MT-net (70°) /	€-39.000,00
C: WKO + TEO/TEA/TED / LT-net (43°) / Tapwater Doorstroomapparaat	€-38.000,00
C: WKO + TEO/TEA/TED / ZLT-net (bronnet) / WP-booster	€-39.000,00
E: Stadswarmte (70°)	€-34.000,00

Figuur 19 Netto constante waarde Oostoever

Figuur 20 laat het resultaat op duurzaamheid zien. In 2050 hebben alle systemen een CO2 uitstoot van 0. Stadswarmte (gele lijn) verduurzaamt minder snel dan de varianten op lagere temperaturen.



Figuur 20 CO2-emissies totaal (ton/jaar) Oostoever

Belangrijk is dat in deze berekening gebouwaanpassingen niet zijn meegenomen in de berekeningen. De netverzwaring is wel meegenomen vanuit een kengetal van Liander.

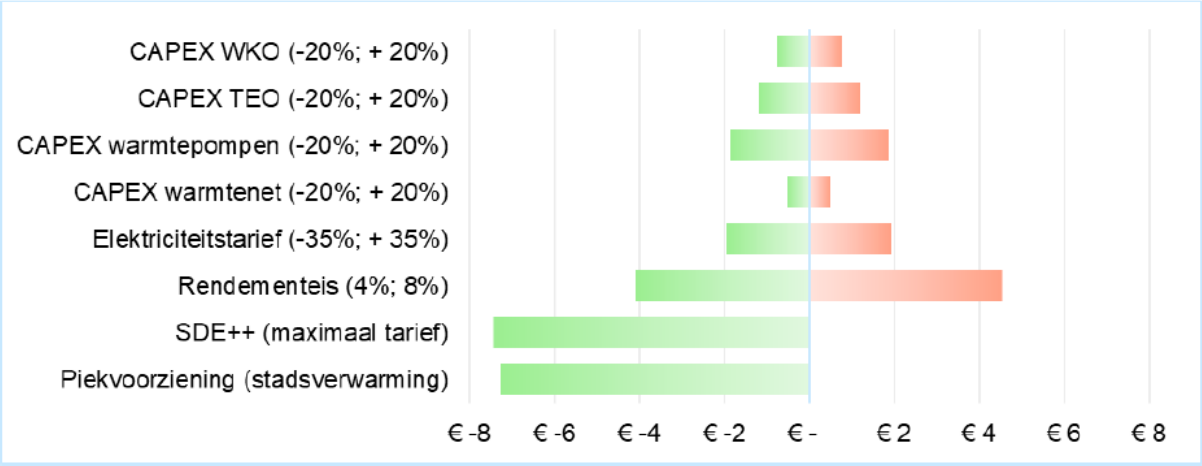
4.3 Risico's en optimalisaties

Door Merosch is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de business-case. Hierin is de invloed op de belangrijkste uitkomst van de business-case, de BAK (in het geval van casus Stadsverwarming; warmtetarief) van diverse uitgangspunten in beeld gebracht. Uitgangspunten voor dit onderzoek zijn als volgt:

Uitgangspunten	Minimale instelwaarden	Maximale instelwaarden	Opmerkingen
CAPEX	-20%	+20%	
Elektriciteitstarief	-35%	+35%	Excl. Belastingen en ODE
Warmtetarief	-35%	+35%	
Rendementseis	4%	8%	Gericht op exploitant

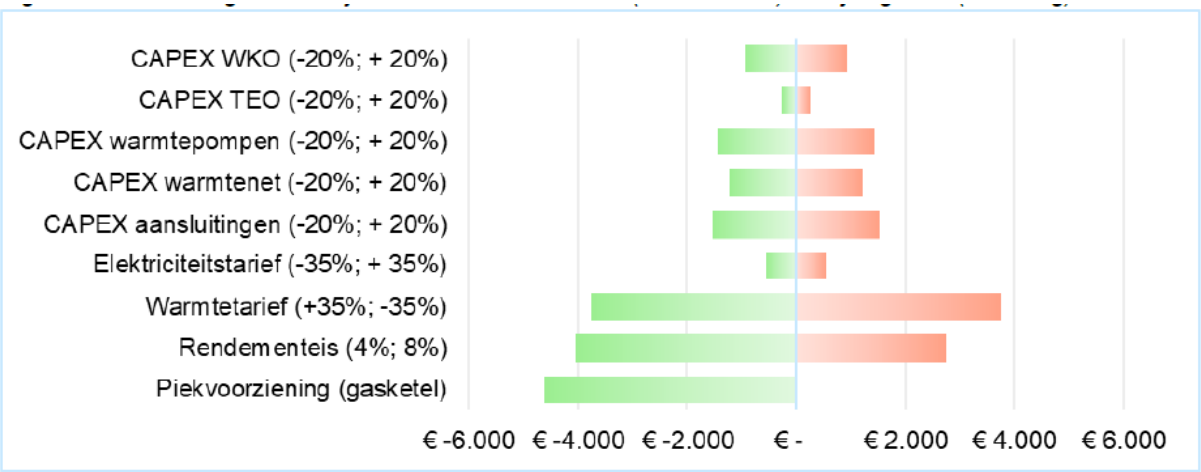
Hiernaast is een uitgangspunt de mogelijkheid om de SDE++ subsidie toe te passen op het gebruik van aquathermie als duurzame warmtevoorziening. De SDE++ is een exploitatiesubsidie voor de levering van CO_2-arme warmte. Verder wordt de mogelijkheid van een piekvoorziening vanuit een gasketel of stadsverwarming geanalyseerd. Deze optie zou betekenen dat de basislast van warmte door aquathermie wordt voorzien, maar in het geval van een extreme warmtevraag de pieklast opgevangen wordt door een gasketel (of andere hoge temperatuur-oplossing zoals stadswarmte). Hier wordt uitgegaan van 20% dekking van de totale warmtevraag en 70% van het totale verwarmingsvermogen vanuit de gasketel. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in figuur 21 tot en met 25.

Stadswarmte



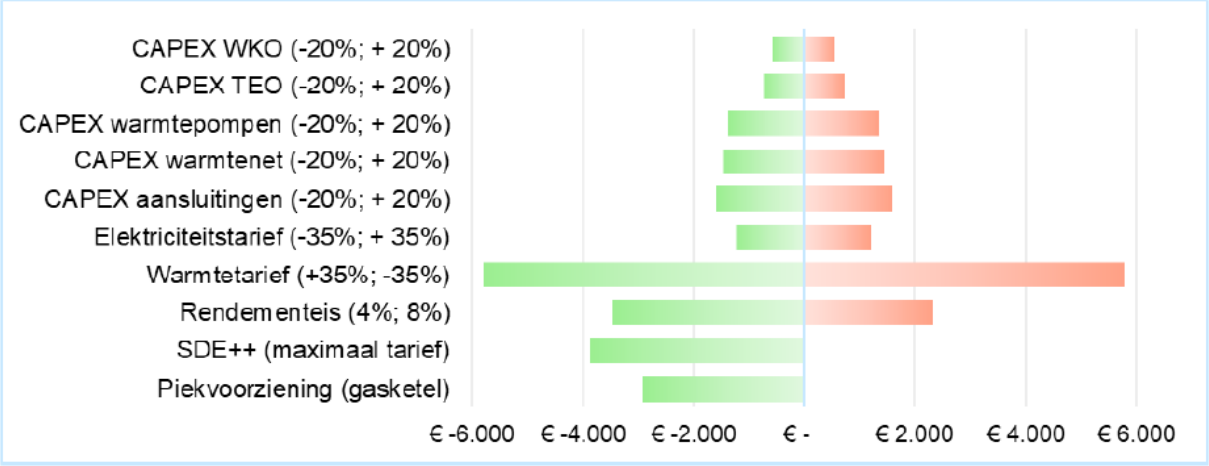
Figuur 21 Gevoeligheidsanalyse Stadsverwarming (MT-warmtepomp): afwijking warmtetarief in €/GJ

Centrum Nieuw West

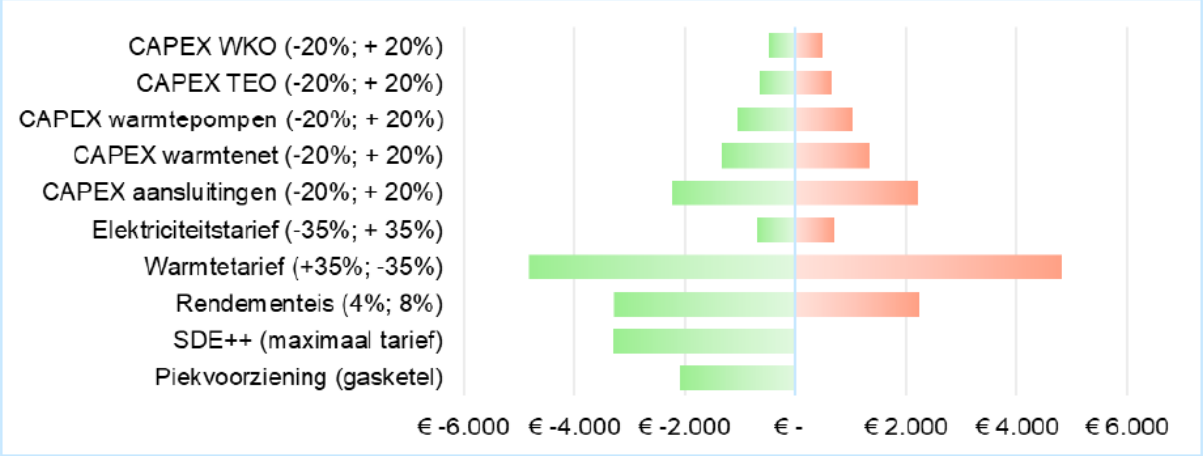


Figuur 22 Gevoeligheidsanalyse Centrum Nieuw West (ZLT-bronnet): afwijking BAK (€/woning)

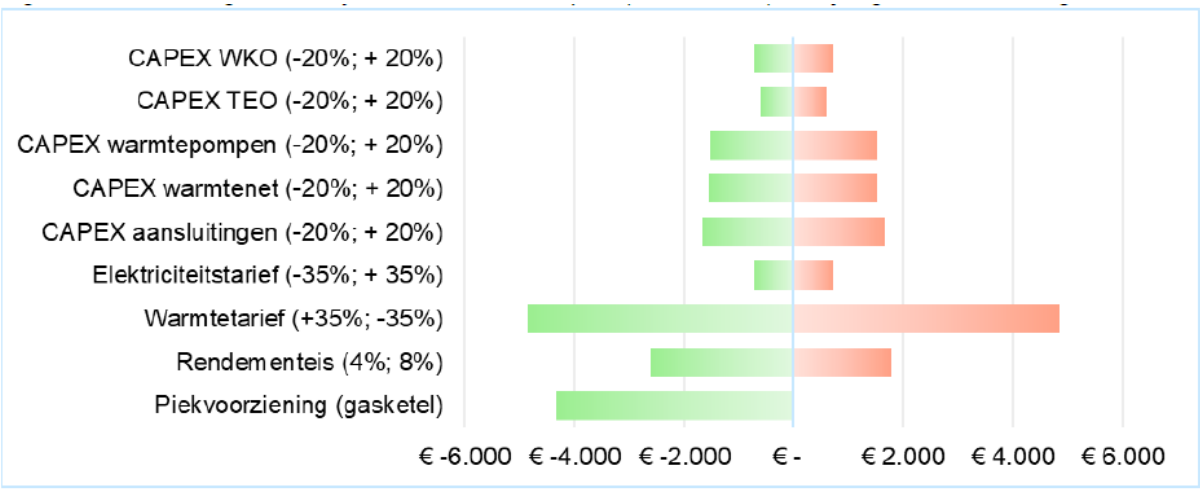
Oostoever



Figuur 23 Gevoeligheidsanalyse Oostoever (MT-warmtenet): afwijking BAK (€/woning)



Figuur 24 Gevoeligheidsanalyse Oostoever (LT-warmtenet): afwijking BAK (€/woning)



Figuur 25 Gevoeligheidsanalyse Oostoever (ZLT-warmtenet): afwijking BAK (€/woning)

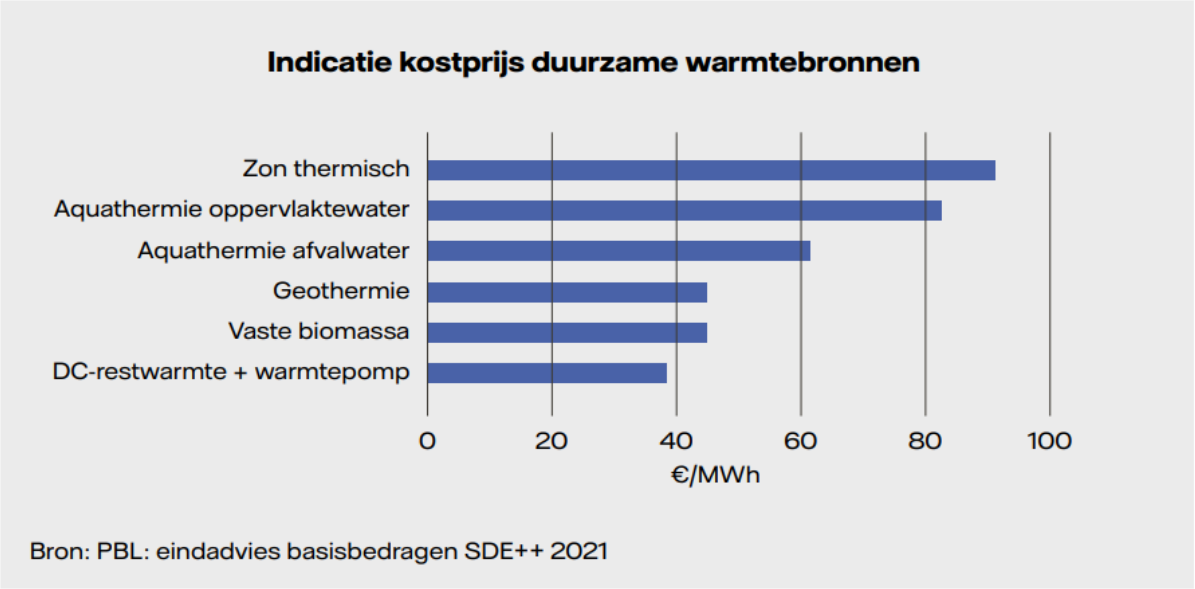
Uit de gevoeligheidsanalyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- CAPEX: het hoger of lager uitvallen van investeringskosten in WKO en TEO-systemen heeft beperkte invloed op de uitkomsten van de business-cases. Dit komt doordat de WKO en TEO een relatief klein aandeel hebben in de totale investering. Wijzigingen in investeringskosten voor warmtepompen, het warmtenet en woningaansluitingen hebben daarentegen wat meer invloed op de uitkomsten. De investeringskosten van deze componenten maken in de meeste gevallen dan ook een groter deel uit van de totale investering.
- Elektriciteitstarief: wijzigingen in de hoogte van het elektriciteitstarief hebben een beperkt effect op de uitkomsten van de business-cases. Voor MT-systemen is dit effect wel wat groter dan voor (Z)LT-systemen, als gevolg van het hogere elektriciteitsverbruik van MT-systemen.
- Warmtetarief: de hoogte van het warmtetarief heeft grote invloed op de uitkomsten van de business-case. Dit komt doordat de BAK en het warmtetarief samen een groot deel van de inkomsten van de exploitant vormen. Hier geldt: hoe hoger het warmtetarief, hoe lager de BAK en vice versa.
- Rendementseis: de rendementseis van de exploitant heeft veel invloed op de resultaten van de business-cases.
- SDE++-subsidie: het verwerven van een SDE++-subsidie, waarvoor (alleen) de LT- en MT-varianten in aanmerking komen, kan de business-case sterk verbeteren. Er is nu gerekend met het maximale fasebedrag (laatste openstellingsfase). Indien wordt ingeschreven in een eerdere openstellingsfase, is het subsidiebedrag lager en is het positieve effect op de business-case kleiner.
- Piekvoorziening: door de warmtepomp, WKO en TEO alleen in te zetten voor basislast, kunnen zij kleiner worden gedimensioneerd. In aanvulling daarop is dan wel een piekvoorziening nodig (gas of stadswarmte). Deze configuratie verbetert de business-cases aanzienlijk. Dit komt met name doordat de piekvoorziening veel lagere investeringskosten heeft. De energiekosten zijn wat hoger.

4.4 Aandachtspunten & afwegingen

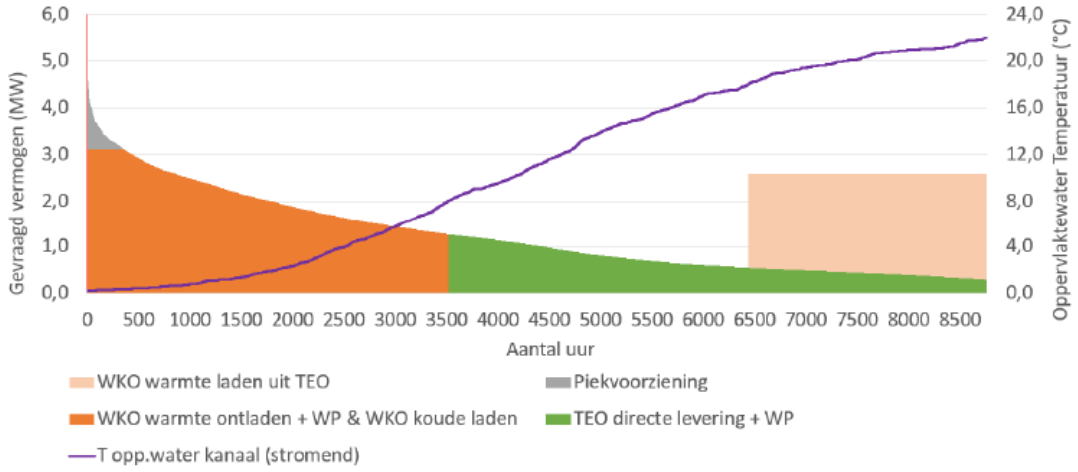
Voor de duurzame warmtevergelijking zijn een aantal aandachtpunten en afwegingen te formuleren.

- Voor de levering van warmte op basis van een aquathermie-systeem aan een WOS van stadswarmte is een schaal nodig die groter is dan die van een warmtevraag van circa 500 woningen waarop de meeste stations zijn gedimensioneerd.
- De uitkomst van de business-case Stadswarmte laat een gemiddeld tarief van 32,75 €/GJ zien. Dit is omgerekend 108 €/Mwh. Dit is aanzienlijk hoger dan de bedragen die in het rapport van de SDE++-subsidie 2022 weergegeven zijn, zie figuur 26. Een van de verklaringen hiervoor kan zijn dat er in het onderzoek met prijspeil 1 januari 2022 is gerekend, waardoor (een deel van de) recente sterke kostenstijgingen is meegenomen.



Figuur 26 Kostprijs duurzame warmtebronnen vanuit de SDE++-subsidie 2021

- De SDE++-subsidie kan het gat in de business-case van bijvoorbeeld Stadswarmte verkleinen. Hier wordt in het scenario 'hoog' uitgegaan van een warmtetarief van 22,28 €/GJ. De toevoeging van de SDE++-subsidie zou dit bedrag omlaag kunnen brengen tot een tarief van circa 15 €/GJ, wat een meer concurrerend tarief is. Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat SDE++-subsidie alleen subsidiabel is onder de grens van 300 €/ton CO2.
- Het uitwerken van een variant waarin aquathermie de basislast levert en er een losse piekvoorziening is (zoals stadswarmte) kan de businesscase aanzienlijk verbeteren. Het beperkt de noodzakelijke omvang van de TEO-installatie en warmtepomp aanzienlijk, wat een lagere investering geeft. Een piekvoorziening hoeft hiervoor maar een klein deel van de totale warmte te leveren (zie figuur 27).



Figuur 277 Jaarbelasting duurkromme (Warming-Up, 10 juni 2022)

- De mogelijkheden om een bronnetsysteem bij nieuwbouw (Centrum Nieuw West) modulair op te bouwen maakt dat de invloed van schaal hier relatief beperkt is. Dat geeft mogelijkheden om een systeem voor enkele gebouwen op te zetten.
- In vergelijking tot het Transitie Visie Warmte (TVW) van de gemeente Amsterdam, geeft de TKK andere resultaten voor de wijk Oostoever. De TVW geeft aan dat Oostoever een voorkeursoplossing voor 'warmtenet' heeft. Uit de TKK volgt dat de optie all-electric de laagste totale ketenkosten heeft. De verschillen zijn (zowel in de TVW als in de TKK) klein.
- Voor bestaande woningen heeft het kabinet aangekondigd dat vanaf 2026 bij ketelvervanging geen CV meer mag worden geïnstalleerd, maar minimaal een hybride warmtepomp. De ruimte hiervoor ontbreekt in veel woningen in Oostoever. De uitkomsten van de businesscase en de TKK geven tegen deze achtergrond aanleiding om collectieve systemen (LT en MT) op korte termijn verder uit te werken.

5 Organisatie Warmteketen

5.1 Projectorganisatie

De organisatie van dit project bestond uit een projectgroep met projectleiding, een stuurgroep en een extern bureau. Onderstaand zullen kort de verschillende aspecten van de projectorganisatie nader worden toegelicht.

Projectleiding en projectgroep

De initiatiefnemers en opdrachtgevers van het onderzoek zijn gemeente Amsterdam en Waternet. In de uitvoering van het onderzoek is samengewerkt met Vattenfall. Deze partijen hebben voor de dagelijkse aansturing een projectgroep opgericht. In de projectgroep bevinden zich medewerkers van de Gemeente Amsterdam, Waternet, Vattenfall, een extern bureau en een externe projectleider. In de projectgroep heeft afstemming plaatsgevonden over de voortgang van het onderzoek en tussen de deelnemende partijen. De voorzitter van het overleg van de projectgroep was een externe projectleider die ook penvoerder was van dit rapport.

Stuurgroep

Voor de aansturing van het project is een stuurgroep opgericht, waarin de deelnemende partijen zitting hebben. Deze stuurgroep heeft gestuurd op de scope en op de voortgang van het project. Deelnemende partijen zijn de gemeente Amsterdam, Waternet en Vattenfall. De leden van de stuurgroep zijn: Rozemarijn Doornewaard (Amsterdam), Andre Struker (Waternet) en Martin Buijck (Vattenfall). De stuurgroep heeft aan het eind van elke fase (haalbaarheidsfase, ontwerpfase) besloten of er met de volgende fase gestart kon worden of dat er eerst aanpassingen moeten worden getroffen.

Extern bureau

Voor de technische onderbouwing van het wijkplan op het niveau van schetsontwerpen is een extern bureau (Merosch in combinatie met VHGM) ingehuurd. Merosch heeft informatie geleverd met betrekking tot vraag en aanbod (warmte en koude), warmtesysteem met warmtewisselaar, WKO, warmtepomp en bronnet of warmtenet. Aan de hand van deze informatie en informatie geleverd vanuit andere partijen is voor elke casus een schetsontwerp met kostenraming en businesscase opgesteld.

5.2 Opties warmteketen

Een belangrijk onderdeel in de haalbaarheid en realisatie van TEO als warmte en/of koude bron is de organisatie van de warmteketen. Hierbij zijn de zijn de bron (de Sloterplas en benodigd aan te brengen warmtewisselaar), de opslag (WKO), het netwerk (bronnet) en de collectieve of individuele warmtepompen met warmteafgifte in de betrokken gebouwen te onderscheiden. Om tot toepassing van TEO te komen dient er bepaald te worden welke partij welke onderdelen gaat realiseren en exploiteren, en hiermee welke rol(len) zij in de warmteketen gaat spelen.

Relevante wet- en regelgeving is op dit moment aan verandering onderhevig. Het Rijk bereidt de herziening van de Wet collectieve warmte voorziening (‘Warmtewet 2.0’) voor, die naar verwachting in 2023 of 2024 in werking treedt. De verwachting is dat in ieder geval de warmtenetwerken in publieke handen komen. Er zijn drie mogelijke opties voor de organisatie van de warmteketen:

1. Eén eigenaar die verantwoordelijk is voor de gehele keten, van water tot klant.
2. Een tweede optie is om tot een onderverdeling te komen tussen bron, netwerk en levering. In lijn met de verwachte aanpassing van de warmtewet ligt het hierbij voor de hand om het warmtenetwerk publiekelijk eigendom te maken. Het is denkbaar dat Waternet vanuit haar rol de bron exploiteert. Levering van warmte kan door de partij die ook het netwerk of de bron exploiteert, of door een derde partij. Dat kan zowel een commerciële leverancier zijn als een coöperatie.
3. De derde optie is een coöperatie, bijvoorbeeld vanuit Duurzaam Oostoever. Zij denken na over een eigen rol over de gehele of een deel van de warmteketen, waarin zij sturing of eigenaarschap zouden kunnen vervullen.

6 Conclusies en vervolg

6.1 Conclusies

De conclusies worden getrokken aan de hand van de onderzoeksvragen.

(Deel)onderzoeksvragen:

- Welke potentie voor aquathermie is er vanuit de Sloterplas?

De Sloterplas heeft een potentie om circa 400 TJ per jaar aan warmte te leveren. Dat is genoeg om de hele gebouwde omgeving rondom de Sloterplas van warmte te voorzien. Verder kan er door de grote diepte van de plas gedurende het hele jaar koude worden geleverd.

- Onder welke voorwaarden kan er tot levering van duurzame koude en warmte vanuit de Sloterplas aan de gebouwde omgeving worden gekomen?

Technisch is het leveren van warmte en koude vanuit de Sloterplas goed mogelijk. Door de grote diepte van de plas kan thermische kortsluiting worden voorkomen en kunnen problemen door een te grote afkoeling van het water worden vermeden. De bodem rondom de Sloterplas is zeer geschikt voor warmte-koude opslag (WKO). Met een verbindend bronnet en warmtenet kan de warmte naar de gebouwen worden gebracht. Een buurtwarmtepomp of warmtepompen op gebouwniveau warmt het water op tot de benodigde temperatuur. Een aandachtspunt is het ondergrondse en bovengrondse ruimtebeslag van de benodigde installaties en het bronnet of warmtenet. Zeker bij varianten met een buurtwarmtepomp zijn flinke technische ruimten nodig. Het is een uitdaging om hier in de schaarse openbare ruimte een goede plek voor te vinden.

Of het leveren van warmte en koude vanuit de Sloterplas economisch goed mogelijk is hangt af van de situatie.
Als bron voor het bestaande stadswarmtenet komen de kosten relatief hoog uit, veel hoger dan de bestaande warmtebronnen (afvalverbranding AEB en biomassa). De kosten liggen bijvoorbeeld ook hoger dan het alternatief om warmte vanuit data-centres als bron voor stadswarmte te benutten. De belangrijkste redenen hiervoor zijn als volgt. Er is in het bestaande systeem een minimale temperatuur van 70 °C nodig, onder meer om aan de eisen voor tapwater te voldoen. Dat vereist een grote opwarming vanuit de temperatuur van de aquathermie/WKO. Daarnaast kan er alleen worden ingevoed op een warmteoverdrachtstation (WOS). Het transportnet heeft voor aquathermie een te hoge temperatuur ≥ 90 °C. Hierdoor is de schaal van het aquathermie-systeem beperkt (tot circa 500 woningen per WOS). Dit beperkt de potentie van schaalgrootte. Het inzetten van aquathermie als basislast en stadswarmte als piekvoorziening kan de businesscase aanzienlijk verbeteren.
Als bron voor nieuwbouw (Centrumgebied Osdorpplein) is het leveren van warmte en koude vanuit de Sloterplas economisch goed mogelijk. De kosten liggen gelijk aan de alternatieven individuele warmtepompen en stadswarmte. Het voordeel van een aquathermie-systeem is dat er ook koude geleverd kan worden voor koeling van de aangesloten gebouwen. Uit de (Totale Keten Kosten) vergelijking komt dat aquathermie het beste scoort qua duurzaamheid.
Aquathermie lijkt economisch een mogelijke duurzame bron voor bestaande bouw (Oostoever). Uit de (Totale Keten Kosten) vergelijking komt een gebouwgebonden oplossing (een lucht-water warmtepomp) er weliswaar als optie met de laagste kosten uit, maar de verschillen met de andere

varianten zijn klein. Uit de businesscases volgt dat een systeem met collectieve buurt-warmtepompen (middentemperatuur of lage temperatuur) de laagste kosten kent. Dit sluit aan bij de conclusie van een onderzoek door het bureau DWA, dat in opdracht van de energiecoöperatie Oostoever Duurzaam wordt uitgevoerd. Hierin staat dat individuele warmtepompen in veel woningen niet goed in te passen zijn.

Vanuit de Sloterplas kan duurzame warmte en koude worden geleverd. Hoe lager de voor de aangesloten gebouwen noodzakelijke temperatuur, hoe duurzamer (efficiënter) het systeem (er is dan immers minder elektriciteit nodig). Het verschil met alternatieven is niet zo groot, omdat er vanuit wordt gegaan dat elektriciteit en de bronnen voor stadswarmte richting 2050 volledig duurzaam worden.

- Aan welke voorwaarden moet de gebouwde omgeving voldoen voor het inzetten van duurzame koude en warmte vanuit de Sloterplas?

In het algemeen geldt: hoe beter geïsoleerd de gebouwen zijn en hoe lager de benodigde temperatuur is, hoe beter er vanuit de Sloterplas duurzame warmte en koude kan worden geleverd. De maximale temperatuur die verantwoord kan worden bereikt is 70 °C. De efficiëntie en duurzaamheid van het systeem verbetert bij lagere temperaturen: 50 °C (of minder). Voor het stadswarmtenet betekent dit dat alleen decentraal kan worden ingevoed (op een WOS). Voor de transportleidingen is de temperatuur vanuit aquathermie te laag.

- Hoe kan levering van duurzame koude en warmte vanuit de Sloterplas aan de gebouwde omgeving worden georganiseerd?

Er worden drie organisatievormen onderscheiden. 1. Een integraal warmtenet, waarbij één partij verantwoordelijk is voor de gehele keten. 2. Een onderverdeling tussen bron, netwerk en levering. 3. Een coöperatie (bijvoorbeeld vanuit Duurzaam Oostoever), die een deel van of de gehele warmteketen op zich neemt (al dan niet in samenwerking met andere partijen).

- Welke concrete kansen zijn er voor realisatie?

Voor het Centrumgebied Osdorpplein kan aquathermie een mooie bron voor warmte en koude zijn voor de nieuwe Meervaart, de locatie oude Meervaart en liefst andere te ontwikkelen gebouwen in het gebied.
Voor de buurt Oostoever is er enthousiasme en een lopend buurtproces om tot een duurzame warmte-transitie te komen vanuit de coöperatie Duurzaam Oostoever. Een collectief buurtsysteem (lage of midden temperatuur) komt uit hun eigen studie (met de nadruk op de mogelijkheden in de woningen) en vanuit de businesscase van voorliggend onderzoek als voorkeur naar voren.

- Welke kansen zijn er om de levering van aquathermie warmte te combineren met waterkwaliteitsverbetering?

Bij aquathermie worden grote hoeveelheden water verpompt, dit geeft kansen voor een combinatie met waterkwaliteitsverbetering. Om stikstof af te vangen in combinatie met TEO zijn vooral technieken gebaseerd op nitrificatie en denitrificatie geschikt. Mogelijke technieken zijn een belucht helofytenfilter, een nitrificerend+ denitrificerend zandfilter en een moving Bed Biofilm Reactor

(MBBR). Een helofytenfilter vraagt veel ruimte (3 ha) is vooral te combineren met de inpassing in een park-, natuur- of oeverzone. Het zandfilter en de MBBR hebben een veel kleinere voetafdruk. Inpassing in de (schaarse ruimte in de) omgeving is hierbij een belangrijk aandachtspunt.

6.2 Vervolg

Aquathermie als duurzame bron voor stadswarmte

De afwegingscriteria voor (aanvullende) duurzame bronnen op het stadswarmtenet zijn kosten en duurzaamheid. Daarnaast is er de wens om tot diversificatie van bronnen te komen. De kosten voor aquathermie liggen (veel) hoger dan de kosten voor restwarmte vanuit de afvalverbranding. De kosten lijken ook hoger te liggen dan andere alternatieven, zoals warmte vanuit data-centres. De bronnenstrategie voor 100% duurzame stadswarmte in 2040 wordt op dit moment vormgegeven. Daarbij lijkt er op korte termijn geen aanleiding om tot realisatie van een aquathermie systeem voor bestaande stadswarmte-levering te komen. Op wat langere termijn kan dit wel in beeld komen. Zeker als de temperatuur van het stadswarmtenet (op veel momenten) gaat zakken naar 65-70 graden en er alternatieve oplossingen komen voor veilig tapwater (legionella) op woningniveau. Ook het combineren van aquathermie als basislast met stadswarmte als piekvoorziening biedt mogelijkheden. Dan kunnen er meer mogelijkheden ontstaan voor lage temperatuur warmte.

Aquathermie voor nieuwbouw Centrumgebied Osdorpplein

Aquathermie lijkt een goede bron voor warmte en koude voor de nieuwe Meervaart, de locatie oude Meervaart en liefst andere te ontwikkelen gebouwen in het gebied. Om tot realisatie te komen is minimaal een regierol en mogelijk een ontwikkelende rol van de gemeente noodzakelijk. Dit dient op korte termijn te worden ingevuld, anders komt er geen collectief (aquathermie)systeem maar zal het per gebouw worden ingevuld.

Aquathermie voor duurzame verwarming Oostoever

Aquathermie lijkt een van de mogelijke oplossingen voor een duurzame verwarming van de woningen in de buurt Oostoever. Mede op basis van de uitkomst van het onderzoek van DWA in opdracht van de bewonerscoöperatie Oostoever en de TKK-analyse is er aanleiding om de varianten LT- en MT-net verder uit te werken. De bewoners-coöperatie Oostoever is actief om tot uitwerking van de opties te komen om een keuze te kunnen maken. Draagvlak voor verandering wordt steeds verder opgebouwd. Verdere uitwerking van de aquathermie varianten zijn nodig om een goede keuze te kunnen maken (techniek, zoals locatie in en uittredepunt, technische ruimtes in de buurt, woningaanpassingen; organisatie van de warmteketen, businesscase).

Bijlagen

a. **Notitie Inventarisatiefase d.d. 25-04-22**
b. **Notitie Variantenanalyse d.d. 25-04-22**
c. **Fasedocument Schetsontwerp d.d. 16-06-22**
d. **Fasedocument Financiële analyse d.d. 01-07-22**
e. **TKK Centrum Nieuw West d.d. 07-07-22**
f. **TKK Oostoever Sloterplas d.d. 01-07-22**