



Haalbaarheidsstudie Oog in Al aardgasvrij

Gemeente Utrecht | Oog voor Warmte

Maart 2024 | Frank Kramer & Jonas Dijkstra

Haalbaarheidsstudie Oog in Al aardgasvrij

Opdrachtgevers

Oog voor Warmte
Gemeente Utrecht

Adviseur

Ekwadraat BV
Ynduksjewei 4
8914 CA Leeuwarden
T. 088 4000 500
info@ekwadraat.com

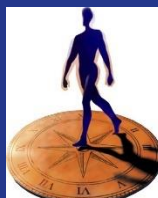
Colofon

Contactpersoon: Jonas Dijkstra
Auteurs: Frank Kramer & Jonas
Dijkstra
Versie: V003
Status: Definitief
Datum: Maart 2024
Projectnummer: 110964

Dit rapport is mede mogelijk gemaakt door de subsidie van Provincie Utrecht en Rabobank Utrecht.



PROVINCIE  UTRECHT



Rabobank



Samenvatting

Naar aanleiding van een eerste verkenning van mogelijke warmtesystemen voor de wijk Oog in Al te Utrecht heeft Ekwadraat een verdiepende technische/financiële haalbaarheidsstudie uitgevoerd. Het doel van deze haalbaarheidsstudie is om geschikte warmtesystemen voor de wijk te bepalen, en een advies te formuleren voor een voorkeurswarmtesysteem.

Dit onderzoek is breed ingestoken door te starten met een analyse van de betreffende wijk en de beschikbare warmtebronnen. Op basis van een eerste analyse van technische haalbaarheid zijn een groot aantal potentiële warmtebronnen afgefallen, en zijn zes kansrijke warmtesystemen geformuleerd.

Voor deze zes kansrijke warmtesystemen is een analyse uitgevoerd om de hoogte van de maatschappelijke kosten te bepalen. Twee van de kansrijke warmtesystemen zijn uitgesloten van verder onderzoek op basis van de hoogte van de maatschappelijke kosten:

- Individuele Lucht-Water warmtepompen
- Bronnet aquathermie + individuele warmtepompen
- Middentemperatuur (MT) warmtenet met aquathermie vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal
- Middentemperatuur (MT) warmtenet op basis van stadswarmtenet Eneco
- Lagetemperatuur (LT) warmtenet met aquathermie vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal
- Warmtenet op basis van PVT-panelen

Per stakeholder zijn businesscases berekend vanuit een 'niet meer dan anders' principe, waarbij de energielasten voor bewoners zijn vastgezet aan de hand van huidige aardgasprijzen. Op basis van dit uitgangspunt is de onrendabele top berekend. De onrendabele top is het gat in de businesscase dat ingevuld moet worden met maatschappelijk geld om de warmtesystemen te kunnen realiseren.

Ook zijn de warmtesystemen vergeleken op basis van de ruimtelijke impact binnen de woningen en in de wijk, en is een Multi-criteria analyse (MCA) toegepast om de niet-financiële waarde van de warmtesystemen, zoals duurzaamheid en comfort, te kunnen belichten en vergelijken.

Deze onderzoekstappen hebben geleid tot een advies voor optie 5 als meest geschikte warmtesysteem voor Oog in Al. Het advies voor optie 5 als voorkeurssysteem is tot stand gekomen op basis van de toekomstbestendigheid, geschiktheid voor de woningen in Oog in Al, positieve businesscase voor de bewoners, en de duurzaamheid en lokaliteit van de warmtebron.

Ekwadraat adviseert de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte om als vervolgstappen een participatietraject te organiseren, een ingenieurspartij in te huren voor een detailuitwerking van het voorkeurswarmtesysteem, en om gezamenlijk met relevante stakeholders naar een uitvoeringsplan toe te werken.



Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	6
2.	Wijk- en bronnenanalyse.....	7
2.1.	Kenmerken van de wijk.....	7
2.2.	Bronnenanalyse.....	8
2.3.	Zonthermie.....	9
2.4.	Elektrisch opwaarderen van warmte uit water/lucht/bodem.....	9
2.5.	Warmtelevering door Eneco.....	10
2.6.	Kansrijke warmtesystemen voor Oog in Al.....	11
3.	Maatschappelijke kosten.....	13
3.1.	CAPEX.....	13
3.2.	OPEX.....	14
3.3.	Maatschappelijke kosten.....	15
4.	Koeling.....	17
4.1.	Koelbehoefte.....	17
4.2.	Koelmethoden.....	18
4.3.	Voorkeurskoeling.....	19
4.4.	Effect van koeling op de netsituatie.....	19
5.	Business cases per stakeholder.....	21
5.1.	Bewoners.....	21
5.2.	Netbeheerder (W) & Warmteproducent.....	23
5.3.	Gevoeligheidsanalyse.....	24
5.4.	Conclusies.....	26
6.	Ruimtelijke impact.....	27
6.1.	Ruimtelijke impact in de woning.....	27
6.2.	Ruimtelijke impact in de wijk.....	29
7.	Multi-criteria analyse.....	33
7.1.	Financiën.....	34
7.2.	Duurzaamheid.....	35

7.3.	Bewonerscomfort	36
7.4.	Overig.....	38
8.	Conclusies en aanbevelingen	40



1. Inleiding

Gelegen in het westen van Utrecht, tussen het Amsterdam-Rijnkanaal en het Merwedekanaal, ligt de buurt Oog in Al. In de Transitie Visie Warmte (TVW) van de gemeente Utrecht is deze buurt aangewezen als een van de eerste buurten die de komende tien jaar over gaat stappen naar een duurzaam alternatief voor aardgas. Vanuit de Buurtaanpak Aardgasvrij heeft de gemeente middelen beschikbaar gesteld om in Oog in Al te starten met onderzoek en participatie. Oog in Al is ook het thuis van de betrokken en bevrogen bewonersinitiatief 'Oog voor Warmte'. De gemeente Utrecht heeft samen met Oog voor Warmte gekeken naar verduurzamingsmogelijkheden in de buurt. Beide partijen willen een verdiepende slag doen op deze eerste verkenning, om zo tot een goed geïnformeerd besluit te komen over het meest geschikte duurzame warmtesysteem voor Oog in Al.

Om deze volgende stap te zetten heeft Oog voor Warmte de ondersteuning van Energie Samen en Ekwadraat ingeroepen. Energie Samen en Ekwadraat zijn ingeschakeld om een energiecoöperatie te ontwikkelen in Oog in Al, en een gedegen haalbaarheidsonderzoek uit te voeren. Het rapport wat voor u ligt beschrijft het haalbaarheidsonderzoek dat duidelijkheid schept over de mogelijke opties om van het aardgas af te gaan. Bewoners van Oog in Al zijn gedurende het proces geïnformeerd, en hebben kansen gekregen om actief te participeren op bewonersavonden.

Het haalbaarheidsonderzoek voor Oog in Al dient op een hoger niveau bij te dragen aan de emissiereductiedoelstellingen waar Nederland zich aan heeft gecommitteerd. Binnen dit onderzoek naar geschikte warmte-alternatieven wordt de nadruk gelegd op het onderzoeken van collectieve warmtenetten. Deze keuze gemaakt op basis van de voorkeur van de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte, en omdat een collectief warmtesysteem een hoog potentieel biedt voor het terugdringen van schadelijke emissies.

Het onderzoek is opgezet als een trechter. Eerst zijn de kenmerken van de wijk en de mogelijke warmtebronnen geïnventariseerd. Na deze verkenning zijn zes nader te onderzoeken warmtesystemen bepaald. Vervolgens zijn de maatschappelijke kosten van deze zes warmtesystemen berekend. Op basis van de maatschappelijke kosten zijn twee warmtesystemen afgeschreven. Na het uitwerken van de maatschappelijke kosten wordt koeling ook meegenomen in het onderzoek. De overgebleven warmtesystemen zijn met elkaar vergeleken op basis van businesscases, ruimtelijke impact en een Multi Criteria Analyse. Dit rapport wordt geconcludeerd met een advies voor een voorkeurswarmtesysteem voor Oog in Al, en aanbevelingen voor vervolgstappen richting realisatie van het geadviseerde warmtesysteem.

Het is belangrijk om te vermelden dat er enkele uitgangspunten aan de basis staan van alle berekeningen binnen dit onderzoek. Relevante uitgangspunten worden toegelicht in de tekst en in de bijlagen. Belangrijke uitgangspunten omvatten dat alle woningen naar label B geïsoleerd moeten worden, en dat alle bewoners een koelingsmogelijkheden laten installeren. Deze uitgangspunten zijn generalisaties, en in de praktijk zullen afwijkingen plaatsvinden op basis van de voorkeuren van de verschillende bewoners met betrekking tot bijvoorbeeld isolatie en koeling.

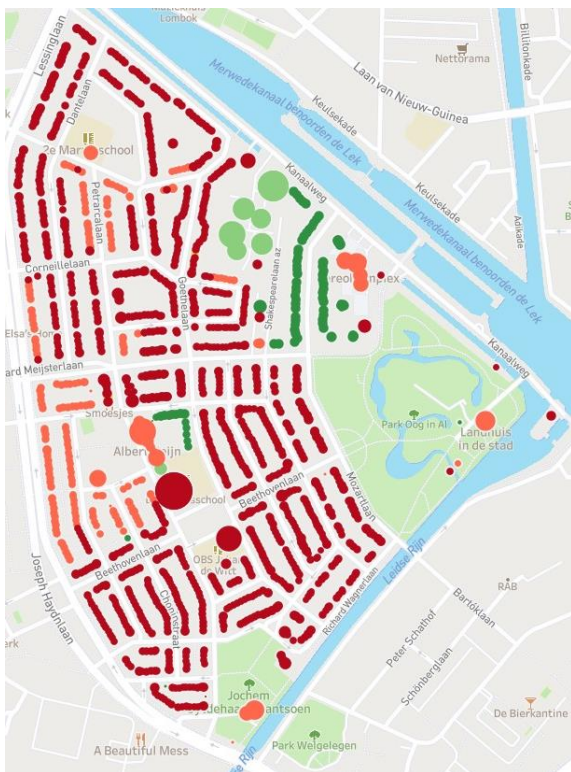


2. Wijk- en bronnenanalyse

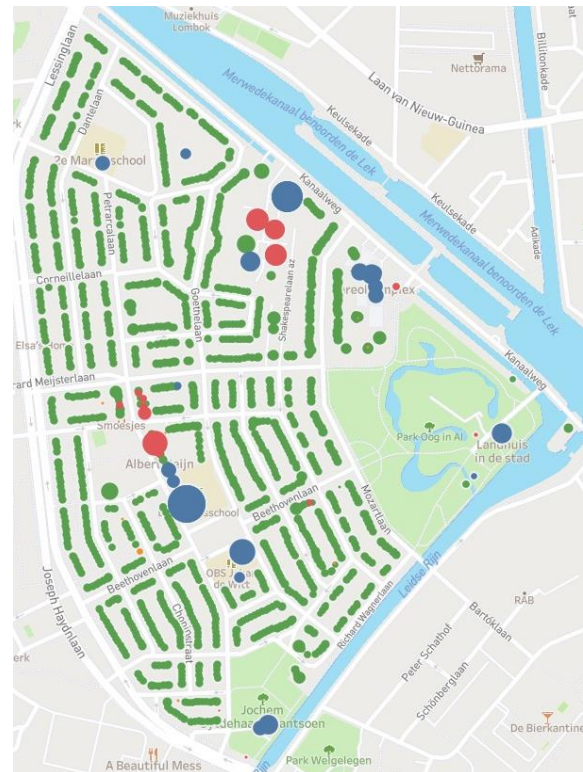
Dit hoofdstuk bevat een verkenning van de wijk Oog in Al, en de analyse van potentiële (duurzame) warmtebronnen voor de wijk. Deze analyse leidt tot een voorstel voor zes nader te onderzoeken warmtesystemen. Een warmtesysteem is een opzet voor hoe Oog in Al duurzaam verwarmd kan worden. Dit behelst een **warmtebron** (bijvoorbeeld zon of water) en een **stelsel** voor hoe deze benut wordt. Voor de bronnen wordt onderzocht waarom een bron is uitgesloten of waarom de bron potentie biedt voor de wijk Oog in Al.

2.1. Kenmerken van de wijk

De wijk Oog in Al bestaat voor een groot deel uit vooroorlogse woningen (Figuur 1, rood), met enkele kleine clusters van meer recente bouw. De wijk bestaat voornamelijk uit woningbouw (Figuur 2, groen), opgebouwd uit rijtjeshuizen, hoekwoningen, en een klein aandeel appartementen. Ook zijn er woonboten, maatschappelijke gebouwen en wat bedrijvigheid te vinden in de wijk. Deze overige gebouwen zullen in het vervolg van deze rapportage geen speciale aandacht krijgen, maar het is in de praktijk wel mogelijk voor deze gebouwen om aan te sluiten op een warmtenet. Voor meer informatie over de wijk wordt verwezen naar een zeer uitgebreide wijkanalyse van de gemeente Utrecht¹.



Figuur 1: Overzicht bouwjaren Oog in Al



Figuur 2: Overzicht gebouwtypen Oog in Al

¹ [Buurtprofiel Oog in Al \(gemeente Utrecht\).pdf](#)



2.2. Bronnenanalyse

Om te bepalen welke warmtesystemen kansrijk zijn voor Oog in Al moet eerst een brede verkenning worden uitgevoerd van de beschikbare warmtebronnen. Deze bronnen zijn allereerst getoetst aan gemeentelijk en landelijk beleid, hetgeen bepaalde bronnen kan uitsluiten ongeacht technische haalbaarheid. Vervolgens zijn de bronnen beoordeeld aan de hand van de passendheid bij de publieke waarden van de gemeente (o.a. duurzaamheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid) en de waarden van de buurtbewoners (zeggenschap en gelijkwaardigheid). Ten slotte is de toepasbaarheid van de techniek getoetst aan de buurtkenmerken.

De volgende bronnen zijn meegenomen in de bronnenanalyse:

- Aardgas
- Waterstof
- Groen gas
- Biomassa
- Restwarmte
- Geothermie
- Zonthermie
- Elektrisch opwaarderen van warmte uit water
- Elektrisch opwaarderen van warmte uit de lucht
- Elektrisch opwaarderen van warmte uit de bodem
- Warmtelevering door Eneco

Door alle mogelijke bronnen te trechteren door deze analyse is het mogelijk om in een vroeg stadium afstand te nemen van een aantal opties. Tabel 1 geeft een overzicht van de bronnen die naar aanleiding van deze eerste analyse zijn uitgesloten binnen dit onderzoek. Een uitgebreide toelichting per bron staat beschreven in Bijlage 2.

Bron	Opmerking	Beoordeling	Reden
Aardgas	Slechts tussenoplossing	Uitgesloten voor verder onderzoek	Streven naar aardgasvrij.
Waterstof	Geen bron maar energiedrager	Uitgesloten voor verder onderzoek	Beperkte beschikbaarheid voor woningen (Waterstofladder).
Restwarmte	Douwe Egberts als bron	Uitgesloten voor verder onderzoek	Niet beschikbaar op termijn.
Geothermie		Uitgesloten voor verder onderzoek	Complexiteit, veel onzekerheid. Niet lokaal beschikbaar voor één wijk.
Biomassa		Uitgesloten voor verder onderzoek	Beperkte beschikbaarheid.
Groen gas		Uitgesloten voor verder onderzoek	Verwachte hoge kosten certificaten. Beperkte beschikbaarheid voor woningen.

Tabel 1: Uitgesloten warmtebronnen



Tabel 2 geeft een overzicht van de bronnen die wel als technisch haalbaar zijn beoordeeld aan de hand van de bronnenanalyse. Het vervolg van dit hoofdstuk geeft beknopte beschrijvingen van de technisch haalbare bronnen.

Bron	Opmerking	Beoordeling	Reden
Zonthermie	Op daken. Voor een veldopstelling beperkte ruimte.	Technisch haalbaar	Zon is in de basis beschikbaar als bron. Benutten dakruimte.
Elektrisch opwaarderen van warmte uit water	Met individuele of een collectieve warmtepomp(en)	Technisch haalbaar	Kanalen met voldoende warmtepotentie
Elektrisch opwaarderen van warmte uit lucht	Met individuele of een collectieve warmtepomp(en)	Technisch haalbaar	Lucht is in de basis beschikbaar als bron
Elektrisch opwaarderen van warmte uit de bodem tot 50m	Met individuele of kleinschalige collectieve warmtepompen	Technisch haalbaar	Bodem is in de basis beschikbaar als bron tot 50m.
Warmtelevering uit warmtenet Eneco		Technisch haalbaar	Aansluiten op warmtenet Eneco is mogelijk

Tabel 2: Technisch haalbare warmtebronnen

2.3. Zonthermie

Zonthermie kan op verschillende manieren opgenomen worden in een warmtesysteem. Voor een collectieve variant met een veldopstelling voor thermische collectoren is echter onvoldoende ruimte in de directe omgeving. Dit betekent dat deze bron verder wordt onderzocht voor toepassing op daken. In Bijlage 3 is een verdiepende paragraaf opgenomen over de mogelijkheden en aandachtspunten voor individuele systemen of individuele collectoren verbonden via een collectief warmtenet.

2.4. Elektrisch opwaarderen van warmte uit water/lucht/bodem

Elektrisch opwaarderen van warmte kan uit water, lucht en de bodem. Een warmtepomp gebruikt dan elektrische hulpenergie om de warmte uit de bron op te waarderen naar het gewenste temperatuurniveau. Onderscheid wordt hierin gemaakt tussen collectieve schaal (buurt- en wijkniveau) en individuele schaal (één of enkele woningen).

2.4.1. Collectieve schaal

Van deze drie bronnen is water de gunstigste in Oog in Al. Opwaarderen van warmte uit water is ook bekend als aquathermie. Aquathermie is bij de juiste inpassing in Oog in Al mogelijk en kan voldoende warmte leveren voor de hele wijk. In Bijlage 4 is een verdiepende paragraaf opgenomen met meer details over de inpassing in de wijk. Ten opzichte van aquathermie bieden warmtenetten met omgevingslucht of bodemwarmte als bron weinig meerwaarde. Een systeem op omgevingslucht heeft een lage efficiëntie (COP)



in de winter, en vraagt om een grote warmtepomp die relatief veel geluid produceert. Een systeem op bodemwarmte tot 50 meter diepte is voornamelijk geschikt voor individuele woningen, en niet als collectieve oplossing.

2.4.2. Individuele schaal

Op een individuele schaal kiest iedere woningeigenaar voor zichzelf hoe de woning te verwarmen. Er bestaan diverse mogelijkheden (warmtepompen o.b.v. lucht, water, bodem; pvt-opstellingen, enz.). De luchtwarmtepomp is doorgaans de meest gebruikelijke keuze voor inwoners in een individuele aanpak. Dit komt doordat deze optie gepaard gaat met de laagste investeringslast.

2.5. Warmtelevering door Eneco

Eneco exploiteert al jaren een warmtenet in Utrecht, bekend als stadverwarming. Een warmtesysteem met warmtelevering door Eneco kan op verschillende manieren gerealiseerd worden. De opties die hier spelen zijn om warmtelevering van Eneco te gebruiken als hoofdbron, als piek/back-up bron, of een open warmtenet principe.

2.5.1. Eneco als hoofdbron

Warmtelevering door de bestaande stadsverwarming van Eneco is mogelijk. Aan de zuidkant van Oog in Al ligt een leiding met voldoende capaciteit voor warmtelevering aan Oog in Al. Eneco heeft aangegeven dat volledige warmtelevering bespreekbaar is tegen marktconforme tarieven.

2.5.2. Eneco als piek/back-up bron

Levering van enkel piek en/of back-up vermogen door Eneco is technisch mogelijk, maar zal naar verhouding duur zijn. In dit geval moet Eneco de nodige voorzieningen reserveren voor Oog in Al (bronnen en capaciteit t.b.v. leveringszekerheid), echter is er voor Eneco een beperkte, minder voorspelbare, hoeveelheid warmte om de investeringen en onderhoud op terug te verdienen.

2.5.3. Open warmtenet

Bij een open warmtenet kunnen verschillende partijen warmte leveren aan het warmtenet. De warmte kan dan in concurrentie tussen (duurzame) bronnen worden geleverd aan het net. Het terugleveren van opgewaardeerde warmte aan Eneco, vooral in de zomer, is technisch mogelijk. De potentiële invoedlocatie ligt echter niet gunstig binnen het grotere bestaande net. Bovendien is er vanwege de aanwezige warmtebronnen bij Eneco geen/beperkt vraag naar extra warmte, waardoor Eneco weinig incentive heeft om voor de warmte een vergoeding te leveren. Daarom wordt het terugleveren van warmte voor dit onderzoek uitgesloten.



2.6. Kansrijke warmtesystemen voor Oog in Al

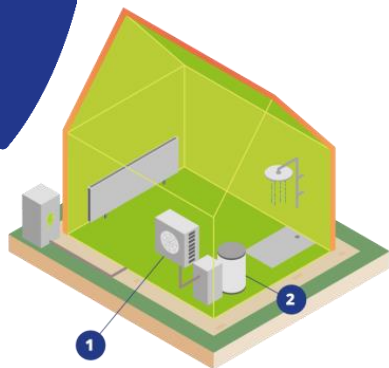
Uit de analyse van beschikbare bronnen zijn een zestal warmtesystemen geselecteerd voor verder onderzoek. Deze warmtesystemen staan in Tabel 3 beschreven en staan op de volgende pagina gevisualiseerd.

Nr.	Naam/omschrijving*	Opmerking	Interessant omdat:
1	Individuele WP lucht	Referentie	In een individuele aanpak kiezen inwoners (op termijn) grotendeels voor deze variant wanneer ze van het aardgas af willen of moeten. Hetzelfde geldt voor bewoners die niet meedoen aan een collectieve oplossing.
2	PVT-warmtenet A20-40°C R20-40°C Collectieve wko	Net op 20-40°C. variant op bronnet.	Geeft inzicht in de mogelijkheid voor individuele teruglevering van warmte en elektriciteit. Vraagt om goede onderlinge afspraken voor waardering van warmtelevering en opslag. Geeft inzicht in de zon als bron, geen aquathermie.
3	Bronnet aquathermie + ind. WP A5-25°C R0-20°C Collectieve wko	Koeling optioneel.	Duurzame toekomstgerichte configuratie door distributie op brontemperatuur. Hierdoor is ook koeling op individueel niveau mogelijk. Onbalans in WKO door netto warmtevraag wordt collectief voorzien door aquathermie.
4	LT-net aquathermie A40°C R30°C Collectieve wko		Duurzame configuratie waarbij elke woning warmte op lage temperatuur afneemt. Voor warm tapwater wordt een klein buffervat met elektrisch element toegepast welke warmte uit het net opwaardeert.
5	MT-net aquathermie A55°C R45°C Collectieve wko		Met warmtelevering op MT kan de woning verwarmd worden zonder warmtepomp in de woning. Warmte wordt met een collectieve warmtepomp opgewaardeerd. Voor warm tapwater wordt een klein buffervat met elektrisch element toegepast welke warmte uit het net opwaardeert.
6	MT-net + stadsverwarming A70°C R60°C	(Eneco als leverancier van warmte)	Deze configuratie is weinig complex en laat de referentie zien voor wat mogelijk is wanneer collectief warmte wordt ingekocht bij de bestaande stadsverwarming waarbij het distributienet in eigen beheer is. Hiermee kan de keuze gemaakt worden om wel het warmtenet zelf te exploiteren maar niet de bron zoals in 2-5.

Tabel 3: Overzicht kansrijke technische warmtesystemen

(*A=Aanvoertemperatuur in het net, na de afleverset is de temperatuur enkele graden lager in het afgiftesysteem in de woning.
R=Retourtemperatuur)

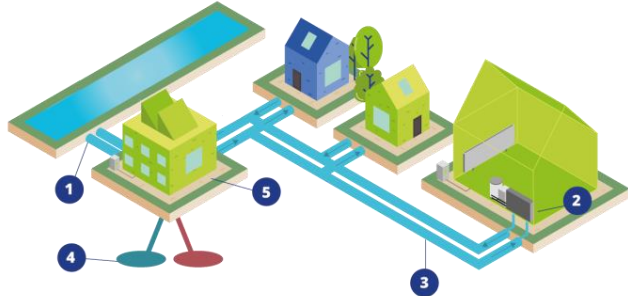
Individuele warmtepomp



- 1 De warmtepomp verwarmt de woning en levert warm tapwater
- 2 Een buffervat wordt geplaatst om genoeg warm tapwater te kunnen slaan.

Bronnet aquathermie

A5-25°C R20-40°C

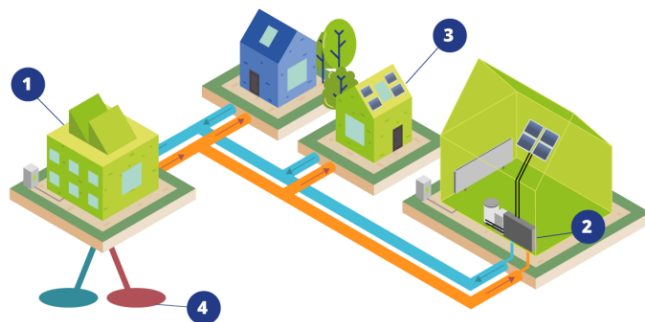


- 1 Warmte wordt onttrokken uit het kanaal. (In de zomer)
- 2 De woning wordt aangesloten op een warmtenet en krijgt hiervoor een afleverzet voor warmte. In elke woning komt een water-water warmtepomp.
- 3 Bronnet zeer lage temperatuur
- 4 Een warmte koude opslag zorgt voor voldoende warmte in de winter.
- 5 Technische ruimte.

Warm tapwater wordt geleverd door de warmtepomp.

PVT-warmtenet

A20-40°C R20-40°C

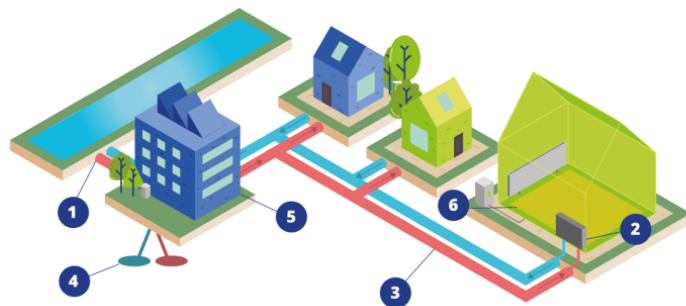


- 1 Technische ruimte.
- 2 De woning wordt aangesloten op een warmtenet en krijgt hiervoor een afleverzet voor warmte. In elke woning komt een water-water warmtepomp.
- 3 Een deel van de woningen krijgt PVT-panelen.
- 4 Een warmte koude opslag zorgt voor voldoende warmte in de winter.

Warm tapwater wordt geleverd door de warmtepomp.

LT-net aquathermie

A40°C R30°C

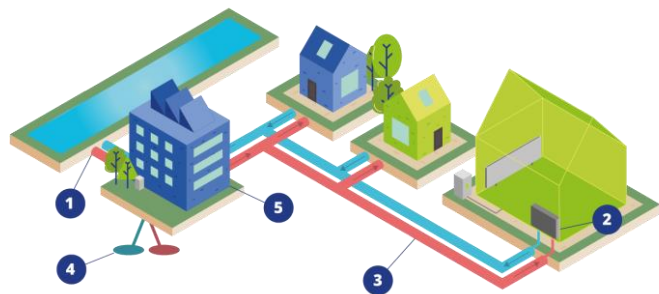


- 1 Warmte wordt onttrokken uit het kanaal. (In de zomer)
- 2 De woning wordt aangesloten op een warmtenet en krijgt hiervoor een afleverzet voor warmte.
- 3 Midden temperatuur warmtenet.
- 4 Een warmte koude opslag zorgt voor voldoende warmte in de winter.
- 5 Technische ruimte.
- 6 De woning wordt voorzien van vloerverwarming.

Warm tapwaterlevering door het warmtenet met verdere opwarming door elektrisch element.

MT-net aquathermie

A55°C R45°C

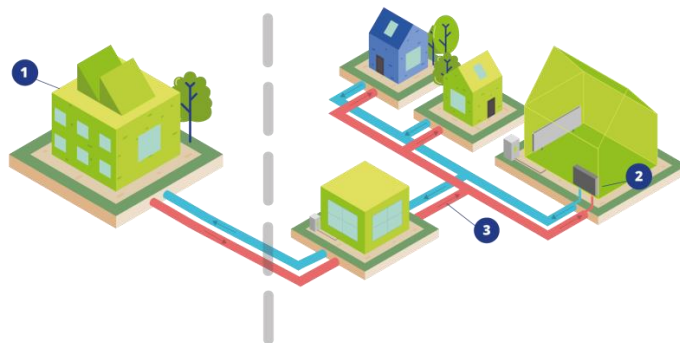


- 1 Warmte wordt onttrokken uit het kanaal. (In de zomer)
- 2 De woning wordt aangesloten op een warmtenet en krijgt hiervoor een afleverzet voor warmte.
- 3 Midden temperatuur warmtenet.
- 4 Een warmte koude opslag zorgt voor voldoende warmte in de winter.
- 5 Technische ruimte.

Warm tapwaterlevering door het warmtenet met verdere opwarming door elektrisch element.

MT-net stadsverwarming

A70°C R60°C



- 1 Warmtenet met levering vanuit diverse bronnen stads-warmte.
- 2 De woning wordt aangesloten op een warmtenet en krijgt hiervoor een afleverzet voor warmte.
- 3 Hoge temperatuur warmtenet.

Warm tapwaterlevering door het warmtenet

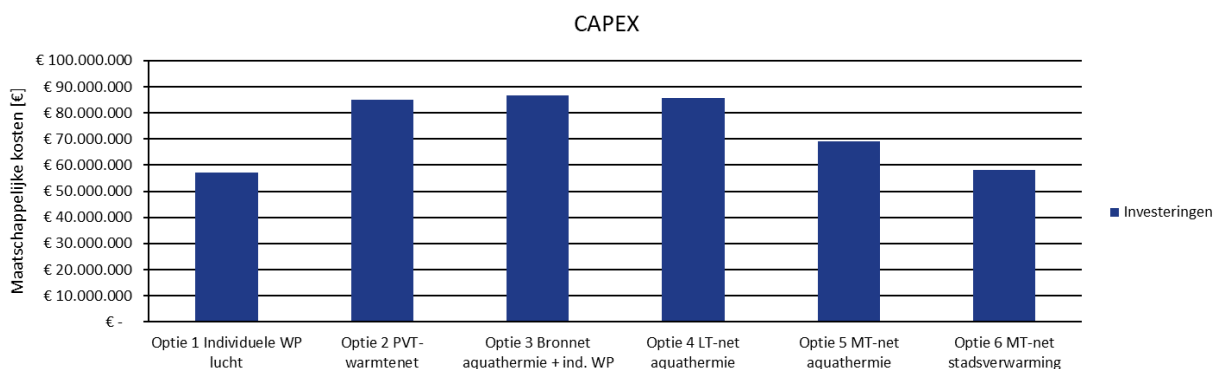


3. Maatschappelijke kosten

In dit hoofdstuk staan de resultaten beschreven van een analyse betreffende de maatschappelijke kosten van de zes kansrijke warmtesystemen bepaald in het voorgaande hoofdstuk. De maatschappelijke kosten omvatten alle uitgaven voor de realisatie van een warmtesysteem waaronder kosten voor aanleg of versterking van de infrastructuur, isolatie van gebouwen, installaties, jaarlijks onderhoud en uitgaven voor de productie van energie die door gebouwen wordt geconsumeerd. Grofweg kan de hoogte van de maatschappelijke kosten worden gevangen door de investeringskosten (CAPEX) en de operationele kosten (OPEX) samen te nemen. Conclusies met betrekking tot de hoogte van de maatschappelijke kosten geven inzicht in welke strategieën voor de maatschappij het meest voordelig zijn. De warmtesystemen met de laagste maatschappelijke kosten worden meegenomen naar het laatste deel van dit onderzoek.

3.1. CAPEX

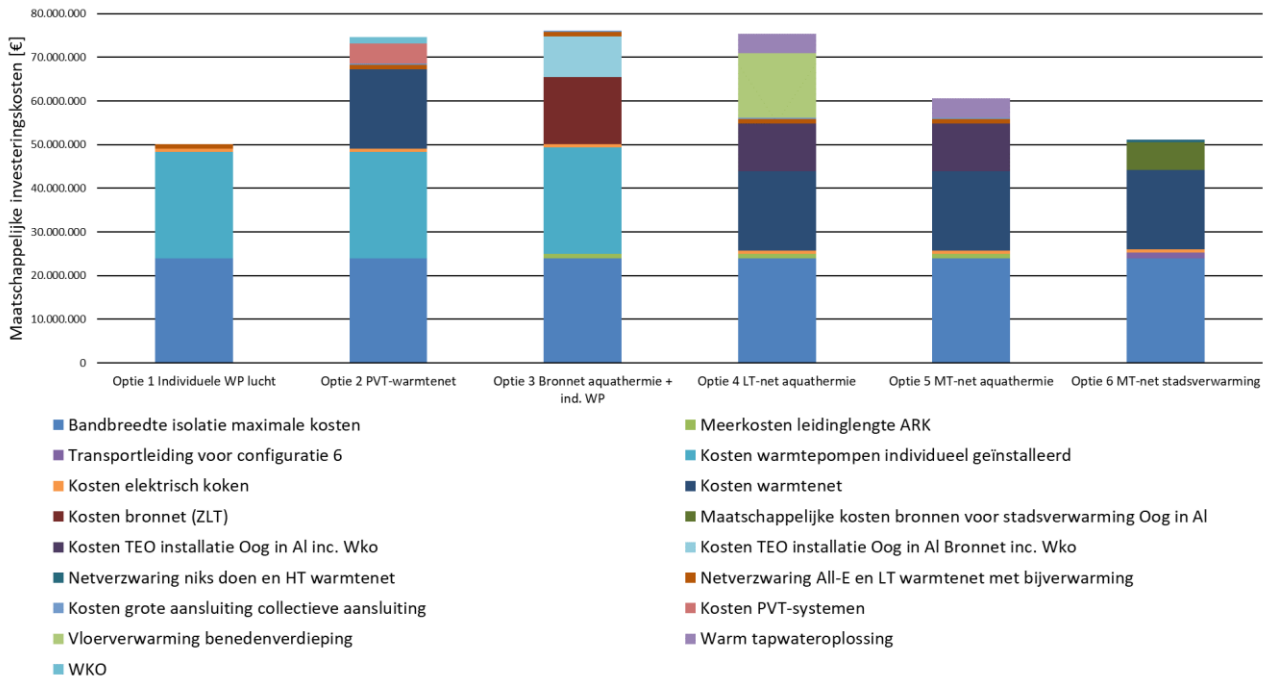
In Figuur 1 staan de totale investeringskosten (CAPEX) voor de zes kansrijke warmtesystemen. Deze bedragen zijn inclusief 10% opslag voor onvoorziene kosten². Opties 1, 5 en 6 hebben aanzienlijk lagere investeringskosten ten opzichte van de andere opties. Wat betreft de investeringskosten is er weinig onderscheid tussen opties 2, 3 en 4. In Figuur 2 staat een gedetailleerde uitsplitsing van de investeringskosten per warmtesysteem³. De opbouw van kosten in Figuur 2 kan worden geraadpleegd in Bijlage 5.



Figuur 1: Investeringskosten per warmtesysteem

² Onvoorzien bevat ook posten als kleine kostenposten zoals administratiekosten.

³ 10% onvoorziene kosten is niet meegenomen in de uitsplitsing in Tabel 4



Figuur 2: Investeringskosten per warmtesysteem uitgesplitst

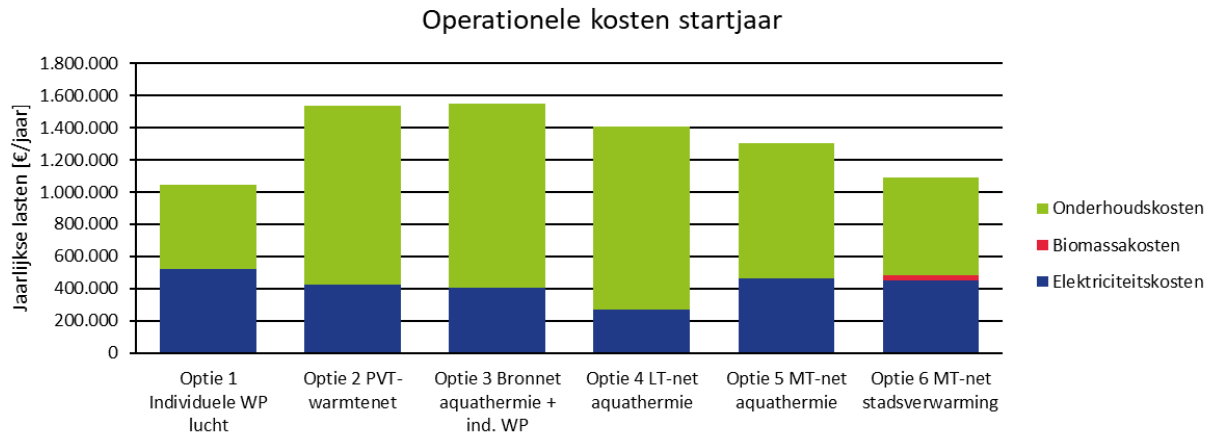
Bij optie 6 zijn ook isolatiekosten meegenomen. Dit is niet noodzakelijk, maar het is wel te verwachten dat er in meer of mindere wordt geïsoleerd. Wanneer isolatie niet wordt meegenomen in deze optie, is het op basis van CAPEX de voordeligste variant. Niet isoleren heeft echter een verhogend effect op de OPEX omdat de warmtevraag niet teruggedrongen wordt. Het uitgangspunt binnen dit onderzoek is echter wel dat alle woningen geïsoleerd worden naar label B.

3.2. OPEX

De operationele kosten per optie exclusief onvoorzien zijn weergegeven in Tabel 4 en Figuur 3. De operationele kosten van opties 1 en 6 vallen voornamelijk laag uit ten opzichte van de andere opties. In het geval de totale operationele kosten maken de onderhoudskosten het verschil. Dit is naar verwachting, gezien een individuele oplossing (optie 1) of stadsverwarming (optie 6) minder complexe systemen zijn ten opzichte van systemen op basis van zon-/aquathermie. Biomassa kosten zijn meegenomen voor optie 6 omdat biomassa onderdeel uitmaakt van de bronnenstrategie van Eneco.

	Optie 1 Individuele WP lucht	Optie 2 PVT- warmtenet	Optie 3 Bronnet aquathermie + incl. WP	Optie 4 LT-net aquathermie	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Elektriciteitskosten	€520.000	€422.000	€404.000	€273.000	€463.000	€449.000
Biomassakosten	€-	€-	€-	€-	€-	€37.000
Onderhoudskosten	€522.000	€1.117.000	€1.143.000	€1.137.000	€842.000	€605.000
OPEX totaal	€1.042.000	€1.539.000	€1.547.000	€1.410.000	€1.305.000	€1.091.000

Tabel 4: OPEX per warmtesysteem



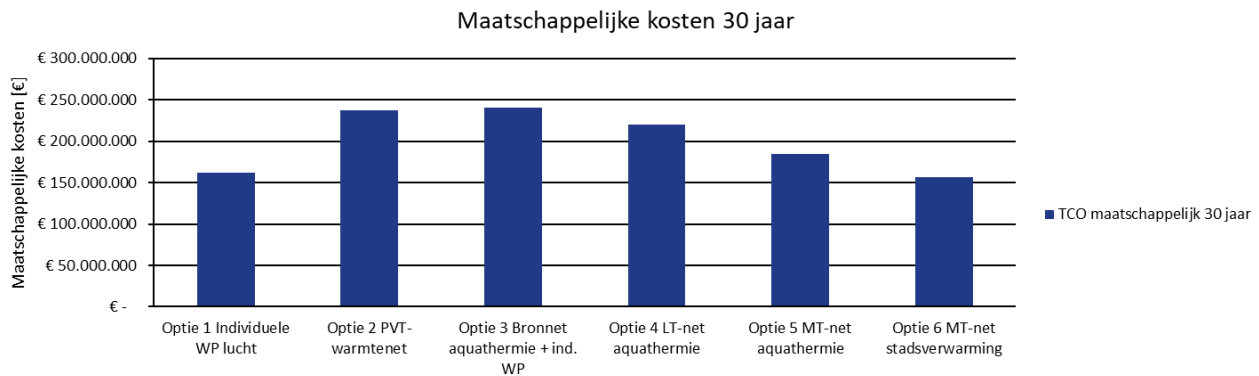
Figuur 3: Staafdiagram maatschappelijke kosten per warmtesysteem

3.3. Maatschappelijke kosten

In onderstaande Tabel 5 en Figuur 4 staan de totale maatschappelijke kosten weergegeven. Deze 'Total Cost of Ownership' (TCO) is berekend over 30 jaar en bevat ook de herinvestering(en) na 15 jaar. Na deze 30 jaar volgt een nieuwe herinvesteringstermijn, waarvoor nieuwe financiering benodigd is. Voor de financiering zijn alle zes opties na 30 jaar afgeschreven. In de praktijk is de technische levensduur van een warmtenet is echter langer, en zal het net bij exploitatie na 30 jaar zeker nog waarde hebben. De operationele kosten zijn in Tabel 5 10% hoger dan in Tabel 4. Dit verschil is meegenomen als onvoorziene operationele kosten. Een uitgebreide beschrijving van de uitgangspunten voor het bepalen van de maatschappelijke kosten kan worden geraadpleegd in Bijlage 5.

	Optie 1 Individuele WP lucht	Optie 2 PVT- warmtenet	Optie 3 Bronnet aquathermie + incl. WP	Optie 4 LT-net aquathermie	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Investeringskosten	€57.050.000	€84.943.000	€86.981.000	€85.797.000	€69.027.000	€58.166.000
Operationele kosten	€1.146.000	€1.693.000	€1.702.000	€1.551.000	€1.436.000	€1.200.000
TCO maatschappelijk 30 jaar	€162.310.000	€237.478.000	€240.393.000	€219.800.000	€184.595.000	€157.124.000

Tabel 5: Overzicht maatschappelijke kosten per warmtesysteem



Figuur 4: Maatschappelijke kosten 30 jaar bestaande uit: CAPEX, OPEX, financieringskosten en herinvesteringen

De opties 2 en 4 zijn afgefallen op basis van de maatschappelijke kosten. De resterende opties zijn als volgt:

- Optie 1: Individuele WP lucht
- Optie 5: MT-net aquathermie
- Optie 6: MT-net + stadsverwarming

In aanvulling op deze drie maatschappelijk meest voordelige opties, is op verzoek van de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte besloten om ook *Optie 3: Bronnet aquathermie + incl. warmtepomp* mee te nemen naar de volgende stap in het onderzoek. Dit warmtesysteem heeft weliswaar relatief hoge maatschappelijke kosten, maar het is wel een warmtesysteem waarin de koelvraag van woningen wordt voorzien. Koeling is tot dusver niet meegenomen in dit onderzoek, en de inclusie hiervan zou de maatschappelijke kosten van de andere warmtesystemen ook verhogen. Koeling wordt wel meegenomen in de volgende hoofdstukken van dit rapport.



4. Koeling

Gedurende de loop van dit onderzoek zijn meerdere bewonersavonden gehouden. Tijdens een van deze bijeenkomsten kwam er een duidelijke behoefte naar voren vanuit de bewoners om te verdiepen in de koelingsmogelijkheden van de onderzochte warmtesystemen. Het volgende hoofdstuk verdiept zich in het koelingsvraagstuk, waaruit wordt geconcludeerd dat er geen additionele koeling nodig is voor optie 1 & 3, en dat er voor optie 5 & 6 airco's moeten worden aangeschaft om aan de koelbehoefte te voldoen. Omdat de behoefte voor verdieping op dit vraagstuk is opgekomen na het uitwerken van de maatschappelijke kosten, worden deze uitgangspunten meegenomen in het uitwerken van de businesscases per stakeholder (hoofdstuk 5). Dit betekent ook dat in het uitwerken van de maatschappelijke kosten (hoofdstuk 3), koeling geen onderdeel uitmaakt van de analyse.

4.1. Koelbehoefte

Koeling wordt een steeds groter probleem in woningen. Geïsoleerde woningen warmen minder snel op, maar koelen gedurende nachten ook minder af vanwege het isoleren en het luchtdicht maken van woningen. De woning blijft gedurende warme perioden langer warm (en warmer) wanneer er geen koelmaatregelen worden genomen. Momenteel zijn er in Nederland gemiddeld 21 zomerse dagen met temperaturen boven de 25°C. Naar verwachting stijgt dit naar 35 dagen in 2050. In stedelijk gebied, zoals Utrecht, is het effect van warmte tweemaal zo groot dan op het platteland⁴.

Het koelen van de woning begint met preventieve maatregelen om te voorkomen dat de woning opwarmt. Het sluiten van ramen en deuren, toepassen van buitenzonwering, en het beperken van de interne warmtelast zijn voorbeelden van preventieve maatregelen. Het handhaven van een comfortabel binnenklimaat is daarmee afhankelijk van zowel bewonersgedrag (preventieve maatregelen) als bouwfysica. Wanneer de woning opgewarmd is, dan kan deze op natuurlijke wijze gekoeld worden in de nacht door alle ventilatie in de woning open te zetten. Dit heet zomernachtventilatie, door het spuien van de warme lucht koelt de woning af in de nacht.

De koelbehoefte zal richting de toekomst bepaald worden door preventieve gedragsmaatregelen vanuit de bewoners en de hulp van koelsystemen. Het uitgangspunt van dit onderzoek is dat er gedurende 35 jaarlijkse zomerse dagen gemiddeld 5 uur per dag actief gekoeld wordt met behulp van een koelsysteem.

⁴<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/07/Rapport%20%20Ontwikkeling%20koudevraag%20van%20woningen%20.pdf>



4.2. Koelmethoden

De mate waarin een woning gekoeld kan worden is afhankelijk van twee zaken: (1) de koelmachine; en (2) het afgiftesysteem.

4.2.1. Koelmachine: actief of passief koelen

Met betrekking tot de koelmachine kan er *actief* of *passief* gekoeld worden. Bij actieve koeling wordt een compressor gebruikt om te koelen, waardoor de koelmachine in staat is om veel warmte af te voeren. Bij passieve koeling stroomt koud water op brontemperatuur door het afgiftesysteem. Met passieve koeling kan slechts een klein deel van de warmte afgevoerd worden.

4.2.2. Afgiftesysteem: water gedragen of lucht gedragen

Met betrekking tot het afgiftesysteem valt de keuze op een water gedragen systeem (bv. radiatoren of vloerverwarming) of een lucht gedragen systeem (airco).

Het koelen van de woning met een water gedragen systeem kan in het geval dat er vloerverwarming aanwezig is in de woning. Water gedragen systemen zijn slechts in staat tot *topkoeling*⁵. Topkoeling is het aftoppen (koelen) van de warmte. Een water gedragen systeem kan ten alle tijden slechts een aantal graden koelen omdat anders condensatie ontstaat op het systeem en in de woning. Om condensatie te voorkomen moet de afgiftetemperatuur niet veel lager zijn dan de ruimtemperatuur.^{6,7}

Bij een lucht gedragen systeem is er altijd sprake van actieve koeling. Het meest bekende voorbeeld hiervan is een airco. In dit geval is er sprake van comfort koeling, waarbij een woning afgekoeld kan worden naar de wens van de bewoner. Een airco is de meest effectieve manier van koeling doordat dit systeem snel een lage binnentemperatuur kan bewerkstelligen^{8,9}. De binnen- en buitenunit van de airco maken geluid binnen de geluidsnormen.

		Afgiftesysteem	
		Water gedragen	Lucht gedragen
Koelmachine	Passief	Topkoeling	n.v.t.
	Actief	Topkoeling	Koeling (airco)

Tabel 6: Overzicht koelmethoden

⁵ <https://www.installatie.nl/artikelen/koelen-met-hybride-het-kan/>

⁶ <https://www.installatie.nl/nieuws/koelende-radiator-vaker-in-beeld/>

⁷ <https://www.radson.com/nl-be/the-indoors/nieuws/2019/2019-07-koelen-met-vloer--en-wandverwarming>

⁸ <https://koelerhuis.nl/multi-split-airconditioner>

⁹ <https://koelerhuis.nl/monoblock-airconditioner>



4.3. Voorkeurskoeling

Topkoeling kan binnen optie 1 worden toegepast met de warmtepomp, en binnen optie 3 met het bronnet, op voorwaarde dat er vloerverwarming is aangebracht in de woning. Wanneer topkoeling onvoldoende comfort biedt qua binnentemperatuur/-klimaat, dan kan hier aanvullend een airco toegepast worden die de koeling op zich neemt. Bij optie 5 en 6 is het warmtenet niet geschikt voor koeling en wordt het geadviseerd om een airco aan te schaffen om mee te kunnen koelen. Een overzicht van keuzes en gevolgen staan samengevat in Tabel 7.

Tabel 7 laat zien dat in het geval dat topkoeling voldoende wordt gevonden, er voor opties 1 & 3 moet worden geïnvesteerd in vloerverwarming, en er voor opties 5 & 6 moet worden geïnvesteerd in airco's. Operationele kosten bestaan uit energiekosten voor de warmtepomp en de airco, en onderhoudskosten voor de airco. In het geval dat topkoeling onvoldoende wordt gevonden moet er in alle gevallen worden geïnvesteerd in airco's, waarbij de operationele kosten bestaan uit energiekosten en onderhoudskosten voor de airco's.

Keuze	Topkoeling is voldoende		Topkoeling is onvoldoende	
	Gevolgen	CAPEX	OPEX	CAPEX
Optie 1 (individuele WP)	Vloerverwarming	Energie circulatiepomp, Energie WP (koeling)	Airco	Energie airco Onderhoud airco
Optie 3 (bronnet aquathermie)	Vloerverwarming	Energie circulatiepomp	Airco	Energie airco Onderhoud airco
Optie 5 (MT aquathermie)	Airco	Energie airco Onderhoud airco	Airco	Energie airco Onderhoud airco
Optie 6 (MT stadsverwarming)	Airco	Energie airco Onderhoud airco	Airco	Energie airco Onderhoud airco

Tabel 7: Overzicht gevolgen onderzoek

In samenspraak met de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte is het besloten om topkoeling als uitgangspunt te nemen. Dit betekent dat in het uitwerken van de businesscases per stakeholder (hoofdstuk 4) voor optie 1 & 3 geen kosten voor de aanschaf en exploitatie van airco's worden meegenomen. Voor optie 5 & 6 geldt dit wel, omdat deze warmtesystemen geen verdere mogelijkheden bieden tot koeling. Voor optie 1 & 3 zijn wel de investeringskosten voor het aanleggen van vloerverwarming meegenomen, omdat dit benodigd is om topkoeling effectief toe te passen. Door te werken vanuit dit uitgangspunt laten de door te rekenen businesscases een 'basis scenario' zien. In de praktijk zijn bewoners vrij om zelf te beslissen of ze willen investeren in koelingsmogelijkheden.

4.4. Effect van koeling op de netsituatie

Koelen van de woning vraagt elektrische hulpenergie. Bij passief koelen is het enkel een circulatiepomp waarvan het elektriciteitsgebruik erg laag is ten opzichte van actief koelen met een all-electric warmtepomp of airco. De extra elektrische energie die nodig is voor actieve koeling bedraagt 5 kWh/m². Met ongeveer 120m² per woning waarvan de helft wordt gekoeld, komt dit op 300 kWh per jaar. Een multi-split airco systeem heeft een gemiddeld gebruik van 1,65kW. Uitgaand van 35 zomerse dagen kan met hetzelfde



stroomgebruik gemiddeld 5 uur per zomerse dag gekoeld worden. Met passieve koeling is slechts 40 kWh per jaar nodig voor de circulatiepomp.

Dit extra elektriciteitsgebruik heeft invloed op netcongestie in het laagspanningsnetwerk in de wijk. Dit kan zowel positief als negatief zijn. Het elektriciteitsgebruik voor koeling valt overdag samen met opwek uit PV-panelen. Teruggeleverde PV-opwek kan normaliter netcongestie verergeren, maar koeling heeft hier een dempend effect op.

In de nacht is er geen PV-opwek en zorgt dit voor bij nachtkoeling voor extra elektriciteitsvraag. Dit kan geleverd worden door het elektriciteitsnetwerk maar vindt wel plaats op een moment van beperkte opwek van duurzame energie. Een thuisbatterij kan dit dag/nachtritme gedeeltelijk opvangen. De capaciteit van een thuisbatterij is onvoldoende om een grote airco installatie een nacht lang te laten draaien maar lost in praktijk toch wel een groot deel van dit probleem op. De kosten en baten van een thuisbatterij zijn niet meegenomen in dit onderzoek.



5. Business cases per stakeholder

In dit hoofdstuk worden de business cases per stakeholder doorgerekend. De kosten uit het hoofdstuk maatschappelijke kosten dienen als basis. Het verschil is dat in deze businesscases onder andere wordt gerekend met belastingen en subsidies. De investeringen, kosten en opbrengsten worden verdeeld over de inwoners, de (warmte)netbeheerder, en de warmteproducent. De netbeheerder van het elektriciteitsnet wordt hier buiten beschouwing gelaten¹⁰. Waar mogelijk worden dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij de analyse van de maatschappelijke kosten (Bijlage 5). Voor additionele uitgangspunten die zijn gehanteerd voor het berekenen van de businesscases kan Bijlage 6 worden geraadpleegd. Zoals staat beschreven in het voorgaande hoofdstuk zijn koelingsvoorzieningen meegenomen in het uitwerken van de businesscases.

Zoals staat beschreven in Bijlage 6 zijn de businesscases doorgerekend op basis van twee scenario's. Het scenario dat in dit hoofdstuk staat uitgeschreven gaat ervan uit dat de netbeheerder en de warmteproducent samen met de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte in een publiek warmtebedrijf stappen. In dit uitgangspunt is er geen sprake van een winstmarge voor de netbeheerder en de warmteproducent. Dit voorkomt dat de bewoners worden belast met een hoge warmteprijs die een winstmarge moet vormen voor deze stakeholders. Er zal echter wel een gat in de businesscase ontstaan, de zogenoemde 'onrendabele top'. Deze onrendabele top moet worden gedekt met maatschappelijk geld om een warmtesysteem te realiseren. Bijlage 7 verkent het alternatieve denkbare scenario waarin de netbeheerder en de warmtebedrijf wel vanuit een commercieel standpunt een warmtenet willen realiseren en de kosten afwentelen op de eindgebruiker.

Voor de volgende opties zijn businesscases per stakeholder uitgewerkt:

- Optie 1: Individuele WP lucht
- Optie 3: Bronnet aquathermie + incl. WP
- Optie 5: MT-net aquathermie
- Optie 6: MT-net + stadsverwarming

5.1. Bewoners

De bewoners moeten onder alle warmtesystemen geld betalen voor de benodigde isolatie aan de woningen, en de maandelijkse energierekening. Tabel 8 weergeeft de kosten voor de verschillende warmtesystemen. De investeringskosten voor isolatie zijn allen gelijk omdat onder alle warmtesystemen het uitgangspunt is dat de woning tot label B geïsoleerd moet worden. In de praktijk is het niet verplicht dat alle bewoners hun woning isoleren naar label B. Dit kan resulteren in lagere investeringskosten, maar een verhoogde maandelijkse energierekening. Het kan in de praktijk ook voorkomen dat bewoners al isolatiemaatregelen hebben getroffen, waardoor investeringskosten lager uitvallen dan vermeld in Tabel 8. Ten slotte kunnen

¹⁰ Netbeheerders (electriciteit) doen al toekomstinvesteringen in verband met de verduurzaming van Nederland. Een warmtenetproject in Utrecht zal naar verwachting weinig impact hebben op de al bestaande investeringsplannen. Ook worden investeringen van deze partij uitgespreid in netbeheerkosten voor iedere afnemer van de netbeheerder, wat maakt dat deze gevolgen niet voelbaar zijn door bewoners van een specifieke wijk.



bewoners ervoor kiezen om niet te investeren in een koelingsysteem, waardoor investeringskosten voor installaties lager uitvallen.

De businesscases zijn uitgerekend aan de hand van een 'niet meer dan anders' principe. Binnen dit onderzoek betekent 'niet meer dan anders' dat de maandelijkse energiekosten voor de collectieve opties is vastgezet op basis van huidige aardgasprijsen. De maandelijkse energielasten zijn gebaseerd op de kosten die een gemiddelde woning zou moeten betalen voor aardgas nadat de woning is geïsoleerd naar label B, en zijn inclusief vastrecht en energiebelasting. Het verschil in maandelijkse energielasten tussen optie 3, en optie 5 & 6 komt voort uit het gebruik van een airco onder optie 5 & 6. Bij optie 1 is er alleen sprake van elektriciteitsgebruik om warmte te produceren. Dit is goedkoper dan het inkopen van warmte uit een warmtenet.

Businesscase Bewoners	Optie 1 Individuele WP	Optie 3 Bronnet aquathermie + WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Maandelijkse energielasten jaar 0 ¹¹	€57	€110	€115	€115
Investeringskosten isolatie jaar 0	€20.000	€20.000	€20.000	€20.000
Investeringskosten installaties jaar 0	€23.400	€40.500	€15.800	€11.700
Totale kasstroom na 30 jaar	€142.000.000	€214.000.000	€140.000.000	€125.000.000

Tabel 8: Businesscase bewoners

De gegevens in Tabel 8 laten zien dat de investeringskosten aan de voorkant voor de bewoners een groot verschil maken. Optie 3 vraagt met uitstek de hoogste investeringen van bewoners, in verband met de benodigde warmtepomp en vloerverwarming om effectief te kunnen koelen middels het bronnet. Herinvesteringen voor warmtepompen en elektrische doorstroomapparaten zijn niet meegenomen in Tabel 8. Herinvesteringen voor technische elementen van de collectieve systemen zijn verwerkt in de maandelijkse energielasten en de onrendabele top. Een gedetailleerde opbouw van de investeringskosten voor bewoners kan worden geraadpleegd in Bijlage 6 (Tabel 21). De totale kasstroom vertegenwoordigt het bedrag dat alle wijkbewoners over 30 jaar betalen om het betreffende warmtesysteem te benutten. Dit omvat onder andere de energiekosten en de financieringskosten voor de installaties exclusief isolatie. Financieringskosten voor

¹¹ Geld wordt meer waard gedurende de jaren. Wanneer de contante waarde van een geldbedrag moet worden berekend, moet er rekening gehouden worden met de tijdswaarde van geld. Om deze reden zijn alle bedragen in deze tabel teruggerekend naar jaar 0.



isolatie worden buiten beschouwing gelaten omdat bewoners in de praktijk geen langlopende financiering zullen afsluiten voor isolatiemaatregelen. Ook kunnen bewoners in de praktijk eigen keuzes maken over de snelheid en mate van isolatie. Tabel 8 laat zien dat het verschil in investeringskosten aan de voorkant leidt tot een significant verschil in totale kasstroom tussen optie 3 en de andere opties. Wat betreft optie 1, 5 en 6 is er veel minder sprake van verschillen in de totale kasstroom na 30 jaar. Dit heeft voornamelijk te maken met de financieringskosten die over 30 jaar een behoorlijke impact hebben op de totale kasstroom. Vanuit een financieel oogpunt kan worden geconcludeerd dat optie 6 het meest voordelig is voor bewoners. Het gat tussen optie 6 en opties 1 en 5 is echter niet groot verdeeld over 30 jaar en alle bewoners. Het is echter wel duidelijk dat optie 3 vanuit een financieel oogpunt de minst voordelige keuze is voor de bewoners.

5.2. Netbeheerder (W) & Warmteproducent

Het aanhouden van het 'niet meer dan anders' principe als uitgangspunt legt druk op de businesscases voor de netbeheerder en de warmteproducent. Tabel 9 laat zien wat de onrendabele top is voor de netbeheerder en de warmteproducent. De onrendabele top omvat de hoeveelheid maatschappelijk geld dat benodigd is om de verschillende warmtesystemen van de grond te krijgen. Nadat een warmtesysteem is gerealiseerd zal de warmteproducent als onderdeel van een warmtebedrijf winst gaan maken met de verkoop van de warmte aan de bewoners. Deze winsten vloeien terug naar de publieke partij die het maatschappelijke geld beschikbaar heeft gesteld voor de realisatie van het warmtesysteem. Omdat er onder optie 1 geen sprake is van directe investeringen vanuit de netbeheerder en een warmteproducent is de output in Tabel 9 niet van toepassing. Een gedetailleerde opbouw van de onrendabele top voor de netbeheerder en de warmteproducent kan worden geraadpleegd in Bijlage 6 (Tabel 22).



Businesscase Netbeheerder & Warmteproducent	Optie 1 Individuele WP	Optie 3 Bronnet aquathermie + WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Onrendabele top Netbeheerder jaar 0 ¹²	n.v.t.	€9.300.000	€12.400.000	€12.400.000
Onrendabele top Warmteproducent jaar 0	n.v.t.	€6.000.000	€8.000.000	€2.000.000
Onrendabele top totaal jaar 0	n.v.t.	€15.300.000	€20.400.000	€14.400.000
Waarde van winst na 30 jaar, in jaar 0	n.v.t.	€5.400.000	€2.800.000	€5.100.000
Netto benodigde investeringen jaar 0	n.v.t.	€9.900.000	€17.600.000	€9.300.000

Tabel 9: Businesscase netbeheerder en warmteproducent

De gegevens in Tabel 9 laten zien dat de onrendabele top voor de netbeheerder en de warmteproducent relatief laag zijn onder optie 6, gevolgd door optie 3. De onrendabele top van optie 5 valt daarentegen relatief hoog uit, waardoor over 30 jaar ook minder winst zal worden gemaakt door dit warmtesysteem. Zoals hiervoor staat beschreven zal de warmteproducent gedurende de exploitatie winst maken met de verkoop van warmte aan de bewoners. Deze winsten vloeien terug naar de partij die het maatschappelijke geld beschikbaar heeft gesteld om de onrendabele top te dekken en daarmee het warmtesysteem heeft helpen te realiseren. De winst die wordt gemaakt is naast het terugbetalen van de onrendabele top belangrijk om het warmtebedrijf operationeel te houden. De winst die wordt gemaakt over 30 jaar verschilt tussen de warmtesystemen, wat een effect heeft op de netto benodigde investeringen voor de verschillende warmtesystemen. De netto benodigde investeringen blijven het laagst voor optie 6, gevolgd door optie 3 en optie 5.

5.3. Gevoeligheidsanalyse

De resultaten van de businesscase berekeningen zijn afhankelijk van de uitgangspunten die hiervoor worden gehanteerd. In de praktijk is het mogelijk dat niet alle uitgangspunten stand houden. Om inzicht te

¹² Geld wordt meer waard gedurende de jaren. Wanneer de contante waarde van een geldbedrag moet worden berekend, moet er rekening gehouden worden met de tijdswaarde van geld. Om deze reden zijn alle bedragen in deze tabel teruggerekend naar jaar 0.



geven in de effecten van enkele belangrijke uitgangspunten staat hieronder een gevoeligheidsanalyse beschreven.

5.3.1. Rente

Rente heeft als onderdeel van de financieringskosten een aanzienlijke impact op de businesscases. Als het rentepercentage stijgt zullen er meer financieringskosten betaald moeten worden. Omdat het 'niet meer dan anders' principe wordt aangehouden zal dit niet resulteren in hogere maandlasten voor de bewoners, maar in een grotere onrendabele top.

5.3.2. Maandelijks energielasten

Zoals in dit hoofdstuk staat beschreven wordt voor de collectieve systemen het 'niet meer dan anders' principe toegepast. De warmteprijs die aan bewoners kan worden doorgerekend is daardoor beperkt. Als de grens voor maandelijks energielasten wordt verhoogd kan een hogere warmteprijs worden doorgerekend aan bewoners. Dit zal ervoor zorgen dat de onrendabele top krimpt. Het risico hierbij is dat het warmtebedrijf veel meer winst zal gaan maken dan nodig is om het warmtebedrijf operationeel te houden. Bij optie 1 is er geen sprake van een onrendabele top bij de netbeheerder en warmteproducent, regelen bewoners warmte individueel. In deze situatie zijn bewoners afhankelijk van de inkoopprijs van elektriciteit op lopende energiecontracten.

5.3.3. Aansluitpercentage

Binnen dit onderzoek is een uitgangspunt van 100% aansluitpercentage toegepast. In de praktijk zal het aansluitpercentage lager liggen omdat bewoners woningen individueel hebben verduurzaamd, of omdat ze om andere redenen niet willen aansluiten op een collectief warmtesysteem. Een lager aansluitpercentage leidt tot een lagere afzetmarkt voor warmte. Omdat het niet-meer-dan-anders principe wordt toegepast kan er geen hogere warmteprijs worden doorgerekend aan bewoners. In dit geval zal de onrendabele top toenemen.

5.3.4. Elektriciteitsprijs

Energiemarkten zijn grillig, en het is mogelijk dat de werkelijke energieprijzen afwijkt van de gehanteerde elektriciteitsprijs voor dit onderzoek. Het effect van afwijkende elektriciteitsprijzen is duidelijk, hogere prijzen zullen leiden tot meer kosten en vice versa. Er zit echter wel verschil in hoe afwijkende elektriciteitsprijzen worden ervaren. Bij een individueel warmtesysteem zijn fluctuerende elektriciteitsprijzen direct merkbaar voor de bewoners. Bij een collectief warmtesysteem wordt de warmteprijs echter opgebouwd uit meer componenten dan alleen de elektriciteitsprijs. Ook bieden collectieve warmtesystemen meer flexibiliteit in stroomafname, waardoor fluctuerende elektriciteitsprijzen minder worden ervaren door bewoners. Stel dat de elektriciteitsprijs verdubbeld ten opzichte van het uitgangspunt, in dit geval zal de energierekening van een bewoner die is aangesloten op een warmtenet veel minder hard stijgen dan een bewoner met een individuele elektrische warmtepomp.



5.3.5. Afschrijftermijn

Voor de collectieve warmtesystemen is een financiële afschrijftermijn van 30 jaar toegepast binnen dit onderzoek. Een langere afschrijftermijn heeft slechts een beperkt effect op de hoogte van de financieringskosten. Financieringskosten dalen jaarlijks omdat er wordt afgelost, waardoor er elk jaar minder rente betaald hoeft te worden. Het verlengen van de afschrijftermijn heeft op de korte termijn een kostenverlagend effect, omdat de afschrijving verder is uitgesmeerd in de tijd. Hier staat echter tegenover dat er over een langere periode rente moet worden betaald. Het verlengen van de afschrijftermijn is op de korte termijn beperkt zinvol voor het verlagen van de maandlasten en kost op de lange termijn aanzienlijk meer geld.

5.3.6. Subsidies

Voor de exploitatie van het warmtenet is SDE-subsidie meegerekend in de businesscases. SDE-subsidie heeft echter een beperkt budget en het is geen gegeven dat een SDE-aanvraag beschikt wordt. De afwezigheid van SDE-subsidie kan niet doorgerekend worden aan de bewoners door het niet-meer-dan-anders principe. Dit betekent dat de afwezigheid van SDE-subsidie zal leiden tot een verhoogde onrendabele top. Daarnaast is in de businesscases ook rekening gehouden met ISDE-subsidie voor bewoners. Het is ook geen gegeven dat ISDE-subsidie in de toekomst beschikbaar zal zijn voor bewoners. De afwezigheid van ISDE (of een vergelijkbare regeling) zal leiden tot hogere investeringskosten voor bewoners voor zowel isolatie als installaties. Voor meer informatie over subsidies kan Bijlage 6 worden geraadpleegd.

5.4. Conclusies

Vanuit de uitwerking van de businesscases per stakeholder kunnen enkele conclusies worden getrokken. Allereerst moet de gemeente, provincie of een andere publieke instantie de overweging maken of het de moeite waard wordt gevonden om de onrendabele top voor een collectieve oplossing af te dekken met maatschappelijk geld. Ook moet er goed worden nagedacht over de financiële impact voor alle stakeholders bij het maken van een keuze. Optie 3 is een goed voorbeeld van een collectief warmtesysteem waarbij relatief weinig maatschappelijk geld geïnvesteerd moet worden. Daartegenover staat wel dat de bewoners worden geconfronteerd met hogere investeringslasten, en een hogere totale kasstroom ten opzichte van andere opties. Ten slotte is het belangrijk om te onthouden dat het financiële plaatje slechts een deel van de puzzel is. Welk warmtesysteem het meest geschikt is voor Oog in Al moet ook blijken uit de ruimtelijke impact en andere niet-financiële waarde van de verschillende opties.



6. Ruimtelijke impact

In dit hoofdstuk wordt de ruimtelijke impact van de vier resterende warmtesystemen verkend. Dit betreft zowel de ruimtelijke impact op buurtniveau als op woningniveau (welke installaties of maatregelen zijn nodig in de buurt en in de wijk). Ook wordt de uitvoerbaarheid van de warmtesystemen in kaart gebracht door een indicatie te geven van mogelijke locaties voor het ruimtelijk inpasbaar maken van grotere collectieve installaties of infrastructurele werken. De verkenning van ruimtelijke impact en inpasbaarheid wordt hier op een hoog abstractieniveau beschreven. Voor de praktische uitvoering en inpassing is, met name voor grotere collectieve installaties of infrastructurele werken, aanvullend onderzoek nodig.

Tabel 10 geeft een overzicht van de warmtesystemen waarvan de ruimtelijke impact is onderzocht, en de benodigde aanpassingen in de woningen en in de wijk. In het vervolg van dit hoofdstuk worden de nodige aanpassingen verder beschreven, eerst met betrekking tot de woningen en vervolgens met betrekking tot de wijk. De ruimtelijke impact zoals staat beschreven in dit hoofdstuk wordt meegenomen in de Multi-Criteria Analyse (MCA) in het volgende hoofdstuk.

Nr.	Naam/omschrijving		Woning		Wijk
			Isolatie	Installaties	
1	Individuele lucht	WP	Isolatie naar label B nodig	<ul style="list-style-type: none"> • Warmtepomp binnenunit • Warmtepomp buitenunit • Elektrische kookplaat • Elektrisch doorstroomapparaat 	<ul style="list-style-type: none"> • Netverzwaring • Transformatorhuisjes
3	Bronnet aquathermie + incl. WP		Isolatie naar label B nodig	<ul style="list-style-type: none"> • Warmtepomp binnenunit • Elektrische kookplaat • Elektrisch doorstroomapparaat 	<ul style="list-style-type: none"> • Netverzwaring • Transformatorhuisjes • Technische ruimte (klein) • Warmte infrastructuur
5	MT-net aquathermie		Isolatie naar label B wenselijk*	<ul style="list-style-type: none"> • Warmteafgifte set • Elektrische kookplaat • Elektrisch doorstroomapparaat 	<ul style="list-style-type: none"> • Technische ruimte (groot) • Warmte infrastructuur • WKO
6	MT-net stadsverwarming	+	Isolatie naar label B wenselijk*	<ul style="list-style-type: none"> • Warmte afgifte set • Elektrische kookplaat • Elektrisch doorstroomapparaat 	<ul style="list-style-type: none"> • Technische ruimte (middel) • Warmte infrastructuur

Tabel 10: Overzicht ruimtelijke impact in de woning wijk

* Gezien hogere afgiftemtemperatuur van het warmtenet is isolatie naar label B niet direct noodzakelijk. Isolatie blijft echter wenselijk om de warmtevraag te beperken of om in de toekomst over te kunnen stappen op een bron op lagere temperatuur.

6.1. Ruimtelijke impact in de woning

Binnen de woningen zullen op isolatie- en installatieniveau aanpassingen gedaan moeten worden om de woningen geschikt te maken voor een van de alternatieve warmtesystemen. Zie Tabel 10 voor een overzicht van de benodigde aanpassingen op woningniveau. Hieronder staan de betreffende aanpassingen verder beschreven.



6.1.1. Isolatie label B

Voor alle opties is het nodig of wenselijk om de woningen te isoleren tot in ieder geval label B om de woningen goed te kunnen verwarmen. Dit ligt ook in lijn met het beleid vanuit de gemeente Utrecht. Het uitgangspunt betreffende isolatie binnen dit onderzoek is dat woningen verwarmd moeten worden met het reeds aanwezige afgiftesysteem. In de meeste gevallen zijn bestaande afgiftesystemen ontworpen om ruimtes te verwarmen met een hoge aanvoertemperatuur. Echter zal het bestaande afgiftesysteem met het installeren van een nieuw warmtesysteem ruimtes moeten verwarmen met een lagere aanvoertemperatuur. Volgens de standaard voor woningisolatie kunnen bestaande afgiftesystemen woningen blijven verwarmen, zelfs op lagere temperaturen, mits de woningen voldoen aan de standaard voor isolatie (label B). Door het isoleren daalt de benodigde warmtevraag en ontstaat er een overcapaciteit welke tegen de lagere aanvoertemperatuur compenseert, deze twee effecten compenseren elkaar¹³.

De mate waarin geïsoleerd moet worden om tot label B te komen is afhankelijk van het startpunt van de woning. Uit het buurtprofiel van de gemeente Utrecht blijkt dat het grootste aandeel woningen een laag energielabel (G) hebben, wat betekent dat er relatief veel isolatiemaatregelen getroffen moeten worden. De gemeente Utrecht en Oog voor Warmte hebben aangegeven dat in de huidige situatie toch al veel bewoners isolatiestappen hebben genomen, waardoor energielabels in de praktijk hoger kunnen liggen. Voor slecht geïsoleerde woningen zal op hoofdlijnen de vloer, gevels, ramen, en daken geïsoleerd moeten worden. Het wordt aangeraden om vloerverwarming aan te brengen, zeker in het geval van opties 1 en 3. Vloerverwarming is echter een relatief dure maatregel die vaak overgeslagen kan worden. Kierdichting wordt in alle gevallen aangeraden als laaghangend fruit. In de praktijk is isoleren altijd maatwerk op basis van de werkelijke staat van de woningen. In de uitvoering zal isoleren wel degelijk impact hebben voor de bewoners. De blijvende ruimtelijke impact van isolatiemaatregelen is echter in de meeste gevallen gering.

6.1.2. Warmtepompen (lucht-water & water-water)

Voor optie 1 & 3 moeten er warmtepompen in de woning geplaatst worden. Warmtepompen hebben altijd een binnenunit die binnen de woning komt te staan. Het formaat van de binnenunit is vergelijkbaar met die van een grote koelkast (100cmx40cmx80cm). Het wordt aangeraden om, waar mogelijk, de binnenunit te plaatsen waar bestaande leidingen lopen zodat er geen extra leidingwerk moet worden aangelegd. Lucht-water warmtepompen (optie 1) hebben ook een buitenunit die buiten de woning geplaatst moet worden. Deze buitenunit is doorgaans half zo groot als de binnenunit (70cmx30cmx90cm). Buitenunits van lucht-warmtepompen maken geluid, weliswaar binnen de geluidsnormen, wat als onprettig kan worden ervaren. Bij water-water warmtepompen (optie 3) is er geen sprake van een buitenunit, omdat de warmtemedium via leidingen wordt aangevoerd vanuit het bronnet naar de binnenunit (warmtepomp).

¹³ Standaard en streefwaarden voor woningisolatie (rvo.nl)



6.1.3. Warmteafgifte set

Bij optie 3, 5 & 6 zal er een warmteafgifte set geplaatst moeten worden om aangeleverde warmte vanuit een warmtenet te verspreiden door de woning. Een warmteafgifte set wordt normaliter geplaatst in de meterkast en is relatief klein van formaat (60cmx20cmx50cm). De warmteafgifte set dient gekoppeld te worden aan de leidingen van het warmtenet en aan het afgiftesysteem in de woning, bij voorkeur op de plek van de cv-ketel. Afhankelijk van locaties en afstanden hoeven weinig tot geen ingrijpende aanpassingen worden gedaan om de warmteafgifte set in de meterkast te plaatsen. Daarmee blijft de ruimtelijke impact van dit element en bijbehorende verbinding sleidingen klein.

6.1.4. Elektrische kookplaat

Omdat alle opties uitgaan van gasloze woningen zullen kookstellen op gas vervangen moeten worden door elektrische kookplaten. Er is hier sprake van een vervanging van een kookstel dat geen extra ruimte in beslag neemt. Indien van toepassing zullen gasovens ook vervangen moeten worden. Beide elementen brengen geen extra ruimtelijke impact met zich mee.

6.1.5. Elektrisch doorstroomapparaat

Optie 5 vraagt om een elektrisch doorstroomapparaat voor het leveren van warm tapwater. De andere warmtesystemen bezitten allen de mogelijkheid om zonder doorstroomapparaat warm tapwater te leveren. Er zijn verschillende uitvoeringen van elektrische doorstroomapparaten beschikbaar in de markt. Voor optie 5 gaat de voorkeur uit naar een apparaat inclusief een klein boiler vat. In zijn geheel is het apparaat qua formaat vergelijkbaar met een standaard cv-ketel (80cmx35cmx55cm), en kan deze ook goed geïnstalleerd worden op de plek van een cv-ketel.

6.1.6. Aanpassingen meterkast

Elk apparaat met een grote stroombehoefte heeft een eigen groep nodig. In de meeste gevallen vragen warmtepompen om 3-fasen aansluitingen. Voor de elektrische kookplaat is het uitgangspunt dat een groep voldoende is, al zijn er wel luxere uitvoeringen van kookplaten die vragen om een 3-fasen aansluiting. Ook is er een groep nodig om een elektrisch doorstroomapparaat te plaatsen. Een groepenkast past vrijwel altijd zonder veel aanpassingen in een bestaande meterkast, al kan het wel het geval zijn dat er een moderniseringslag gedaan moet worden bij oude meterkasten. Aangezien de aanpassingen achter de deur van de meterkast vallen blijft de ruimtelijke impact van deze aanpassingen nihil.

6.2. Ruimtelijke impact in de wijk

Alle opties hebben een aantal ruimtelijke consequenties op wijkniveau. Hierbij moet gedacht worden aan transformatorhuisjes, technische ruimtes en mogelijke warmte infrastructuur. Zie Tabel 10 voor een overzicht van de benodigde aanpassingen op wijkniveau. Hieronder staan de betreffende aanpassingen verder beschreven.



6.2.1. Netverzwaring

Optie 1 & 3 vragen om een verzwaring van het elektriciteitsnet en de plaatsing van extra transformatorhuisjes door de grootschalige inclusie van elektrische warmtepompen. Verzwaring van het elektriciteitsnet betreft het aanleggen van bekabeling onder de grond. Tijdens de uitvoering zal hiervoor de grond opgebroken moeten worden, maar dit zal na implementatie geen blijvende ruimtelijke impact hebben. Wel moeten er extra transformatorhuisjes geplaatst worden. Dit zijn vrij kleine gebouwen (zie Figuur 7, afmetingen circa 300cmx250cmx250cm), waar er naar verwachting 10 extra exemplaren in de wijk geplaatst moeten worden¹⁴. De locaties van deze transformatorhuisjes wordt bepaald door de netbeheerder in overleg met de gemeente.



Figuur 5: Transformatorhuisje (bron: Stedin)

¹⁴ https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/20221011%20-%20NBNL%20T1%20-%20WGO%20-%20Netimpact%20van%20warmtealternatieven.pdf



6.2.2. Collectieve warmtepomp (technische ruimte)

Optie 5 & 6 zijn beide warmtesystemen waar gebruik wordt gemaakt van een collectieve warmtepomp. De collectieve warmtepomp moet geplaatst worden in een technische ruimte (gebouw) in de wijk. Grofweg kan worden uitgegaan van afmetingen van 10mx10mx4m voor de technische ruimte. De technische ruimte benodigd voor optie 5 (aquathermie) kan groter uitvallen dan de hiervoor benoemde afmetingen, omdat in praktijk meer redundant en back-up vermogen geplaatst wordt om de beschikbaarheid van warmte te garanderen. In een overleg met de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte is een leegstaand gebouw aan het Shakespeareplein in Utrecht ter sprake gekomen als een mogelijke technische ruimte (zie Figuur 8). Dit is een relatief hoog en smal gebouw, wat in de praktijk een uitdaging kan vormen voor het installeren van de nodige techniek. Aanvullend onderzoek is benodigd om de geschiktheid van dit pand als technische ruimte te beoordelen.



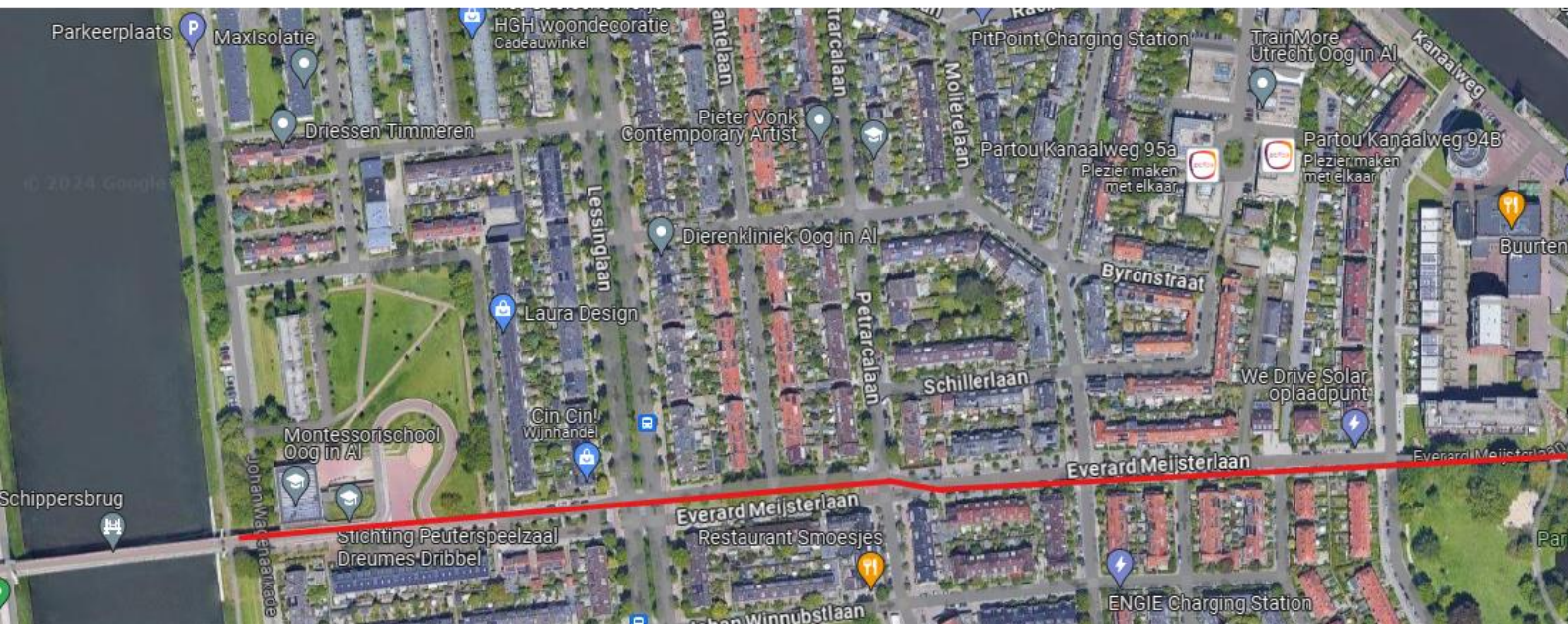
Figuur 6: Leegstaand gebouw Shakespeareplein te Utrecht (bron: Google Maps)

6.2.3. Warmtenet

Opties 3, 5 en 6 gaan gepaard met de aanleg van nieuwe warmte infrastructuur. Voor het plaatsen van de infrastructuur moet de grond in de wijk op verschillende plekken worden opgebroken. Ook moeten leidingen gelegd worden naar de woningen, waardoor werkzaamheden rondom en in de woning nodig zijn. Aangezien de infrastructuur ondergronds wordt aangelegd is er geen blijvende ruimtelijke impact in de wijk. Aanvullend onderzoek moet aantonen waar de infrastructuur precies aangelegd moet worden. Het is wel duidelijk dat een bronnet makkelijker ondergronds ingepast kan worden, omdat in dit systeem koud water wordt getransporteerd naar eindgebruikers. Warme leidingen moeten op een grotere afstand worden aangelegd van bestaand leidingwerk. Ekwadraat verwacht dat de hoofdleiding voor afname en transport van water uit het Amsterdam-Rijnkanaal gelegd zal worden in het verlengde van de Dafne Schippersbrug, langs de Everard Meijsterlaan (zie Figuur 9). Een hoofdleiding die langs de kade van het Amsterdam-Rijnkanaal en het Merwedekanaal loopt is ook een mogelijkheid, maar lijkt kadastraal een grotere uitdaging om te realiseren. Dit komt omdat de kades van de kanalen een waterkerende functie hebben en in het beheer zijn van Rijkswaterstaat. Op basis van de plaatsing van de collectieve warmtepomp zal vanaf de technische ruimte infrastructuur worden aangelegd richting de woningen. Voor opties 5 en 6 bevat dit transportleidingen naar



warmteoverdrachtstations (WOS)¹⁵ in de wijk en vanaf het WOS secundaire distributieleidingen naar elke woning volgens het stratenplan in de openbare ruimte.



Figuur 7: Indicatie verwachte hoofdleiding (rode lijn) (bron: Google Maps)

6.2.4. Warmte-Koude opslag (WKO)

Voor optie 3 & 5 is een warmte-koude opslag (WKO) in het warmtesysteem opgenomen voor de seizoensopslag. In deze opties wordt warmte die in de zomer wordt gewonnen opgeslagen in de ondergrondse WKO, zodat deze warmte in de winter kan worden onttrokken voor woningverwarming. Aanvullend onderzoek moet aantonen hoeveel boringen/doubletten gerealiseerd dienen te worden en vanaf waar deze aangeboord dienen te worden, rekening houdend met de beperkte grondlaag waarin geboord mag worden voor de WKO. Binnen dit onderzoek is een uitgangspunt gehanteerd van 10 doubletten, waarbij iedere doublet bestaat uit één warmte- en één koude bron. Het is normaliter een logische keuze om de WKO in de omgeving van de collectieve warmtepomp te plaatsen.

¹⁵ 1 WOS per 250 woningen. Het formaat van een WOS is vergelijkbaar met een transformatorhuisje.



7. Multi-criteria analyse

Tot zover zijn de opties voor aardgasvrije verwarming van Oog in Al voornamelijk financieel-economisch beoordeeld. De warmtesystemen hebben echter ook waarde wat niet valt te vangen in cijfers, of waarde die zich pas in de toekomst laat vangen in cijfers. Deze maatschappelijke waarde is belangrijk om mee te nemen om een goed afgewogen besluit te nemen over een voorkeursysteem voor Oog in Al. De maatschappelijke waarde van de betreffende warmtesystemen is bepaald aan de hand van een Multi-Criteria Analyse (MCA). De MCA, en de criteria die zijn opgesteld in samenspraak met de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte, en kunnen worden geraadpleegd in Bijlage 8.

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de MCA, waarbij de criteria zijn geclusterd in de volgende clusters:

- Financiën
- Duurzaamheid
- Bewonerscomfort
- Overig

De scores van de financiële criteria worden bepaald aan de hand van de uitkomsten van hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4. De duurzaamheid van de verschillende warmtesystemen wordt bepaald op basis van de totale energievraag, uitgedrukt in GWh per jaar, en een kwalitatieve omschrijving van de lokaliteit van de warmtebronnen. Bewonerscomfort wordt beoordeeld op basis van ruimtelijke impact, keuzevrijheid, planning, koelingsmogelijkheden en geluid, waarbij de warmtesystemen zijn gescoord op basis van kwalitatieve omschrijvingen. Ten slotte worden de warmtesystemen gescoord op toekomstbestendigheid, ruimtelijke impact in de wijk en impact op de rest van de stad onder het cluster 'overig'. Ook deze criteria worden kwalitatief beschreven.

Scores worden uitgedrukt in 1-4 sterren. Het is hierbij belangrijk om de beoordeling niet te interpreteren als een rangorde. Bij de uitdrukking van de scores in sterren is sprake van classificatie, waarbij de toelichting van de classificatie en scores tekstueel wordt toegelicht.



7.1. Financiën

Het financiële cluster van de MCA omvat maatschappelijke kosten, benodigde investeringen van de eindgebruiker (isolatie en installaties), en maandelijkse energielasten. Tabel 11 geeft aan hoe de verschillende warmtesystemen scoren op deze criteria. De resultaten binnen dit cluster zijn verdeeld. Optie 1 scoort goed op maatschappelijke kosten en maandelijkse energielasten, en optie 5 & 6 scoren goed met betrekking tot de benodigde investering door de bewoners. Het is wel duidelijk op te merken dat optie 3 het minst goed scoort binnen het financiële cluster.

Criteria	Optie 1 Individuele WP	Optie 3 Bronnet aquathermie + WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Maatschappelijke kosten	★★★★	★	★★★	★★★
Investering eindgebruiker	★★	★	★★★★	★★★★
Maandelijkse energielasten	★★★★	★★	★★	★★

Tabel 11: MCA – Cluster financiën

7.1.1. Maatschappelijke kosten

De maatschappelijke kosten van de verschillende warmtesystemen zijn berekend en gepresenteerd in hoofdstuk 3. Hieruit is gebleken dat optie 1 aanzienlijk lagere maatschappelijke kosten vraagt. De maatschappelijke kosten van optie 5 en optie 6 verschillen over 30 jaar relatief weinig. Deze opties krijgen daarom dezelfde score. De maatschappelijke kosten over 30 jaar van optie 3 zijn significant hoger dan optie 5 en optie 6, daarom krijgt optie 3 de laagste score op dit criterium.

7.1.2. Investeringskosten eindgebruiker

Optie 5 en optie 6 krijgen de beste score op dit criterium. Deze warmtesystemen bevatten minder installaties die moeten worden aangekocht en geïnstalleerd in de woning, wat resulteert in investeringskosten tussen €12.000-€16.000. Voor optie 1 moeten bewoners investeren in een warmtepomp, waardoor investeringslasten boven de €20.000 uitkomen en dit warmtesysteem een minder goede score krijgt. Optie 3 vraagt om de meeste investeringen door de bewoners (>€40.000) en krijgt daarmee de laagste score op dit criterium.

7.1.3. Maandelijkse energielasten

De maandelijkse energielasten van de verschillende warmtesystemen zijn berekend en gepresenteerd in hoofdstuk 4. Hieruit blijkt dat de maandelijkse energielasten het laagst zijn in het geval van individuele warmtepompen, waarvoor alleen elektriciteit hoeft te worden betaald. De warmteprijs is vastgezet op basis van aardgasprijzen ('niet meer dan anders' principe) waardoor alle drie collectieve opties dezelfde score krijgen.



7.2. Duurzaamheid

Het duurzaamheidscluster van de MCA omvat de energievraag en de lokale beschikbaarheid van de warmtebron. Tabel 12 geeft aan hoe de verschillende warmtesystemen scoren op deze criteria. De collectieve warmtesystemen, met name optie 3 en optie 5, krijgen de beste scores voor duurzaamheid door een combinatie van relatief lage energievraag en lokaal beschikbare warmtebronnen.

Criteria	Optie 1 Individuele WP	Optie 3 Bronnet aquathermie + WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Energievraag	★	★★★★	★★★	★★
Lokale warmtebron	★★	★★★★	★★★★	★★

Tabel 12: MCA - Cluster duurzaamheid

7.2.1. Energievraag

De energievraag van de verschillende warmtesystemen is deels bepalend voor de mate van duurzaamheid die aan de warmtesystemen toegekend kan worden. De scores op dit criterium zijn bepaald op basis van de totale jaarlijkse energievraag van de warmtesystemen in GWh¹⁶. Optie 1 heeft de hoogste jaarlijkse elektriciteitsvraag (circa 5,2 GWhe/jaar). De energie wordt tevens afgenomen door bewoners op 'dure' momenten wanneer fossiele energiecentrales veel produceren. De collectieve opties bevatten buffers waardoor er een grotere mate van flexibiliteit is om stroom af te nemen op 'voordelige' momenten. Dit maakt dat optie 1 de laagste score krijgt. Optie 5 en optie 6 hebben een vergelijkbare elektriciteitsvraag (circa 4,6 GWhe/jaar en 4,5 GWhe/jaar respectievelijk). Dit is nog steeds een aanzienlijke elektriciteitsvraag op jaarbasis, maar deze warmtesystemen zijn met behulp van buffers wel flexibel in het moment wanneer stroom kan worden afgenomen. Bij optie 6 wordt naast de elektriciteitsvraag (circa 4,5 GWhe/jaar) gebruik gemaakt van biomassa (circa 1,2 GWth) in de mix om warmte te leveren aan het warmtenet. Hierdoor komt de totale energievraag van optie 6 hoger uit dan optie 5, waardoor optie 5 beter scoort op dit criterium. Optie 3 is het warmtesysteem met de laagste elektriciteitsvraag (circa 3,7 GWhe/jaar) en krijgt daarvoor de hoogste score. De meest duurzame energie is natuurlijk energie die niet wordt gebruikt.

7.2.2. Lokale warmtebron

Optie 3 & optie 5 scoren het beste op het gebied van de lokale beschikbaarheid van de warmtebron. Deze warmtesystemen gaan uit van aquathermie uit het naastgelegen Amsterdam-Rijnkanaal. Optie 6 scoort daarentegen minder goed op dit criterium, omdat Eneco warmte produceert met brandstoffen (gas & biomassa) die vanuit elders worden aangevoerd. Ten slotte wordt er elektriciteit gebruikt om warmte te produceren in verschillende warmtesystemen. Dit is met name relevant voor de individuele warmtepompen

¹⁶ De totale energievraag betreft het gehele warmtesysteem (collectieve installaties en installaties in de woning). Dit heeft betrekking op verwarming, warm water en koeling.



van optie 1. Het uitgangspunt voor elektriciteit is een 'grijze' mix die uit het elektriciteitsnet wordt onttrokken. Deze grijze elektriciteit wordt op verschillende locaties opgewekt en is daarmee een niet-lokale bron van energie. Hierdoor krijgt optie 1, evenals optie 6, een minder goede score. Het is natuurlijk mogelijk om elektriciteit uit eigen zonnepanelen toe te passen, maar enkele zonnepanelen kunnen niet de gehele elektriciteitsvraag van een individuele warmtepompen dekken. Dit komt door een mismatch tussen vraag en aanbod van elektriciteit, waarbij een warmtepomp met name veel elektriciteit vraagt tijdens koude ochtenden en avonden, terwijl zonnepanelen het meest produceren tijdens de middaguren in de zomer.

7.3. Bewonerscomfort

Het 'Bewonerscomfort' cluster van de MCA omvat de ruimtelijke impact van de warmtesystemen binnen de woning, de keuzevrijheid voor bewoners, de planning en fasering, koelingsmogelijkheden en het geluid van de warmtesystemen. Optie 6 scoort over het algemeen het beste binnen dit cluster (Tabel 13). Dit komt met name door de hogere afgiftetemperatuur binnen dit warmtesysteem, wat leidt tot weinig impact binnen de woning, en meer vrijheid in het tempo- en de mate van isolatie.

Criteria	Optie 1 Individuele WP	Optie 3 Bronnet aquathermie + WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Ruimtelijke impact in de woning	★★	★★	★★★★	★★★★
Keuzevrijheid bewoners	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
Planning & fasering	★★★★	★	★★	★★
Koelingsmogelijkheden	★★★★	★★★★	★★	★★
Geluid	★★	★★★★	★★★★	★★★★

Tabel 13: MCA - Cluster bewonerscomfort

7.3.1. Ruimtelijke impact in de woning

Optie 1 en optie 3 krijgen een vergelijkbare, minder goede, score op dit criterium. Deze warmtesystemen scoren minder goed omdat er voor beide warmtesystemen een binnenunit van een warmtepomp geïnstalleerd moet worden. De binnenunit van een warmtepomp is qua formaat vergelijkbaar met een grote koelkast (100cmx40cmx80cm). Voor optie 1 moet daarbij ook een buitenunit buiten de woning geplaatst worden (70cmx30cmx90cm). Optie 5 en optie 6 scoren het beter op dit criterium omdat er geen sprake is van een warmtepomp binnen de woning. Er moet voor beide opties wel een warmteafgifte set worden geïnstalleerd, maar de ruimtelijke impact van dit element is kleiner dan een warmtepomp en kan normaliter in een meterkast worden verwerkt. Bij optie 5 is er ook nog sprake van een elektrisch doorstroomapparaat om de woning van warm tapwater te voorzien. Het doorstroomapparaat is in formaat vergelijkbaar met een



CV-ketel, en kan ook goed geïnstalleerd worden op de plek van een voormalige CV-ketel. Zie hoofdstuk 6 voor meer informatie over de ruimtelijke impact binnen de woning.

7.3.2. Keuzevrijheid bewoners

Keuzevrijheid voor bewoners omvat de mate waarin bewoners verschillende keuzes kunnen maken met betrekking tot het warmtesysteem, installaties in de woning, en leverancier van energie. Alle warmtesystemen bieden een vergelijkbare mate van keuzevrijheid wat betreft het warmtesysteem, techniek in de woning en leveranciers van energie en technieken. Voor optie 1 en optie 3 kunnen de bewoners zelf bepalen welke warmtepomp ze willen aanschaffen, en bij welke leverancier ze energie willen afnemen. Bewoners kunnen na het aanschaffen van een warmtepomp op een later moment nog beslissen om aan te sluiten op een warmtenet als die alsnog wordt gerealiseerd in de wijk.

Als er wordt gekozen om een warmtenet aan te leggen in de wijk (optie 5, en 6) houden bewoners altijd de keuze of en wanneer ze willen aansluiten op het warmtenet. Bewoners kunnen er in dit geval nog steeds voor kiezen om een individuele warmtepomp aan te schaffen, waarbij keuzevrijheid van toepassing is op de technische installatie en energieleverancier. Wanneer een bewoner besluit om aan te sluiten op een warmtenet, blijven er minder zaken over om een keuze in te maken. Elektriciteit blijft van toepassing voor koken, verlichting en overige apparaten, en de bewoner behoudt de vrijheid om zelf een energieleverancier te kiezen. Warmte zal echter worden geleverd door één warmtebedrijf, waar geen alternatief voor bestaat. Naast een elektrisch doorstroomapparaat bij optie 5 zijn er geen technische installaties van toepassing waar bewoners een keuze over moeten maken. Omdat er geen aanzienlijk onderscheid valt te maken tussen de verschillende warmtesystemen wat betreft de keuzevrijheid van de bewoners krijgen alle opties dezelfde score.

7.3.3. Planning & fasering

Planning en fasering heeft betrekking op het tempo waarop bewoners moeten beslissen om over te gaan op het nieuwe warmtesysteem. Hier kan een onderscheid gemaakt worden tussen het individuele warmtesysteem en de collectieve warmtesystemen. Als een van de collectieve warmtesystemen (optie 3, 5 en 6) wordt toegepast in de wijk zal een groot deel van de wijk in een keer moeten aansluiten om het warmtesysteem rendabel te kunnen exploiteren. Voor optie 3 is het daarnaast nodig om vloerverwarming aan te leggen in de woningen, wat het moeilijker maakt om veel woningen gelijktijdig aan te pakken. Dit maakt dat optie 3 een minder goede score krijgt dan de andere collectieve opties. Optie 1 biedt, als individueel warmtesysteem, meer flexibiliteit aan de bewoners in het bepalen wanneer de overstap naar een aardgasvrij warmtesysteem wordt gemaakt, en krijgt daarom de beste score.

7.3.4. Koelingsmogelijkheden

Optie 1 & 3 scoren op dit criteria hoger dan optie 5 & 6. Dit komt omdat de warmtesystemen binnen optie 1 & 3 inherente mogelijkheden bieden voor koeling, al is er in dit geval wel sprake van topkoeling. Optie 1 & 3 kunnen worden aangevuld met een airco-systeem, wat niet wenselijk is vanuit een duurzaamheidsoogpunt. Optie 5 & 6 moeten hoe dan ook worden aangevuld met een airco-systeem, omdat deze warmtesystemen op zichzelf geen koelingsmogelijkheden bieden. Zie hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor meer uitleg over koeling.



7.3.5. Geluid

Optie 5 en optie 6 scoren het beste met betrekking tot geluid dat kan worden ervaren door bewoners. Binnen deze warmtesystemen worden geen warmtepompen geplaatst in de woning. Wel wordt het geadviseerd om bij optie 5 en optie 6 airco's te installeren. Deze airco's hebben buitenunits die in de zomer gehoord kunnen worden wanneer bewoners buiten zijn terwijl binnen gekoeld wordt. Bij optie 3 wordt wel techniek in de woning geplaatst, in de vorm van een warmtepomp. De warmtepomp kan een zacht zoemend geluid maken dat als storend ervaren kan worden. Door deze technische elementen goed te plaatsen in de woning, in ruimtes waar bewoners niet veel tijd doorbrengen, kan de geluidshinder worden voorkomen. Optie 1 scoort minder goed op dit criterium omdat er naast een binnenunit van de warmtepomp, ook een buitenunit moet worden geplaatst. Deze buitenunit maakt een verneembaar geluid wat als storend ervaren kan worden, al valt het geluid wat een buitenunit maakt wel binnen de geluidsnormen.

7.4. Overig

De criteria die het cluster 'Overig' opmaken zijn de toekomstbestendigheid van de warmtesystemen, de ruimtelijke impact van de warmtesystemen in de wijk, en de impact die de warmtesystemen hebben op de rest van de stad. Tabel 14 geeft aan hoe de verschillende warmtesystemen scoren op deze criteria. De collectieve warmtesystemen, met name optie 5 en optie 6, scoren goed op de overige criteria. Dit komt met name door de balanceringsmogelijkheden, schaalbaarheid en geringe ruimtelijke impact van deze opties.

Criteria	Optie 1 Individuele WP	Optie 3 Bronnet aquathermie + WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Toekomstbestendigheid	★★	★★★★	★★★★★	★★★★★
Ruimtelijke impact in de wijk	★★★★★	★★★★	★★★	★★★★★
Impact op de rest van de stad	★	★★	★★★★★	★★★★★

Tabel 14: MCA - Cluster impact

7.4.1. Toekomstbestendigheid

Alle warmtesystemen zijn in meer of mindere mate toekomstbestendig, aangezien alle warmtesystemen gebaseerd zijn op beproefde technieken die onafhankelijk zijn van aardgas. Er is echter wel een verschil in de mate van toekomstbestendigheid van optie 1 ten opzichte van de collectieve warmtesystemen. Dit komt voort uit het feit dat een groot aantal individuele warmtepompen een grote gelijktijdige belasting veroorzaken voor het elektriciteitsnet. Dit kan netcongestie veroorzaken of verergeren. Collectieve warmtenetten zijn systemen met warmtebuffers, wat meer balanceringsmogelijkheden biedt voor het elektriciteitsnet. Bovendien biedt een warmtenet meer kansen voor het opschalen van het systeem, of het aansluiten op nieuwe toekomstige warmtebronnen en/of energie-initiatieven. Optie 3 scoort minder goed



dan optie 5 & 6, omdat als bronnet de infrastructuur minder flexibel is voor alternatieve warmtebronnen of de uitbreiding naar meer woningen.

7.4.2. Ruimtelijke impact in de wijk

De collectieve warmtesystemen scoren op dit criterium beter dan het individuele warmtesysteem. Optie 1 en optie 6 scoren goed met een vergelijkbare ruimtelijke impact bestaande uit transformatorhuisjes en warmte-overdrachtstations (WOS). Optie 3 en optie 5 scoren minder goed op dit criterium omdat er naast een aantal transformatorhuisjes ook een technische ruimte geplaatst moet worden voor de collectieve pompen. Zie hoofdstuk 6 voor meer informatie over ruimtelijke impact.

7.4.3. Impact op de rest van de stad

Ten slotte scoren de collectieve warmtesystemen ook goed wat betreft de impact op de rest van de stad. De warmtenetwarmtesystemen bieden kansen voor opschaling of aansluiting op alternatieve warmtebronnen. Uitbreiding van optie 3 is moeilijker te realiseren, omdat het hier gaat om lage temperatuur infrastructuur, wat niet compatibel is met hogere temperatuur warmtebronnen of matig tot slecht geïsoleerde woningen. Optie 1 heeft geen directe impact op de rest van de stad, aangezien het gaat om een individuele oplossing. Indirect kan een grootschalige toepassing van individuele warmtepompen wel een negatieve impact hebben op de (over)belasting van het lokale elektriciteitsnet.



8. Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek is gestart naar aanleiding van de Transitie Visie Warmte (TVW) van de gemeente Utrecht, waarin de wijk Oog in Al staat aangewezen als een van de buurten die als eerste van het aardgas af kan¹⁷. Dit onderzoek dient aan te tonen welke warmtesystemen geschikt zijn om invulling te geven aan de plannen die staan beschreven in de TVW. Een eerste verkenning van mogelijke warmtesystemen was al uitgevoerd door de gemeente en Oog voor Warmte. Ekwadraat heeft hier een verdiepingsslag op gedaan door de technische en financiële haalbaarheid van verschillende warmtesystemen uitgebreid te onderzoeken.

Na het analyseren van de technische- en financiële haalbaarheid, en het kwantitatief en kwalitatief beoordelen van de verschillende warmtesystemen, heeft Ekwadraat een concluderend advies kunnen formuleren betreffende het meest geschikte warmtesysteem.

De conclusie van Ekwadraat is dat optie 5 (MT-warmtenet) het meest geschikte warmtesysteem is voor Oog in Al. Deze conclusie is onder andere gebaseerd op de toekomstkansen die een warmtenet biedt. Daarnaast heeft een MT-warmtenet een goede match met de woningvoorraad en een positieve businesscase voor de bewoners. Ten slotte betreft optie 5 een zeer duurzaam en lokaal warmtesysteem waarin de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte een actieve rol kunnen innemen.

Het vervolg van dit hoofdstuk geeft een gedetailleerde onderbouwing voor het advies voor optie 5 als voorkeurs-warmtesysteem voor Oog in Al.

8.1. Een warmtenet biedt toekomstperspectief

Allereerst is er een verantwoording nodig voor de keuze voor een collectief systeem ten opzichte van een individuele oplossing. Kostentechnisch gezien heeft optie 1 de laagste maatschappelijke kosten. Ook zijn de totale kosten voor de bewoners bij dit warmtesysteem relatief laag. Kosten dienen op zichzelf echter niet leidend te zijn in het selecteren van een geschikt duurzaam warmtesysteem. Andere aspecten die maatschappelijke waarde kunnen betekenen dienen ook meegenomen te worden in de beoordeling van warmtesystemen.

Een collectief warmtenet is een toekomstbestendige oplossing met een nodige mate van flexibiliteit. Het breed uitrollen van individuele warmtepompen veroorzaakt veel gelijktijdig elektriciteitsgebruik, wat de druk op een al zwaar belast elektriciteitsnet verergert. Dit is een praktische belemmering waar een collectief warmtenet beter voor is ontworpen. Een warmtenet bevat warmtebuffers, waardoor elektriciteit op gunstige momenten kan worden afgenomen.

¹⁷ [Document Utrecht - Transitievisie Warmte deel II \(na verwerking amendement\).pdf - iBabs Publieksporaal \(bestuurlijkeinformatie.nl\)](#)



Verder biedt een warmtenet kansen om in de toekomst de infrastructuur uit te breiden, en te koppelen aan nieuwe warmtebronnen. Het toepassen van individuele warmtepompen verkleint de kans om in de toekomst warmteinfrastructuur uit te breiden of te koppelen aan warmteinfrastructuur wat elders in de omgeving wordt gerealiseerd.

De combinatie van toekomstbestendigheid, met name in verband met het elektriciteitsnet, en de mogelijkheid voor koppelkansen in de toekomst, maakt dat een collectieve oplossing de voorkeur krijgt over individuele warmtepompen.

8.2. Een MT-warmtenet is meer geschikt dan een bronnet

Het is vanuit de wijkanalyse bekend dat de woningvoorraad in Oog in al voornamelijk bestaat uit vooroorlogse gebouwen. Het uitgangspunt van dit onderzoek is dat alle woningen naar energielabel B geïsoleerd moeten worden. In de praktijk kunnen bewoners er echter voor kiezen om niet vooraf te isoleren, of om in een mindere mate te isoleren. Opties 5 en 6 betreffen beide een warmtesysteem op middentemperatuur (MT). Dit biedt de bewoners meer speling om in de praktijk keuzes te maken rondom isolatie, indien bewoners bereid zijn om hiervoor meer energiekosten te betalen. Optie 3 heeft als bronnet een zeer lage afgiftetemperatuur, en biedt daarmee vrijwel geen flexibiliteit rondom isolatie. De woningen moeten vooraf minstens geïsoleerd worden tot label B om de woning goed warm te kunnen krijgen.

Daarnaast moet bij optie 3 een warmtepomp (binnenunit) met de afmetingen van een grote koelkast in de woningen geïnstalleerd worden (100cmx40cmx80cm). Ten slotte biedt optie 3 een inherente koelingsmogelijkheid, maar er zal vloerverwarming moeten worden aangebracht in de woningen om effectief gebruik te maken van deze (top)koeling. Een bronnet kan een zeer duurzaam warmtesysteem zijn, maar is beter geschikt voor nieuwbouwwoningen die met goede isolatiewaardes en vloerverwarming worden ontworpen en opgebouwd. Optie 5 & optie 6 hebben beide een hogere afgiftetemperatuur, en beperkte ruimtelijke impact in de woning, wat beter past bij de bestaande woningen in Oog in Al.

Omdat de bewoners onder optie 3 niet alleen moeten investeren in isolatie, maar ook in een warmtepomp en vloerverwarming, lopen de investeringskosten hoog op vergeleken met de andere opties. De bijkomende financieringskosten zorgen ervoor dat de bewoners over 30 jaar significant meer moeten uitgeven in vergelijking met optie 5 en optie 6. Zoals hiervoor beschreven staat, is het financiële plaatje op zichzelf onvoldoende om een warmtesysteem op te selecteren of af te schrijven. Het is echter de combinatie van de beperkte geschiktheid van een bronnet met de bestaande woningvoorraad in Oog in Al, en de hogere financiële lasten voor de bewoners, wat optie 3 een minder geschikt warmtesysteem maakt vergeleken met optie 5 en 6.



8.3. Duurzaamheid en lokaliteit zijn doorslaggevend

Op basis van de hiervoor beschreven argumentatie blijven optie 5 & optie 6 over als potentiële voorkeurssystemen voor Oog in Al. De verschillen in initiële investeringskosten en totale lasten na 30 jaar voor de bewoners zijn niet groot tussen deze warmtesystemen. Er is echter wel sprake van een grotere onrendabele top bij de overige stakeholders, wat voor optie 5 betekent dat er meer maatschappelijk geld geïnvesteerd moet worden om het warmtesysteem te realiseren.

Het argument voor optie 5 als meest geschikte warmtesysteem komt echter voort uit de duurzaamheid en lokaliteit van de warmtebron. Optie 5 gaat uit van warmtewinning vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal, gelegen naast de wijk. Optie 6 gaat daarentegen uit van de inkoop van warmte van Eneco, wier warmte nog deels wordt opgewekt met gas en biomassa. Het is binnen de kaders van dit onderzoek niet aan te tonen vanuit waar Eneco haar gas en biomassa aankoopt en laat aanvoeren, maar in de huidige situatie het is duidelijk dat de warmtebronnen minder duurzaam en minder lokaal zijn dan warmtewinning uit het Amsterdam-Rijnkanaal, waardoor er een grotere CO₂-reductie te behalen valt met optie 5. Een kanttekening hierbij is dat er bij optie 5 ook 'grijze' stroom gebruikt zal worden om warmte te produceren, en dat Eneco plannen heeft om haar warmtebronnen verder te gaan verduurzamen. Dit is een ontwikkeling die gevolgd kan worden, om de duurzaamheid van de warmtebronnen van optie 5 en optie 6 in de toekomst nogmaals te vergelijken.

Ten slotte kunnen de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte gedeeld lokaal eigenaarschap uitoefenen op de warmtewinning uit het Amsterdam-Rijnkanaal, als ze in staat zijn om in een collectief warmtebedrijf te stappen met een netbeheerder en een warmteproducent. Deze vrijheid bestaat niet wanneer Eneco wordt aangewezen als de warmteleverancier.

8.4. Vervolgstappen

Dit onderzoek dient als een verdiepende verkenning van mogelijke warmtesystemen voor Oog in Al. Ekwadraat adviseert de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte om op basis van dit onderzoek stappen te zetten om een MT-warmtenet op basis van aquathermie uit het Amsterdam-Rijnkanaal te realiseren in Oog in Al.

Ekwadraat adviseert de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte om een ingenieurspartij in de arm te nemen om de technische specificaties en detailbusinesscase van het betreffende warmtesysteem verder uit te werken. Ekwadraat heeft met dit onderzoek een verdiepende verkenning uitgevoerd op basis van kengetallen. Dit is voldoende om een weloverwogen besluit te kunnen nemen voor een geschikt warmtesysteem. De expertise van een ingenieurspartij is echter nodig om een gedegen detailniveau te komen waarop een uitvoeringsplan kan worden gebaseerd.

Daarnaast is het belangrijk om gezamenlijk een uitvoeringsplan voor het betreffende warmtesysteem op te stellen. Het is van belang dat de gemeente Utrecht en Oog voor Warmte nauw betrokken blijven bij het opstellen van een uitvoeringsplan, en dat andere stakeholders zoals de netbeheerder en de warmteproducent ook kunnen participeren in dit proces. De gemeente Utrecht en Oog voor Warmte kunnen in het opstellen van een uitvoeringsplan ondersteuning zoeken van een adviesbureau.



Bijlage 1 Resultaten Thuisscans


De Thuisscan is ingezet om een nauwkeuriger beeld te krijgen van de exacte warmtevraag in Oog in Al. Data is geaggregeerd van 79 woningen in de wijk. Hieronder staan een aantal opmerkingen over de resultaten vanuit de thuisscan beschreven, en verdere resultaten kunnen worden geraadpleegd in Tabel 15 op de volgende pagina.

Er zijn 9 vrijstaande woningen en 5 twee-onder-1-kap woningen. Hiervan zijn respectievelijk 3 en 1 thuisscan ingevuld. Deze resultaten zijn in mindere mate betrouwbaar door het geringe aantal (mogelijkheid op uitschieters). Hoekwoningen en tussenwoningen zijn daarentegen door een mooi aantal respondenten ingevuld. Ten slotte is er een groep respondenten (52) waarvan het woningtype onbekend is.

76% van de respondenten (hoek- en tussenwoningen) hebben zonnepanelen. Dit is meer dan de inschatting van het gemiddeld aantal woningen met panelen op het dak op basis van luchtfoto's. Hierdoor lijkt het erop dat de Thuisscans zijn ingevuld door bewoners met meer realisatie van duurzaamheid. Hieruit kan worden afgeleid dat we mogelijk te maken met een groep respondenten die energiebewust gedrag vertoont. Het is mogelijk dat de groep respondenten dan ook meer isolatie heeft toegepast of minder energie gebruikt dan de non-respondenten door bewuster gedrag.

Het energiegebruik en piekvermogen uit de thuisscan ligt lager dan de openbare data. Dit kan mogelijk ook een resultaat zijn van een groep respondenten die energiezuinig gedrag vertoont ten opzichte van de 'gemiddelde' wijkbewoner. 33-38 GJ warmte wordt gebruikt per woning volgens de thuisscan, ten opzichte van 51-57 GJ volgens de openbare data. Dit is 827-1.197m³ aardgas per woning (thuisscan)

Piekvermogen is 5-6 kW. Dit is belangrijk voor de dimensionering van het warmtenet maar ook voor het individuele warmtepomp scenario.



Woningtype	vrijstaand	twee-onder-1-kap	hoekwoning	tussenwoning	meergezins	onbekend
Aantal woningen Oog in Al	9	5	325	924	158	52
Gasverbruik (m3) - openbare data	3.455	-	1.791	1.612	993	2.184
Gasverbruik (GJ) - openbare data	109	-	57	51	31	69
<i>Jaarverbruik ruimteverwarming (GJ) - openbare data</i>	82	-	43	38	24	52
kWh\m2 verwarmen - openbare data	106	-	100	98	103	117
Jaarverbruik tapwater (GJ) - openbare data	27	-	14	13	8	17
Elektriciteitsverbruik (kWh) - openbare data	5.098	4.056	3.349	2.952	2.846	3.761
Piekvraag (kW) - openbare data	17	-	9	8	5	11
Aantal - Thuis scans	3	1	19	56	0	0
Percentage Thuis scans	33%	20%	6%	6%	0%	0%
Gasverbruik (m3) - Thuis scan	828	3.247	1.197	827	null	null
Gasverbruik (GJ) - Thuis scan	26	103	38	33	null	null
Jaarverbruik ruimteverwarming (GJ) - Thuis scan	23	87	32	22	null	null
kWh\m2 verwarmen - Thuis scan	20	89	75	59	null	null
Jaarverbruik tapwater (GJ) - Thuis scan	3	15	6	11	null	null
Elektriciteitsverbruik (kWh) - Thuis scan	623	2.204	1.780	1.360	null	null
Piekvraag (kW) - Thuis scan	5	15	6	5	null	null
Stookgrens - Thuis scan	15	15	14	14	null	null
Vloeroppervlak - Thuis scan	599	295	130	122	null	null
Koken op gas - Thuis scan	2	1	16	41	null	null
Aantal bewoners - Thuis scan	2	2	3	3	null	null
Aantal woningen met zonnepanelen - Thuis scan	2	1	16	41	null	null

Tabel 15: Resultaten Thuis scans



Bijlage 2 Verdieping uitgesloten warmtebronnen

Aardgas

Aardgas is voor de meerderheid van de woningen de verwarmingsbron in de huidige situatie. Op collectief niveau is aardgas voor het leveren van de piekvraag of als back-up gebruikelijk in warmtenetten. Op individueel niveau wordt aardgas landelijk ingezet in hybride warmtepompen om te voorzien in de piekvraag. Oog voor Warmte en gemeente Utrecht hebben aangegeven aardgas te zien als tussenoplossing, maar op zoek te zijn naar de aardgasvrije eindoplossing. De gemeente Utrecht en Oog voor Warmte willen hiermee bijdragen aan de doelstellingen uit het Klimaatakkoord voor het verduurzamen van de gebouwde omgeving.

Waterstof

Waterstof is een energiedrager en geen energiebron. Duurzame ("groene") waterstof kan gemaakt worden uit duurzame elektriciteitsbronnen. De technologie om groene waterstof te vervaardigen is nog relatief nieuw, dit betekent dat het niet op korte termijn grootschalig kan worden ingezet. Omdat waterstof een schaarse en hoogwaardige energiedrager is, wordt momenteel landelijk vooral ingezet op waterstof als oplossing voor de procesindustrie, niet voor het woningbestand. De toepassingen met de hoogste prioriteit zijn sectoren waar weinig tot geen alternatieven zijn voor het gebruik van waterstof. In de sectoren met de laagste prioriteit (waaronder de meeste woningen) zijn die alternatieven er wel en zijn die vaak zelfs duurzamer, goedkoper en energetisch meer efficiënt. In het geval dat groene waterstof wel gebruikt zal worden in de gebouwde omgeving is de toepassing hiervan logischer bij verspreide woningen die niet goed met andere oplossingen kunnen worden verwarmd, en niet in een dichtbevolkt gebied zoals een wijk in Utrecht. Ten slotte loopt de geplande waterstofinfrastructuur (de waterstof backbone) niet langs Utrecht, wat import van groene waterstof moeilijk maakt. Lokale productie van groene waterstof is in de context van een dichtbevolkte stad ook geen logische optie, gezien de beperkte ruimte die hiervoor beschikbaar is. Al deze redenen maken dat waterstof op afzienbare termijn geen realistische oplossing is voor Oog in Al.

Restwarmte

In de omgeving van Oog in Al zit een fabriek van Douwe Egberts. Hier komt momenteel restwarmte vrij. Echter gaat DE op termijn deze warmte zelf terugwinnen en inzetten in de eigen fabriek. Hierdoor valt de potentie van deze restwarmte als bron voor een warmtenet weg.

Geothermie

Binnen Utrecht wordt in verschillende projecten de haalbaarheid van geothermie onderzocht. Uit de eerste projecten volgt nog geen uitsluitend resultaat voor de inzet van geothermie. Het onderzoeken van geothermiepotentie is een complex en langdurig proces met veel onzekerheid voor wat betreft de werkelijke energieopbrengst uit de ondergrond. Daarom valt het onderzoeken van deze potentie buiten de scope van deze haalbaarheidsstudie.

In de praktijk is geothermie hierbij nog niet uitgesloten als mogelijke warmtebron voor Oog in Al. Wanneer uit ander onderzoek blijkt dat er wel mogelijkheden zijn voor benutting van geothermie, kan Oog in Al daar mogelijk nog op aanhaken. Mocht een geothermieput in de toekomst gerealiseerd worden in de omgeving van Utrecht, dan zal de gewonnen warmte hoogstwaarschijnlijk worden benut voor de verduurzaming van



het stadswarmtenet. Mocht Oog in Al ervoor kiezen om aan te sluiten op het warmtenet van Eneco, dan is het mogelijk dat geothermie een toekomstige rol gaat spelen in de warmtevoorziening van de wijk.

Biomassa

Bij de verbranding van biomassa komt veel warmte vrij welke geleverd kan worden aan een warmtenet. De stadsverwarming van Eneco maakt onder andere gebruik van gesubsidieerde biomassa. Hierdoor is de verwachting dat er binnen de gemeentegrenzen geen biomassa beschikbaar is. Hierdoor dient biomassa geïmporteerd te worden of moet de wijk concurrentie aangaan met de bestaande installatie(s). Bovendien is het realiseren van een biomassacentrale in (de omgeving van) Oog in Al weinig realistisch gezien de ruimtelijke beperkingen. Ten slotte is de opinie dat biomassa niet langer duurzaam is. Doordat de bron omstreden is en de lokale productie van biomassa voor Oog in Al niet gegarandeerd kan worden, wordt deze bron uitgesloten. Ook het stoken van houtkachels wordt niet gezien als oplossing.

Groen gas

Geproduceerd groen gas wordt in het bestaande landelijke gasnet gepompt, waarna het gas fysiek gebruikt wordt door de partijen middels de weg van de minste weerstand. Administratief wordt echter op een andere manier bepaald wie de afnemers van groen gas zijn. De producent van groen gas krijgt voor elke geproduceerde eenheid een certificaat. Deze certificaten kunnen verhandeld worden aan partijen die op papier groen gas willen gebruiken om te verduurzamen. Zonder de certificaten mag je niet claimen dat je groen gas gebruikt. Hiermee bestaat de waarde van groengas uit twee hoofdcomponenten. Ten eerste de fysieke waarde van het groene gas, gelijk aan de marktprijs voor aardgas. Daarbovenop komt de waarde van de certificaten.

Om in Oog in Al groen gas te gebruiken moeten dus certificaten gekocht worden. Dit kan bijvoorbeeld door de bewoners zelf, door de energie coöperatie of door de gemeente. Alleen wanneer voor de volledige hoeveelheid gebruikt gas ook certificaten gekocht zijn, is de wijk aardgasvrij. Deze claim op certificaten is door de schaarste aan groen gas erg kostbaar. Omdat groen gas, net zoals waterstof, een hoogwaardige energiedrager is, zal er voornamelijk belangstelling zijn vanuit sectoren met weinig verduurzamingsalternatieven. Het wordt niet realistisch geacht dat een woonwijk zoals Oog in Al mee kan gaan in de markt voor groen gas.



Bijlage 3 Verdieping zonthermie

Voor deze verdieping op zonthermie is gebruik gemaakt van het rapport Zonthermie en stadsverwarming van CE Delft¹⁸. Dit rapport beschrijft verschillende warmtesystemen die gebruik maken van warmte van de zon voor verwarming van de woning en/of warm tapwater. De meest relevante en de besproken warmtesystemen worden hier nogmaals benoemd. Hierbij worden argumenten, aandachtspunten en risico's herhaald. De interesse van de werkgroep gaat vooral uit naar duurzame systemen voor de gehele warmtelevering en warmtesystemen waarbij warmte ook teruggeleverd wordt.

Zon-PV op dak

PV-panelen geven geen invulling aan de warmtebehoefte maar enkel de elektriciteitsvraag. Daarom sluit dit onvoldoende aan bij de energiebehoefte van Oog in Al.

PVT-systeem met warmtepomp

Dit warmtesysteem is beschreven door CE-Delft zonder warmte teruglevering. Dit is een individuele variant die vergelijkbaar is met een lucht-water warmtepomp i.c.m. PV-panelen. Echter zijn de investeringskosten hoger vanwege de PVT-panelen met installatiewerk en het duurdere type warmtepomp die hiervoor nodig is.

Zonnecollector met seizoensopslag

In het rapport van CE-Delft staat dit warmtesysteem beschreven met een individuele buffer in de tuin of in de kruipruimte. Dit warmtesysteem wordt afgeschreven op basis van slechte praktijkervaringen en hoge gebruikerskosten. Dit systeem geeft door de grote opslagfunctie wel invulling aan de gehele warmtevraag.

Zonneboiler

Met een beperkt aantal zonnecollectoren kan invulling worden gegeven aan de warm tapwaterbehoefte in combinatie met een buffervat. Met onvoldoende collectoroppervlak geeft dit systeem echter geen invulling aan de warmtevraag voor ruimteverwarming in de winter. Hiervoor is een aansluiting op het warmtenet nodig. Het rapport van CE Delft zegt bij dit warmtesysteem niks over de teruglevering van warmte in de zomer. Wel spreekt het rapport terecht over synergievoordelen van een warmtenet met in elke woning een buffervat voor warm tapwater (en ruimteverwarming). Dit verlaagt namelijk de piekvraag die geleverd moet worden waardoor de aansluitleidingen kleiner uitgevoerd kunnen worden.

Individuele warmte teruglevering aan het warmtenet

CE Delft neemt deze optie niet mee voor financiële vergelijking. Om dit warmtesysteem mogelijk te maken is een dubbele aansluitleiding nodig op de retourleiding. Warmteopwekking vindt vooral plaats in de zomer

¹⁸ <https://utrecht.bestuurlijkeinformatie.nl/Reports/Document/e93e62cf-f337-4d0c-bb26-a17bb14c468c?documentId=b4d02c73-2f52-4cbf-835c-3af5c5e6806f>



wanneer de warmte minimale waarde heeft voor het warmtenet doordat andere duurzame bronnen dan ook goed kunnen leveren. De volgende tegenargumenten worden benoemd:

- Dure investering voor woningeigenaar.
- Onzekere tariefstelling. Geen salderingsregeling voor warmte zoals bij PV.
- Technisch en economisch ongunstig voor bestaand warmtenet door de negatieve impact op rendement van de warmteproducent.
- Warmteproductie in verkeerde moment van het jaar, seizoensopslag en/of back-up warmtebron blijft nodig.

Wanneer heel Oog in Al gaat terugleveren op de retourleiding via een dubbele aansluiting, dan zal de retourleiding een te hoge temperatuur aannemen waardoor de burelen niet meer kunnen terugleveren.

Wijknet MT-/HT-zonthermie productie en MT-/HT-warmteopslag 60-80°C

Dit scenario gaat uit van grootschalige warmteproductie en opslag op hoge temperaturen. Dit temperatuurniveau sluit aan bij de huidige isolatiegraad van Oog in Al. Er is vanuit duurzaamheidsoogpunt echter zeker winst te behalen op isolatie en het streven naar lagere temperatuur verwarming. De kostenvergelijking in het rapport van CE-delft is niet compleet.

Wijknet LT zonthermie productie en LT warmteopslag 20-40°C

Deze variant is erg duurzaam vanwege de lage productie- en opslagtemperaturen. Hier wordt uitgegaan van PVT-panelen en een WKO. De jaarlijkse energiekosten bedragen nul, wat niet aannemelijk is door elektriciteitsvraag in de winterperiode. Warmteproductie en elektriciteitsopwek in de zomerperiode zijn hoger dan in de winter wanneer warmte en elektriciteit voor individuele opwaardering nodig is.

Vergelijking PVT en aquathermie grote schaal

Op lage temperatuur is PVT erg duur en aquathermie veel goedkoper i.c.m. PV-panelen. Op midden temperatuur zijn de investeringskosten vergelijkbaar. De kosten voor een collectieve buffer bij zonthermie worden niet meegerekend in de businesscase omdat geredeneerd wordt dat de buffer in de toekomst een essentieel onderdeel van het energiesysteem is. Daarom zijn de kosten hiervoor niet volledig aan zonthermie toegerekend.



Bijlage 4 Verdieping aquathermie

Aquathermie omvat het benutten van warmte uit water. Dit kan in de omgeving van Oog in Al op verschillende manieren. Voor warmtewinning uit oppervlaktewater zijn zowel het Merwedekanaal als Amsterdam Rijnkanaal geanalyseerd.

In het voortraject is de nadruk gelegd op warmteonttrekking uit het Merwedekanaal waarbij water fysiek wordt opgepompt (open systeem), gefilterd en over een warmtewisselaar wordt geleid om daarna geloosd te worden op het Amsterdamrijnkanaal. Het Merwedekanaal heeft een ecologische waarde waardoor de waterkwaliteit niet verslechterd mag worden. Dit maakt het lozen van gefilterd water een gevoelig punt.

Een andere optie is om een gesloten systeem toe te passen. Hierbij wordt een koudemiddel door een warmtewisselaar, bijvoorbeeld een energiedamwand, rondgepompt. Hierdoor wordt het oppervlaktewater niet aangetast, maar kan het water wel warmte overdragen aan het warmtesysteem. Een praktische belemmering van deze oplossing is dat het Merwedekanaal bij Oog in Al heeft momenteel geen kaden met damwanden heeft.

Deze twee systemen kunnen ook toegepast worden in het Amsterdamrijnkanaal. Hierbij ligt het filteren van water minder gevoelig omdat dit waterlichaam een minder hoge ecologische waarde heeft dan het Merwedekanaal. Hierdoor worden geen bezwaren voorzien voor het filteren van water. Daarnaast heeft het Amsterdamrijnkanaal wel kaden met damwanden. De damwanden zijn echter nog lang niet aan vervanging toe waardoor het plaatsen van energiedamwanden kostbaarder is om nu te doen (geen natuurlijk moment)¹⁹.

	Merwedekanaal	Amsterdam-Rijnkanaal
Open systeem	Complexiteit filteren water en beschikbaarheid van water	Voldoende capaciteit beschikbaar
Bezwaar/risico	Filteren van water complex i.v.m. borging waterkwaliteit	Geen beperkingen waterkwaliteit, meer kosten afstand
Gesloten systeem	Geen invloed op waterkwaliteit i.v.m. ontbreken filters	Damwanden aanwezig
Bezwaar/risico	Geen damwanden aanwezig, lengte kade beperkt	Vervanging van damwanden niet nodig/gepland


Tabel 16: Aquathermie bron open vs gesloten en MWK vs ARK

Tabel 16 geeft een overzicht van de kenmerken van de besproken mogelijkheden. Aan met Merwedekanaal zitten de meeste risico's. Het realiseren van een open systeem in het Amsterdamrijnkanaal is daarentegen een keuze met minder risico's, maar gaat gepaard met meerkosten vanwege de extra leidinglengte. De keuze is gemaakt om een open systeem vanuit het Amsterdamrijnkanaal te gebruiken als uitgangspunt voor dit onderzoek vanwege de beperkte risico's ten opzichte van de alternatieven.

¹⁹ Gesprek met Rijkswaterstaat, Jan van Kempen.

Bijlage 5 Toelichting uitgangspunten

		Optie 1 Individuele WP lucht	Optie 2 PVT- warmtenet	Optie 3 Bronnet aquathermie + ind. WP	Optie 4 LT- net aquathermie	Optie 5 MT- net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Bandbreedte isolatie maximale kosten	€24.010.000	€24.010.000	€24.010.000	€24.010.000	€24.010.000	€24.010.000	€24.010.000
Energiedamwand aanleggen	€4.480.000	€-	€-	€-	€-	€-	€-
Meerkosten leidinglengte ARK	€1.000.000	€-	€-	€1.000.000	€1.000.000	€1.000.000	€-
Transportleiding voor warmtesysteem 6	€1.300.000	€-	€-	€-	€-	€-	€1.300.000
Kosten warmtepompen individueel geïnstalleerd	€24.350.000	€24.350.000	€24.350.000	€24.350.000	€-	€-	€-
Kosten elektrisch koken	€670.000	€670.000	€670.000	€670.000	€670.000	€670.000	€670.000
Kosten warmtenet	€18.230.000	€-	€18.230.000	€-	€18.230.000	€18.230.000	€18.230.000
Kosten bronnet (ZLT)	€15.490.000	€-	€-	€15.490.000	€-	€-	€-
Kosten maatschappelijk bronnen voor stadsverwarming Oog in Al	€6.340.000	€-	€-	€-	€-	€-	€6.340.000
Kosten TEO installatie Oog in Al excl. wko	€9.420.000	€-	€-	€-	€9.420.000	€9.420.000	€-
Kosten TEO installatie Oog in Al Bronnet excl. wko	€8.000.000	€-	€-	€8.000.000	€-	€-	€-
Netverzwaring niks doen en HT warmtenet	€540.000	€-	€-	€-	€-	€-	€540.000
Netverzwaring All-E en LT warmtenet met bijverwarming	€1.080.000	€1.080.000	€1.080.000	€1.080.000	€1.080.000	€1.080.000	€-



Kosten grote aansluiting collectieve aansluiting	€300.000	€-	€300.000	€300.000	€300.000	€300.000	€-
Kosten PVT-systemen	€4.470.000	€-	€4.470.000	€-	€-	€-	€-
Vloerverwarming benedenverdieping	€14.730.000	€-	€-	€-	€14.730.000	€-	€-
Warm tapwateroplossing	€4.420.000	€-	€-	€-	€4.420.000	€4.420.000	€-
WKO	€1.500.000	€-	€1.500.000	€1.500.000	€1.500.000	€1.500.000	€-
Kosten voorhangelementen damwand	€3.620.000	€-	€-	€-	€-	€-	€-
Totaal (excl. Onvoorzien)		€50.110.000	€74.610.000	€76.400.000	€75.360.000	€60.630.000	€51.090.000

Tabel 17: Uitgangspunten techniekkosten



Toekomstige warmtevraag

De warmtevraag in Oog in Al bedraagt 62.000 GJ/jaar op basis van de openbare cijfers van het CBS, met een gemiddeld aardgasverbruik per woning van 1.330 m³. Dit verbruik wordt lager bij bewuster gebruik van energie en verdere isolatiemaatregelen. Op basis van de uitkomsten van de thuisscans en de ambitie voor isoleren, is de toekomstige warmtevraag naar beneden bijgesteld. Uit de thuisscans blijkt een lager warmtegebruik bij de respondenten. In totaal zijn er 1.473 woningen in de wijk Oog in Al, waarvan 79 de Thuisscan hebben ingevuld. Hieruit blijkt een lagere warmtevraag van 1.200 m³ aardgas bij hoekwoningen en 830 m³ aardgas bij tussenwoningen. Wanneer dit beeld wordt geëxtrapoleerd voor heel Oog in Al, dan geeft dit een veel lager beeld van gemiddeld verbruik dan de hiervoor benoemde openbare data. Uit de Thuisscans zijn niet alle woningtypen bekend. Wanneer de meerderheid van de ingevulde thuisscans wordt aangehouden, dan is daarvan 26% een hoekwoning en 74% een tussenwoning. Dit resulteert in een gemiddeld gasgebruik van 923m³ per woning. Met 1.473 woningen resulteert dit in een totaal gasgebruik van 1.359.817 m³. Omgerekend is dit 43.000 GJ en dit is een daling van 30% t.o.v. 62.000 GJ (het jaargemiddelde o.b.v. CBS).

Isolatiekosten

Het merendeel van de woningen is vooroorlogs en naar verwachting niet grondig geïsoleerd (label B of beter). Met isolatie is nog een verdere besparing mogelijk. Het doel van warmtesysteem 1-5 is om te voldoen aan de standaard voor woningisolatie om te kunnen verwarmen met een afgiftetemperatuur van maximaal 50°C²⁰. Warmtelevering uit de bestaande stadsverwarming voorziet woningen standaard van 70°C warmte. Bij warmtesysteem 6 is daarom geen verdere isolatie vereist. Op termijn kan de temperatuur verlaagd worden richting 50°C om warmteverlies te beperken. Wanneer dit gedaan wordt, moet er wel op een later moment geïnvesteerd worden in isolatiemaatregelen en een warm tapwateroplossing. In dit onderzoek is voor warmtesysteem 6 gerekend met 70°C tijdens de gehele exploitatietermijn. Door te isoleren naar energielabel B wordt doorgaans voldaan aan de standaard voor isolatie. Dit kost tussen de 11 en 20 duizend euro per woning²¹. Wanneer heel Oog in Al geïsoleerd wordt naar energielabel B, vanaf ongeveer label E, dan kost dit tussen de 18 en 24 miljoen euro. Voor de maatschappelijke kosten houden we de bovenkant van deze bandbreedte aan. Label B is gekozen als streefwaarde omdat dit aansluit bij de standaard voor isolatie. Isoleren naar label A is niet nodig voor de beoogde afgiftetemperaturen. Isoleren naar label C in plaats van B geeft meer onzekerheid of de woning met de afgiftetemperatuur van circa 50°C verwarmd kan worden in een koude winter. Bovendien is de labelsprong van label E naar A-C vergelijkbaar in kosten binnen hetzelfde woningtype en formaat. De benodigde isolatiemaatregelen zullen per woning verschillen in de praktijk vanwege verschillen tussen de woningen. Voor isolatiekosten is gerekend met gemiddelden uit de startanalyse.

²⁰ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/standaard-streefwaarden-woningisolatie#streefwaarden>

²¹ PBL startanalyse figuur 47 en 48 pagina 163 https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2022-achtergrondrapport-startanalyse-aardgasvrije-buurtten-2020-achtergrondrapport_4917.pdf



Investeringskosten (CAPEX)

CAPEX individuele warmtepomp (warmtesysteem 1)

Aanschaf en installatie van een warmtepomp kost ongeveer 20 duizend euro inclusief btw exclusief subsidies. Exclusief btw is dit 16,5 duizend euro. Hierin zit een lucht/water warmtepomp, materiaal en arbeid voor gehele installatie. Dit is dan inclusief aanpassing meterkast, kabels en leidingen plaatsen in de woning waar nodig. Cijfers uit de praktijk binnen wijkuitvoeringsplannen (o.a proeftuin Hoogezand) wijzen dit uit, ook al wordt vooraf vaak goedkoper beargumenteerd. Voor de hele wijk komt dit uit op een totaal van 24,3 miljoen euro.

In alle gevallen wordt het elektriciteitsnet op termijn voor een deel verzaagd in de wijk²². Dit heeft te maken met de algemene toenemende vraag in de wijk voor bijvoorbeeld het laden van elektrische auto's. Hiernaast stijgt de noodzaak om het lokale net te verzaagen voor de toenemende pieken vanuit levering aan het net vanwege PV-installaties. De netverzwaring voor de situatie 'business as usual' (verwarmen op aardgas) en HT warmtenet bedraagt circa €550.000. Hiervoor worden naar verwachting 5 extra trafo's geplaatst en is 600 meter MS-kabel en 4.000 meter LS-kabel nodig. In de situatie van all-electric verwarmen of een LT/MT warmtenet met individuele bijverwarming wordt dit het dubbele, namelijk €1,1 miljoen. Dit zijn enkel de kosten in de wijk zonder netverzwaring van de trafo's naar verdere stations van de netbeheerder indien nodig.

CAPEX warmtenet (warmtesystemen 2 t/m 6)

Kosten voor een warmtenet bedragen circa:

- €1,44 miljoen voor afleversets
- €5,6 miljoen voor aansluitleidingen
- €9,2 miljoen voor distributieleidingen
- €1,4 miljoen voor primaire warmteleidingen distributie
- €0,6 miljoen voor warmte overdracht stations in de wijk (WOS)

De totale investeringskosten voor een warmtenet komen daarmee neer op grofweg 18,3 miljoen euro²³.

CAPEX Bronnet (warmtesysteem 3)

Een bronnet is goedkoper in materiaal en aanleg dan een 'standaard' warmtenet door het ontbreken van kosten en werkzaamheden voor isolatiemateriaal om de leidingen. Het grootste deel van de aanlegkosten zit in arbeid voor graafwerkzaamheden. De besparing in de aanleg van een bronnet ten opzichte van een

²² https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/20221011%20-%20NBNL%20T1%20-%20WGO%20-%20Netimpact%20van%20warmtealternatieven.pdf

²³ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/wis>



warmtenet is ingeschat op 15% van de totale investeringskosten. Dit resulteert in €15,5 miljoen aan investeringskosten voor een bronnet.

CAPEX aquathermie (warmtesystemen 3 t/m 5)

Gebruik maken van het Amsterdam Rijnkanaal (ARK) zou een transportleiding van circa €1 miljoen euro vragen²⁴. Een gesloten systeem met energiedamwanden zou additioneel 4,5 miljoen kosten exclusief inpassing in de kade, transport en afwerkingen²⁵. Deze €4,5 miljoen bestaat uit €1,4 miljoen voor de warmtewisselaars, €2,9 miljoen voor de reguliere damwand en €0,2 miljoen als stelpost voor het aansluitwerk van warmtewisselaars naar een centraal punt. Wanneer voorhangelementen worden toegepast op de bestaande damwand in het ARK, dan bedragen de kosten €3,6 miljoen in plaats van de nieuwe energiedamwanden²⁶.

Op basis van het vermogen dat gevraagd wordt en 100% geleverd kan worden via een TEO-installatie met warmte opslag kost een dergelijke opwekking circa €9,4 miljoen in een open systeem²⁷. Hiervan is €1,5 miljoen voor de warmte koude opslag in het grondwater²⁸.

Bij optie 3, het bronnet, is binnen de kosten voor het aquathermie systeem in de collectieve technische ruimte geen grote warmtepomp nodig om de warmte op te waarden. In de totale kosten voor deze techniekruimte en de warmteonttrekking bedraagt dit aandeel circa 15%.

Voor een collectief net is een collectieve elektriciteitsaansluiting nodig voor de technische ruimte. Deze zit hoogstwaarschijnlijk in de categorie 1.750-5.000 kVA wat eenmalig €250.000 kost zonder meerlengte voor de kabel á €380 per meter²⁹. De kosten voor de aansluiting en bekabeling loopt naar verwachting op tot ca. €300.000.

CAPEX warmtenet stadsverwarming (warmtesysteem 6)

Een transportleiding naar het bestaande warmtenet vraagt om meerkosten van circa €1,3 miljoen. Verder is alleen een warmteoverdrachtspunt en circulatiepomp nodig voor het eigen distributienet. Dit zijn weinig technische installaties ten opzichte van de andere warmtesystemen. Mogelijk kan een buffertank de kosten voor het piekvermogen op de aansluiting van stadsverwarming de kosten drukken.

²⁴ Kosten transportleiding van 1.000 euro per meter - kengetal waarmee maximaal gerekend mag worden binnen de WIS (subsidie voor warmtenetten onrendabele top).

²⁵ Kosten o.b.v. kengetallen voor plaatsing van een reguliere damwand bodemrichtlijn.nl; verrijkt met een door Ekwadraat ontvangen offerte voor energiedamwanden uit een project uit 2022.

²⁶ Mailwisseling Energiedamwand Nederland/Gooimeer januari 2024. Thermische opbrengst in principe gelijk, kosten van warmtewisselaar factor 2,5 – 5 hoger dan energiedamwand exclusief plaatsen damwand en leidingwerk naar centraal punt.

²⁷ <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-eindadvies-sde-plus-plus-2023-4814.pdf>

²⁸ <https://www.warmingup.info/documenten/aquathermie-warmtesystemen.pdf> factor 2 aangehouden voor het debiet vanwege voorziene delta T van 6 graden om het vermogen te behalen.

²⁹ <https://www.stedin.net/zakelijk/betalingen-en-facturen/tarieven>



Wanneer de stadsverwarming meer afnemers krijgt en gaat verduurzamen, is een deel van de kosten voor de duurzame bronnen aan Oog in Al toe te rekenen. Als Oog in Al niet wordt aangesloten kunnen andere woningen wel worden aangesloten of kan de warmtevraag sneller worden verduurzaamd. Wanneer gerekend wordt met 40% piekinstallatie op biomassa en 60% op TEA dan hebben deze bronnen samen €6,4 miljoen aan investeringskosten voor gekost voor realisatie. Deze bronnen zijn gekozen omdat beide aanwezig zijn in het systeem van de huidige stadsverwarming in Utrecht. Voor de complete verduurzaming zijn meer duurzame bronnen nodig maar het is onzeker welke dit gaan worden, en op welke schaal deze toegepast gaan worden.

CAPEX elektrisch koken (alle warmtesystemen)

Kosten voor het realiseren van elektrische kookplaten bedraagt circa €0,7 miljoen³⁰. Hierbij is het uitgangspunt van 76% woningen die op gas koken aangehouden die opgehaald is vanuit de ThuisScans.

Financieringskosten

Om de zes opties met elkaar te vergelijken op basis van maatschappelijke kosten wordt voor alle opties uitgegaan van financiering door middel van een lening. Uitgangspunten voor de lening zijn 6% rente en een looptijd zo lang als de afschrijvingstermijn (15 of 30 jaar). Waar nodig zijn herinvesteringen meegenomen aan het einde van de afschrijvingsperiode. Kosten in de toekomst worden gecorrigeerd voor een gemiddelde inflatie van 2% per jaar.

Operationele kosten (OPEX)

De operationele kosten bestaan hoofdzakelijk uit twee componenten, namelijk onderhoudskosten en inkoopkosten van energie.

Onderhoudskosten

De onderhoudskosten zijn voor de zes warmtesystemen berekend als percentage van de investeringskosten. Dit bedraagt standaard 2% tot 3% bij draaiende delen. Voor PVT-systemen is dit verhoogd naar een gemiddelde van 4% vanwege het veelvoud aan hydraulische systemen waar lekkage kan ontstaan. Tabel 18 geeft een overzicht van de onderhoudspercentages, investeringskosten en de afschrijfstermijnen weergegeven.

Component	Investering	Onderhouds- percentage	Afschrijving	Herinvestering percentage
Bandbreedte isolatie maximale kosten	€24.010.000	0%	30	0%
Energiedamwand aanleggen	€4.480.000	2%	30	0%
Meerkosten leidinglengte ARK	€1.000.000	2%	30	0%

³⁰ <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/apparaten-in-huis/inductie-kookplaat>



Transportleiding voor warmtesysteem 6	€1.300.000	2%	30	0%
Kosten warmtepompen individueel geïnstalleerd	€24.350.000	2%	15	50%
Kosten elektrisch koken	€670.000	2%	30	0%
Kosten warmtenet	€18.230.000	2%	30	0%
Kosten bronnet (ZLT)	€15.490.000	2%	30	0%
Kosten maatschappelijk bronnen voor stadsverwarming Oog in Al	€6.340.000	3%	15	50%
Kosten TEO installatie Oog in Al excl. WKO	€9.420.000	3%	15	30%
Kosten TEO installatie Oog in Al Bronnet excl. WKO	€8.000.000	3%	15	30%
Netverzwaring 'business as usual' en HT warmtenet	€540.000	2%	30	0%
Netverzwaring All-E en LT warmtenet met bijverwarming	€1.080.000	2%	30	0%
Kosten grote aansluiting collectieve aansluiting	€300.000	2%	30	0%
Kosten PVT-systemen	€4.470.000	4%	15	50%
Vloerverwarming benedenverdieping	€14.730.000	2%	30	0%
Warm tapwateroplossing	€4.420.000	2%	30	0%
WKO	€1.500.000	3%	15	30%
Kosten voorhangelementen damwand	€3.620.000	2%	30	0%

Tabel 18: Investeringsbedragen met onderhoudspercentages, afschrijvingstermijn en herinvesteringspercentage

Energiegebruik en -kosten

Om de kosten voor het energiegebruik te bepalen is het energiegebruik van de grootste energie-gebruikende apparaten bepaald binnen elk verwarmingssysteem. Dit betreft de warmtepompen, elektrische elementen voor tapwater, distributiepompen en de WKO-pomp. Indien warmte uit het warmtenet gebruikt kan worden voor het voorverwarmen van tapwater, wordt dat gedaan. Indien nodig wordt het laatste deel opgewarmd met de individuele warmtepomp of een elektrisch element dat de watertemperatuur verhoogt naar 60°C. De COP van de warmtepomp is bepalend voor het elektriciteitsgebruik. De COP wordt voor elke verwarmingsstap met een warmtepomp berekend aan de hand van de bron- en afgiftetemperatuur bij respectievelijk de verdamper en de condensor. Voor de verschillende type en grote warmtepompen is een verschillend Carnotrendement aangehouden. Dit rendement weergeeft hoe efficiënt de warmtepomp in praktijk de warmte levert t.o.v. het thermodynamisch optimum. Naast de warmte die met PVT-panelen wordt opgewekt is ook de opwek van elektriciteit met deze panelen meegenomen. De elektriciteitsopwek is in mindering gebracht op het totale elektriciteitsgebruik. Reguliere PV-panelen zijn verder buiten beschouwing gelaten om de vergelijking zo zuiver mogelijk te houden. Tabel 19 geeft een overzicht van de uitgangspunten voor het energiegebruik en -kosten.

	Optie 1 Individuele WP lucht	Optie 2 PVT- warmtenet	Optie 3 Bronnet aquathermie + incl. WP	Optie 4 LT- net aquathermie + incl. WP	Optie 5 MT- net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming	Eenheid	Bron/uitgangspunt
Kelvin	273						K	
Carnot rendement individueel	0,50	0,60	0,60	0,60	-	-	n	
E-element onder BT< individueel	0	-	-	-	-	-	°C	
Twarm TAP* individueel	55	55	55	40	-	-	°C	
Twarm TOP** individueel	60	60	60	60	60	-	°C	
Netwerkkosten elektriciteit	21	21	21	21	21	21	€/MWh	
Elektriciteitsprijs marktprijs	90	90	90	90	90	90	€/MWh	Lange termijn handelsprijs call27
Gasprijs marktprijs	30	30	30	30	30	30	€/MWh	Lange termijn handelsprijs call27
Biomassaprijs	30	30	30	30	30	30	€/MWh	Aanname gelijk aan gasprijs
T TOP individueel uit net	-	22	13	40	50	70	°C	
T TOP uit kraanwater	10	10	10	10	10	10	°C	
Carnot rendement collectief	-	-	-	0,70	0,70	0,70	n	
T warm collectief	-	-	-	40	50	70	°C	
DT warm collectief	-	-	-	6	6	6	°C	
T koud bron collectief	-	-	15	15	15	10	°C	
DT koud collectief	-	-	2	2	2	2	°C	
Warmtenetverlies	-	15%	0%	15%	20%	30%	%	Vuistregel 20-30%. LT lager verlies.
T warmtelevering aan net		32					°C	
Pompenergie distributienet	-	0,018	0,012	0,012	0,012	0,006	kWhe/kWhth	Uitgangspunten***
Pompenergie WKO		0,040	0,040	0,040	0,040		kWhe/kWhth	Aanname COP van 25

Tabel 19: Uitgangspunten energiegebruik en -kosten

*TAP staat voor temperatuur afhankelijk profiel. Dit is de warmtevraag voor de ruimteverwarming.

**TOP staat voor 'temperatuur onafhankelijk profiel'. Dit is de warmtevraag voor warm tapwater (douche).

***Afhankelijk van DT in warmtenetten, afstanden en opweksituatie. Vesta Mais 5.0 0,0072 GJe/GJth. PBL 0,0015 GJ/GJ per km bij DT van 30K. Aanname dat OiA 2 km afstand retour heeft. Optie 2 vaker retour i.v.m. opwek warmte bij woningen.



Bijlage 6 Uitgangspunten businesscases

In Tabel 20 staat weergegeven welke stakeholder verantwoordelijk is voor welke investeringskosten. Deze kostenposten maken allen deel uit van de maatschappelijke kosten (Figuur 2). Er wordt alleen geïnvesteerd in de relevante posten. Bij optie 1 zijn de investeringen in het warmtenet bijvoorbeeld niet van toepassing.

	Bewoner (huurder/verhuurder)	Netbeheerder (W)	Producent warmte
Isolatiekosten	X		
Vloerverwarming benedenverdieping	X		
Warm tapwateroplossing	X		
Individuele warmtepomp	X		
Kookplaat	X		
Warmtenet		X	
Bronnet (ZLT)		X	
Transportleiding voor warmtesysteem 6		X	
Aansluiting midden spanning			X
TEO installatie			X
Transportleiding ARK			X
WKO			X

Tabel 20: Overzicht kostenposten per stakeholder

Capex

In Tabel 21 en Tabel 22 staat weergegeven uit welke posten de investeringskosten voor bewoners, en de onrendabele top voor de netbeheerder en warmteproducent, zijn opgebouwd.

CAPEX bewoners	per woning/huishouden gemiddeld voor de installaties etc. (geen isolatie)			
	Optie 1 Individuele WP lucht	Optie 3 Bronnet aquathermie + ind. WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Kosten warmtepompen individueel geïnstalleerd	20.002	20.002		
Kosten elektrisch koken	550	550	550	550
Bijdrage aansluitkosten		5.000	5.000	5.000
Vloerverwarming benedenverdieping		12.100		
Warm tapwateroplossing			3.631	
Investering airco's			4.715	4.715
totaal (controle)	20.553	37.653	13.896	10.266
+ verhoging onvoorziene kosten investeringen	22.608	41.418	15.286	11.292
+ verhoging bouwrente en afsluitprovisie	23.399	42.868	15.821	11.687

Tabel 21: Overzicht opbouw CAPEX per bewoner



CAPEX Netbeheerder & Warmteproducent	Optie 1 Individuele WP lucht	Optie 3 Bronnet aquathermie + ind. WP	Optie 5 MT-net aquathermie	Optie 6 MT-net stadsverwarming
Bronnet/warmtenet	n.v.t.	€15.490.000	€18.230.000	€18.230.000
Bijdrage aansluitkosten	n.v.t.	€7.365.000-	€7.365.000-	€7.365.000-
TOTAAL investeringen netbeheerder warmte (inclusief onvoorzien)	n.v.t.	€9.251.000	€12.370.000	€12.370.000
Meerkosten leidinglengte ARK	n.v.t.	€1.000.000	€1.000.000	€1.300.000
Productie installatie(s) warmte	n.v.t.	€8.000.000	€9.420.000	€6.340.000
Aansluiting stroomnet productielocatie	n.v.t.	€300.000	€300.000	€-
WKO	n.v.t.	€1.500.000	€1.500.000	€-
TOTAAL investeringen producent warmte (inclusief onvoorzien)	n.v.t.	€12.296.000	€13.912.000	€8.698.000
TOTAAL collectieve CAPEX (inclusief onvoorzien)	n.v.t.	€21.500.000	€26.300.000	€21.100.000
Financiering	n.v.t.	€6.200.000	€5.900.000	€6.700.000
Onrendabele top	n.v.t.	€15.300.000	€20.400.000	€14.400.000

Tabel 22: Overzicht opbouw onrendabele top

Subsidies

ISDE

De investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE)³¹ kan gebruikt worden door woningeigenaren voor het verduurzamen van de woning. Deze subsidie is relevant voor alle onderzochte warmtesystemen, er zitten alleen kleine verschillen in de te ontvangen subsidie op basis van het gekozen warmtesysteem (warmtepomp of aansluiting warmtenet). ISDE is onder andere toepasbaar voor de volgende maatregelen:

- Isolatiemaatregelen (circa 25% van de investering)
- Warmtepomp (€1.950-3.750)
- Aansluiting op een warmtenet (€3.775)
- Elektrische kookvoorziening (€400)³²

Vanaf 2024 is er geen ISDE-subsidie meer voor zonnepanelen. Vanaf 1 januari 2023 is het btw-tarief op zonnepanelen 0%³³.

³¹ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/woningeigenaren>

³² <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/woningeigenaren/elektrische-kookvoorziening>

³³ https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/hoe_werkt_de_btw/voor_wie_geldt_de_btw/eigenaren-van-zonnepanelen/eigenaren_van_zonnepanelen#:~:text=Sinds%201%20januari%202023%20is,op%20of%20bij%20een%20woning.



SDE++

De stimulering duurzame energieproductie en klimaattransitie³⁴ is een exploitatiesubsidie die gebruikt kan worden door een warmteproducent om bijvoorbeeld de aquathermie installatie te exploiteren. Voor de duurzaam geproduceerde warmte wordt een bedrag per kWh ontvangen aan subsidie voor de onrendabele top. Deze subsidie kan jaarlijks worden aangevraagd. Het toekomstige basisbedrag/aanvraagbedrag is niet bekend. Om hier toch mee te kunnen rekenen wordt het maximale aanvraagbedrag van 2023 gebruikt. Daarnaast wordt het correctiebedrag binnen de looptijd gehanteerd gelijk aan de gasprijs (mits dit hoger is dan de basisenergieprijs). Een exploitatiesubsidie zoals de SDE helpt de businesscase van een warmteproducent, waardoor er minder druk bestaat om kosten door te belasten aan eindgebruikers.

WIS

De Warmtenet Investeringsubsidie³⁵ is een investeringssubsidie die door een netbeheerder gebruikt kan worden voor het deel dat zich niet terugverdient (onrendabele top). De WIS is voor ondernemers die snel kunnen starten met de aanleg van een warmtenet. De subsidie helpt om versneld te investeren in de aanleg van warmtenetten en draagt bij aan de klimaatdoelen van de overheid om de CO₂-uitstoot van Nederland in 2030 met 49% te verminderen. Per warmteoptie wordt nagegaan of de WIS van toepassing kan zijn door de aanwezigheid van de onrendabele top te controleren. Een investeringssubsidie zoals de WIS helpt de businesscase van een netbeheerder, waardoor er minder druk bestaat om kosten door te belasten aan eindgebruikers. Gedurende het onderzoek is gebleken dat het verkrijgen van een WIS subsidie onwaarschijnlijk is voor warmtenetprojecten vergelijkbaar met de collectieve systemen die zijn onderzocht. In de uitwerking van de businesscases is de bijdrage van WIS subsidie daarom op nul gezet.

Winstmarges netbeheerder/warmteproducent

De netbeheerder en de warmteproducent zijn partijen die aanzienlijke investeringen moeten doen om een warmtenetproject te realiseren. De netbeheerder moet investeren in de warmte-infrastructuur (leidingen), en de warmteproducent moet investeren in collectieve (warmte)pompen en andere installaties. Deze partijen dragen veel risico met het maken van deze miljoeneninvesteringen. Deze partijen zullen een dekkende business case willen zien voordat ze instappen in een warmtenet project. Twee scenario's zijn aannemelijk:

1. De netbeheerder en het warmteproducent vormen samen met andere publieke stakeholders een warmtebedrijf. Dit (publieke) warmtebedrijf heeft geen winstogmerk en zal haar kosten niet (of nauwelijks) doorbelasten aan bewoners. Dit kan wel betekenen dat er een onrendabele top ontstaat bij deze stakeholders wat moet worden aangevuld met maatschappelijke gelden om het project van de grond te krijgen. Het warmtebedrijf verdient over de tijd deze investeringen terug door het warmtenet te exploiteren. Dit scenario is doorgerekend, en wordt beschreven in hoofdstuk 4.
2. De netbeheerder en het warmteproducent kunnen geen maatschappelijk geld ontvangen, of willen alleen instappen als ze zelfstandig het project kunnen dragen. In dit geval is er voor beide

³⁴ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sde>

³⁵ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/wis>



stakeholders een positieve businesscase benodigd om het project van de grond te krijgen. De netbeheerder en de warmteproducent zullen hun kosten via de warmteprijs doorbelasten aan de bewoners, waardoor maandlasten hoog kunnen uitvallen. Dit scenario is ook doorgerekend, met een uitgangspunt van 8% winstmarge voor beide stakeholders. De uitkomsten van deze berekeningen kunnen worden geraadpleegd in Bijlage 7.

Belastingen

Belastingen voor woningisolatie

Het btw-tarief voor het isoleren van woningen is opgesplitst in materiaal en arbeid³⁶. Op materiaal is 21% van toepassing, en voor arbeid is 9% van toepassing. Andere werkzaamheden dan isoleren gaan voor 21% btw, zoals sloopwerk voorafgaand aan het isoleren, het installeren van zonwering of het bouwen van een dakkapel.

Belasting op aardgas

Belasting op aardgas voor particulieren bedraagt in 2024 €0,58301/m³. Gezien (inter)nationale duurzaamheidsdoelstellingen is de verwachting dat deze belasting sterk zal stijgen in de aankomende jaren. Ook de aankomende bijmengverplichting voor groen gas zal een prijsopdrijvend effect hebben op de kale inkoopprijs voor gas (de mix van aardgas en het verplichte deel groen gas) door het aandeel groen gas in de landelijke gasmix te stimuleren. Trends en/of verwachtingen met betrekking tot aardgas worden niet meegenomen in het doorrekenen van businesscases. Het is wel belangrijk om deze ontwikkelingen te blijven volgen in de nasleep van dit onderzoek om een weloverwogen keuze te kunnen maken voor een gasloze warmte oplossing³⁷.

Belasting op elektriciteit

Belasting op elektriciteit bedraagt in 2024 tot en met 10.000 kWh €0,10880/kWh. De trend is dat dit varieert rond de 10-11 cent per kWh. Deze belasting volgt een staffel. Met deze staffel is er voor een grootverbruiker, zoals een collectieve warmteproducent met een grote warmtepomp aanzienlijk belastingvoordeel te behalen t.o.v. veel kleinverbruikers. De belasting in deze staffel is de laatste jaren met een factor 3 gestegen waardoor het voordeel voor grootverbruikers is gedaald. Er is nog steeds een aanzienlijk belastingvoordeel voor grootverbruikers, maar de verwachting is dat dit voordeel voor in de komende jaren verder zal afnemen. De gepubliceerde belastingtarieven voor 2024 zijn meegenomen als uitgangspunt voor dit onderzoek. Verder is de 'vermindering energiebelasting', een belastingteruggave in de vorm van een vaste som per aansluiting, buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek. Deze regeling is buiten beschouwing gelaten omdat de

³⁶https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/tarieven_en_vrijstellingen/diensten_9_btw/werkzaamheden_aan_woningen/isoleren_van_woningen

³⁷https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7%2D383b%2D4c97%2Dbc7a%2D802790bd1110



minderung een vaste som is ongeacht van het totale energiegebruik, en daarmee ook regulier energiegebruik compenseert³⁸.

Tarieven ACM voor warmte(netten)

De autoriteit consument en markt (ACM) bepaalt de maximale tarieven voor warmtenetten zoals het tarief per gigajoule (GJ) en de huur van een afleverset. Daarmee is dit het maximale tarief waarmee de interne geldstromen kunnen worden verrekend tussen de eindgebruiker en de netbeheerder/producent warmte.

In 2024 bedroegen de maximum tarieven inclusief btw³⁹:

- €46,69 per GJ
- €618,82 per jaar voor verwarming + warm kraanwater
- €309,41 per jaar voor verwarming
- €281,69 per jaar voor koude
- €31,68 meettarief per jaar
- €145,38 huur afleverset verwarming + kraanwater per jaar
- €135,91 huur afleverset verwarming per jaar
- €114,47 huur afleverset warm kraanwater per jaar
- €5.250,24 per nieuwe aansluiting inclusief 25 meter leiding (BAK: bijdrage aansluitkosten)

Elektriciteitsprijs

Voor de elektriciteitsprijs worden verschillende uitgangspunten met elkaar vergeleken om tot de prijs te komen waarmee gerekend wordt binnen dit onderzoek. Hiervoor zijn onder andere toekomstscenario's van Klimaat en energieverkenning KEV⁴⁰, en de handelsmarkten voor lange termijn elektriciteitsprijzen geraadpleegd⁴¹.

Modelhorizon

De modelhorizon betekent hoe ver de analyse in het model reikt. In dit onderzoek is een exploitatieperiode van 30 jaar aangehouden. Dit is tweemaal de levensduur van warmtepompen en circulatiepompen. Het warmtenet en de WKO hebben een levensduur van minstens zo lang, en een warmtenet kan ook tientallen jaren langer technisch goed blijven werken. Omdat niet te zeggen is hoe de wijk over meer dan 30 jaar verwarmd wordt, worden alle investeringen binnen dit onderzoek afgeschreven over een periode van maximaal 30 jaar. Wanneer over 30 jaar een ander verwarmingssysteem wordt gekozen, is volgens de berekeningen van dit onderzoek het net volledig afgeschreven. Indien niet binnen 30 jaar wordt afgeschreven bestaat de kans dat er een openstaande schuld bestaat bij een mogelijke overstap naar een ander systeem na 30 jaar.

³⁸https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7%2D383b%2D4c97%2Dbc7a%2D802790bd1110

³⁹ <https://www.acm.nl/nl/energie/warmte-en-koude/warmtetarieven/tarieven-warmte-en-koude>

⁴⁰ <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-ontwikkelingen-in-de-energierekening-tot-en-met-2030-4306.pdf>

⁴¹ <https://holland-energie.nl/marktprijzen/>



Bijlage 7 Businesscases per stakeholder (alternatief scenario)

In deze bijlage worden de business cases per stakeholder toegelicht vanuit een ander perspectief dan hoofdstuk 4. De kosten uit het hoofdstuk maatschappelijke kosten dienen nog steeds als basis, maar in het scenario wat in deze bijlage staat uitgewerkt wordt een winstmarge van 8% van de omzet aangehouden voor de netbeheerder en de warmteproducent. Dit leidt ertoe dat deze stakeholders alle kosten doorbelasten naar de bewoners, wat resulteert in hoge maandlasten.

Tabel 23 weergeeft de TCO over 30 jaar uitgesplitst per stakeholder. Deze resultaten laten zien dat de kosten voor een individuele oplossing aanzienlijk lager uitvallen dan voor de collectieve alternatieven. Dit is naar verwachting gezien de maatschappelijke kosten van optie 1 ook het laagst waren. Het gat tussen de individuele- en collectieve opties kan ook gedeeltelijk worden verklaard door de aangenomen afschrijftermijnen van 30 jaar. Het is aannemelijk dat een warmtenet na 30 jaar nog restwaarde heeft. Mogelijke restwaarde van een warmtenet na 30 jaar is binnen de berekeningen buiten beschouwing gelaten. De verschillen tussen optie 3, 5 en 6 relatief klein over 30 jaar. Het vervolg van dit hoofdstuk zal de gevolgen van de businesscases per stakeholder uiteen zetten.

BC per stakeholder	Optie 1	Optie 3	Optie 5	Optie 6
Bewoners	€199.000.000	€306.000.000	€288.000.000	€255.000.000
Netbeheerder (W)	n.v.t.	€-24.000.000	€-18.000.000	€-15.000.000
Warmteproducent	n.v.t.	€-10.000.000	€-12.000.000	€-9.000.000

Tabel 23: Overzicht businesscase per stakeholder ⁴²

Bewoners

De businesscases laten zien dat de bewoners de lasten dragen voor de eventuele nieuwe warmtesystemen. Dit is geen vreemde conclusie, gezien de netbeheerder en de warmteproducent hun investeringen moeten terugverdienen door kosten door te belasten naar de eindgebruikers van de geproduceerde en getransporteerde warmte. Deze businesscases gaan uit 8% rendement voor de netbeheerder en de warmteproducent. De kosten voor de bewoners komen hierdoor in alle gevallen hoog uit ten opzichte van de huidige situatie. Tabel 24 geeft een overzicht van de gemiddelde maandlasten die de bewoners moeten betalen onder de verschillende warmtesystemen. Deze kosten zijn opgebouwd uit energiekosten en maandlasten voor woningaanpassingen.

⁴² Negatieve bedragen aangeduid met een (-) wijzen op een positieve businesscase voor deze stakeholder na 30 jaar.



Maandlasten bewoners	Optie 1	Optie 3	Optie 5	Optie 6
Maandlasten (inclusief isolatie en e-kookplaat)	€375	€577	€543	€481
Maandlasten isolatie en elektrische kookplaat	€106	€106	€106	€106
Maandlasten (exclusief isolatie & e-kookplaat)	€270	€471	€437	€375

Tabel 24: Maandlasten bewoners

Zonnepanelen kunnen door de bewoners gebruikt worden om de maandlasten wat te drukken. De effectiviteit hiervan is afhankelijk van het betreffende warmtesysteem. Zonnepanelen hebben, zolang de mogelijkheid bestaat om te salderen, een goede synergie met warmtepompen. Zonnepanelen kunnen daarom voornamelijk voor optie 1 & 3 een kostendrukkend effect hebben. Het kwantitatieve effect van zonnepanelen op de maandlasten is niet meegenomen in dit onderzoek.

Netbeheerder (W) & Warmteproducent

Zoals Tabel 23 weergeeft hebben de netbeheerder en de warmteproducent geen kosten of opbrengsten in het geval van individuele warmtepompen als warmteoplossing voor Oog in Al (optie 1). Voor de overige opties is het duidelijk dat beide stakeholders over een periode van 30 jaar positieve resultaten behalen. Dit resultaat heeft te maken met het feit dat de berekeningen zijn gebaseerd op 8% rendement voor beide stakeholders, gezien er een financiële prikkel benodigd is voor beide partijen om in te stappen op een warmtenetproject. Om dit rendement te behalen worden de kosten doorbelast naar de bewoners, zoals hiervoor staat beschreven. In de praktijk is het wenselijk om minder kosten door te belasten naar de bewoners. Dit zorgt voor een onrendabele top bij de netbeheerder en/of de warmteproducent, en vraagt daarbij om financiële ondersteuning voor het project vanuit het Rijk. Hoofdstuk 4 vertegenwoordigt dit scenario.

Bijlage 8 Multi-criteria analyse

Criteria	Definitie/ omschrijving	Eenheid	Visueel
1. Maatschappelijke kosten	De maatschappelijke kosten omvatten alle uitgaven voor de realisatie van een bepaalde strategie waaronder kosten voor aanleg of versterking van de infrastructuur, isolatie van gebouwen, installaties (voor verwarmen en koelen), jaarlijks onderhoud en uitgaven voor de productie van energie die door gebouwen wordt geconsumeerd. De hoogte van de maatschappelijke kosten geven dus inzicht in welke strategie voor de maatschappij de meest voordelige is."	Euro's per woningequivalent per buurt	★ = Duurste variant ★★★★★ = Goedkoopste variant
2. Investering door eindgebruiker	Welke kosten voor isolatie, aanpassingen aan warmteafgifte systeem, aansluiting warmtenet, etc. moet een eindgebruiker aan zijn woning doen om van de aardgasvrije techniek gebruik te kunnen maken.	Euro's per woning	★ = Duurste variant ★★★★★ = Goedkoopste variant
3. Maandelijkse energielasten	Kosten die per maand betaald moeten worden voor het gebruik van warm water, en om het huis te verwarmen. We kijken naar het gemiddelde over de duur van 30 jaar.	Euro's per woning	★ = Duurste variant ★★★★★ = Goedkoopste variant
4. Energievraag	In de warmtesystemen is warmte duurzaam opgewekt. De CO2-vermindering hangt samen met het stroomgebruik dat nodig is om die duurzame warmte te benutten. We drukken duurzaamheid dus uit in de absolute waarde van het gemiddelde jaarlijkse stroomgebruik per warmtesysteem. Voor optie 6 geven we ook het warmtegebruik weer in de energiemix voor biomassa.	GWh elektriciteitsverbruik	★ = Minder duurzaam ★★★★★ = Duurzaam

5. Lokale warmtebron	Omschrijving van de verschillende warmtebronnen (lucht, water, biomassa) en afstand tot de wijk. Ook rekening houdende met het feit dat stroomgebruik via het net niet lokaal is. Een bron uit de wijk is het meest lokaal, uit de gemeente net iets minder, daarbuiten het minst.	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Niet lokaal beschikbaar ★★★★★ = Lokaal beschikbaar
6. Toekomstbestendigheid	Betrouwbaarheid van de warmtealternatieven ook op lange termijn. Denk hierbij aan: <ul style="list-style-type: none"> • Netcongestie • Flexibilisering (mogelijkheid tot aanpassen aan nieuwe bron, temperatuur) 	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Niet toekomstbestendig ★★★★★ = Toekomstbestendig
7. Ruimtelijke impact in de woning	Welke impact heeft de oplossing in de woning en tuin van de eigenaar, voor: <ul style="list-style-type: none"> • Installatie (ipv de CV ketel) • Aansluiting op warmtenet • Geluidsoverlast 	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score.	★ = Veel impact ★★★★★ = Weinig impact
8. Keuzevrijheid bewoners	Hebben bewoners zelf een keuze in aanschaf apparatuur (WP)? Keuze in aanpak verwarming per ruimte?	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Duurste variant ★★★★★ = Goedkoopste variant
9. Planning en fasering	Hoe snel moeten bewoners kiezen om over te stappen op een nieuw warmtesysteem. Moet iedereen in een keer tegelijk over, of is er sprake van meer flexibiliteit?	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Niet flexibel ★★★★★ = Flexibel
10. Koelingsmogelijkheden	De mate waarin de verschillende warmtesystemen mogelijkheden bieden tot koeling. Let hierbij op dat warmtesystemen die geen inherente koeling bieden wel kunnen worden uitgebreid met een aircosysteem.	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Minder koelmogelijkheden ★★★★★ = Veel koelmogelijkheden
11. Geluid	De mate waarin de verschillende warmtesystemen technische elementen bevatten die in (en om) de woning geluid produceren die door de bewoners als storend kan worden ervaren.	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Meer geluidsproductie ★★★★★ = Minder geluidsproductie

12. Ruimtelijke impact in de wijk	Welke impact heeft de oplossing in de wijk: <ul style="list-style-type: none"> • Aanleg warmtenet / nieuwe infrastructuur (ondergronds) • Grote van de technische installatie (bovengronds) 	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Veel impact ★★ = Weinig impact
13. Impact op rest van de stad	<ul style="list-style-type: none"> • Is het warmtesysteem schaalbaar naar buiten het cluster? • Impact op buur clusters (halve maan, welgelegen) • Heeft het negatieve gevolgen buiten het cluster? 	Kwalitatieve omschrijving van de verschillen, aangetoond met een score	★ = Negatieve impact ★★ = Positieve impact

Tabel 25: Criteria MCA