

Haalbaarheidsstudie warmtenet Achter de Kerken te Abcoude





Datum 23 september 2024
Referentie PR09943/FN/20240923
Betreft Haalbaarheidsstudie warmtenet Achter de Kerken te Abcoude
Behandeld door C. Schutte en G. Hendriks
Gecontroleerd door F. Niewold
Versienummer 3.0

OPDRACHTGEVER

Stichting Platform Energieke Rondeveners

ADVISEUR

IF Technology B.V.
Velperweg 37
6824 BE Arnhem

Contactpersoon:
Gijs Hendriks
g.hendriks@iftechnology.nl

Samenvatting

Inleiding

De projectgroep Buurtwarmte Achter de Kerken in Abcoude is een initiatief gestart om de wijk van het aardgas af te halen. In januari 2023 zijn de resultaten van een eerste onderzoek naar aardgasvrije alternatieven gepresenteerd. Hieruit kwam naar voren dat de bewoners graag een vervolgstudie willen laten uitvoeren naar de haalbaarheid van een collectieve warmteoplossing (warmtenet). De ambitie is om dit conform Deens model op te richten, waarbij de wijkbewoners zelf eigenaar worden van het warmtenet. De projectgroep bestaat uit bewoners, woningcorporatie Cazas Wonen en de gemeente Ronde Venen. In opdracht van de projectgroep heeft IF Technology de volgende centrale onderzoeksvraag onderzocht:

Welke collectieve warmteoplossing(en) is/zijn realistisch (technisch/economisch) voor de wijk Achter de Kerken en welke ruimtelijke consequenties zijn hieraan verbonden?

Om deze vraag goed te beantwoorden is eerst een projectinventarisatie uitgevoerd en daarna zijn mogelijke warmtebronnen in kaart gebracht. Op basis hiervan zijn de beste bronnen in overleg met de projectgroep geselecteerd om technisch en financieel verder uit te werken.

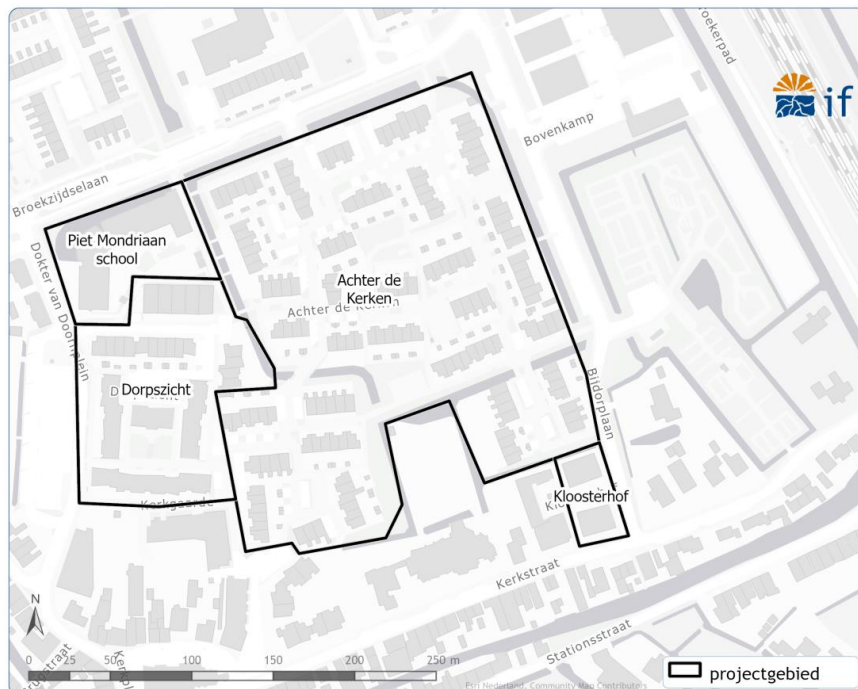
Projectinventarisatie

Het onderzoeksgebied betreft in de basis de buurt Achter de Kerken gelegen in het dorp Abcoude. Collectieve systemen zijn meestal goedkoper bij een grotere schaal en daarom hebben we ook de Piet Mondriaan school, Dorpszicht en Kloosterhof meegenomen in dit onderzoek. Zie Figuur 1.1 voor een afbakening van het gebied. Het projectgebied bestaat uit 254 woningen, 1 bijeenkomstzaal en de school. De woningen zijn voornamelijk gebouwd tussen 1976 en 1990 en hebben grotendeels energielabel C.

De warmtevraag van de gebouwen hebben we ingeschat op basis van het gasverbruik. De toekomstige warmtevraag zal lager liggen dan de huidige warmtevraag. Cazas Wonen heeft namelijk plannen om hun woningen te isoleren en ook de particuliere bewoners gaan waarschijnlijk isoleren. In Tabel 1.1 staat het gemiddelde huidige gasverbruik per woning en ook de verwachte toekomstige warmtevraag van het totale gebied.

Tabel 1.1 | Informatie projectgebied.

	Eenheid	Waarde
Aantal gebouwen	-	254 woningen, 1 bijeenkomstzaal en 1 school
Huidig gemiddelde gasverbruik woningen	m ³ /jaar	1.340
Toekomstige totale warmtevraag projectgebied (incl. school)	GJ/jaar	10.300



Figuur 1.1 | Projectgebied met Achter de Kerken, de Piet Mondriaan school, Dorpszicht en Kloosterhof.

Energieconcepten

Er zijn meerdere energieconcepten mogelijk om gebouwen van duurzame warmte te voorzien. Een energieconcept is een technische beschrijving van de verschillende onderdelen die samen zorgen voor verwarming en warm tapwater. Een belangrijk onderscheid in energieconcepten is of het een individuele of collectieve oplossingen. Individueel houdt in dat er per woning of gebouw een warmtevoorziening is zoals een gasketel. Collectief houdt in dat er centraal in de wijk warmte wordt geproduceerd wat daarna via een warmtenet naar de woningen wordt gebracht. Een collectief energieconcept bestaat uit de volgende elementen:

- warmtebron;
- type warmtenet;
- mogelijk een aparte tapwatervoorziening in de woningen;
- mogelijk een warmteopslag (seizoensbuffer).

Individueel energieconcept

Voor het projectgebied hebben we onderzocht welke energieconcepten er mogelijk zijn. Er zijn meerdere individuele oplossingen mogelijk zoals hybride warmtepompen, lucht-/waterwarmtepompen en bodemlussen met een warmtepomp. Voor dit onderzoek is de individuele lucht-/waterwarmtepomp verder uitgewerkt als referentie met een collectief energieconcept.

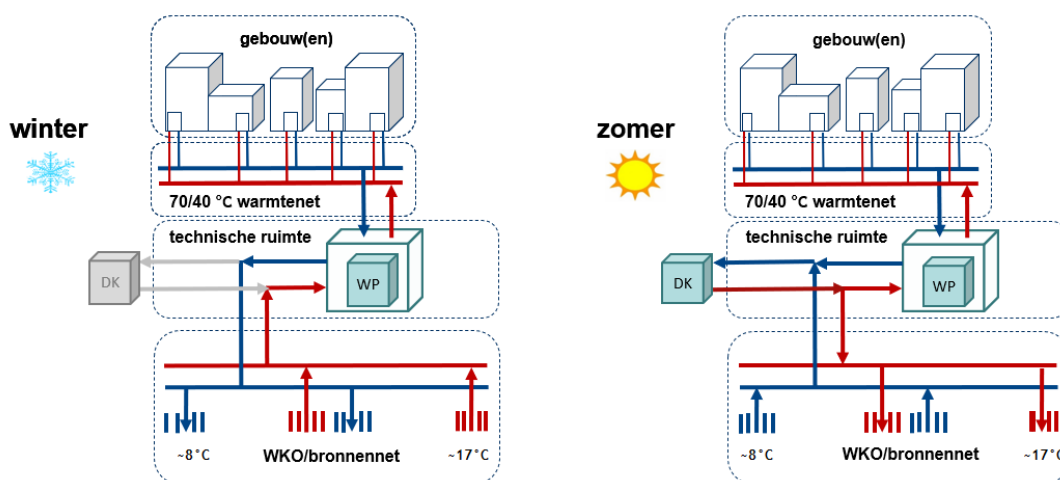
Collectieve warmteoplossingen

Als collectieve oplossing hebben we drie geschikte warmteoplossingen gevonden:

- droge koelers met warmte en koudeopslag (WKO);
- thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) met WKO;
- collectieve lucht-/waterwarmtepomp.

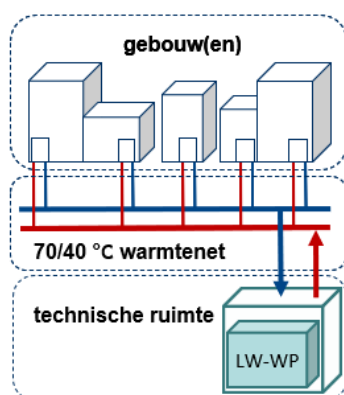
Een droge koeler wordt gebruikt om warmte uit de buitenlucht te halen als het warm is. Samen met de projectgroep hebben we deze technieken tegen elkaar afgewogen en besloten om de droge koelers met WKO en collectieve lucht-/waterwarmtepomp verder uit te werken.

Figuur 1.2 laat de werking van een energieconcept met droge koelers en WKO zien. In de zomer halen de droge koelers warmte uit de buitenlucht. Een deel van die warmte wordt gebruikt om te voldoen aan de warmtevraag van de woningen. Aangezien de warmte uit de droge koeler niet warm genoeg is wordt een warmtepomp gebruikt om de temperatuur te verhogen. Daarna wordt het via een warmtenet naar de woningen gebracht. De warmte uit de droge koeler die niet nodig is in de woningen wordt opgeslagen in de bodem. In de winter wordt de warmte weer uit de bodem gehaald en gebruikt om de woningen te verwarmen.



Figuur 1.2 | Principeschema met droge koelers en WKO. WP = warmtepomp, DK en droge koelers, WKO = warmte en koudeopslag.

Figuur 1.3 laat de werking van een energieconcept met collectieve lucht-/waterwarmtepomp zien. De warmtepomp haalt het hele jaar door warmte uit de buitenlucht en verwarmd daarmee water tot een hoge temperatuur. Via het warmtenet wordt de warmte naar de woningen gebracht.



Figuur 1.3 | Principeschema met collectieve lucht-/waterwarmtepomp als omgevingsbron.

Type warmtenet en tapwatervoorziening

Er zijn twee type warmtenetten geschikt voor het projectgebied: een MT-warmtenet dat warmte levert op 70 °C en een LT-warmtenet dat warmte levert op 50 °C. Het voordeel van een LT-warmtenet is dat er minder warmteverlies optreedt in de leidingen. Ook werkt de centrale warmtepomp efficiënter waardoor het elektriciteitsverbruik lager ligt. Het nadeel van een LT-warmtenet is dat er in elke woning een extra voorziening nodig is om warm tapwater te produceren. Hiervoor zijn in dit onderzoek twee mogelijkheden onderzocht:

- een boosterwarmtepomp;
- een elektrische boiler.

Een boosterwarmtepomp is duurder in aanschaf maar gebruikt iets minder stroom dan een elektrische boiler.

Keuze energieconcepten

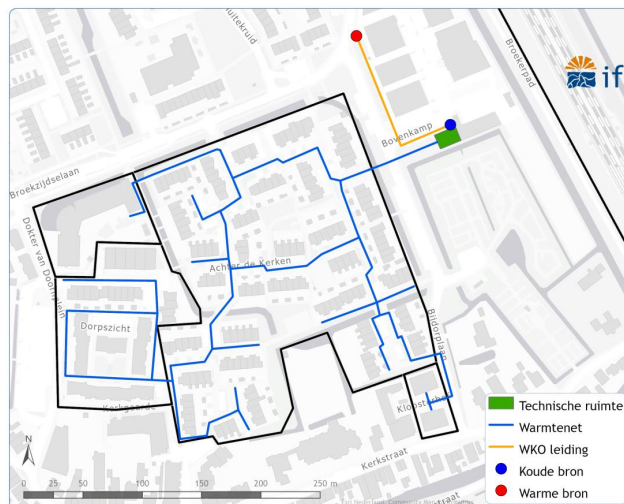
Tabel 1.2 geeft een overzicht van alle energieconcepten die zijn onderzocht.

Tabel 1.2 | Overzicht van onderdelen onderzochte energieconcepten.

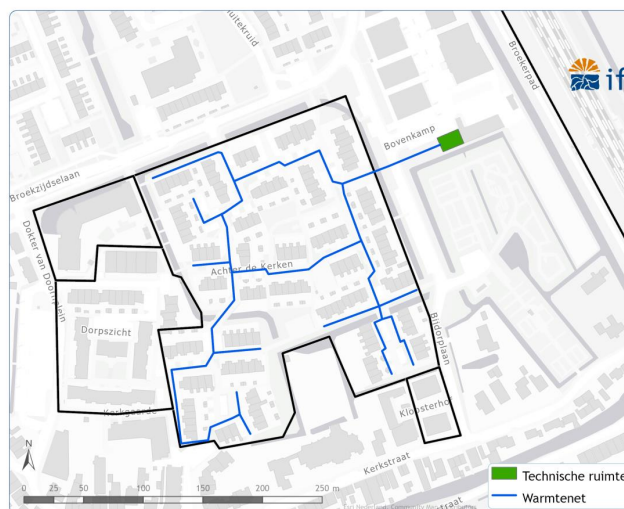
Collectieve energieconcepten
Warmteoplossing
Droge koelers met WKO
Collectieve lucht-/waterwarmtepomp
Type warmtenet
MT-warmtenet (70 °C)
LT-warmtenet (50 °C)
Tapwatervoorziening bij LT-warmtenet
Boosterwarmtepomp
Elektrische boiler
Individueel energieconcept
Lucht-/waterwarmtepomp

Schetsontwerpen

In Figuur 1.4 en Figuur 1.5 is een schetsontwerp gegeven van een energieconcept met droge koelers en WKO, en een concept met collectieve lucht-/waterwarmtepomp. Ze dienen ter illustratie en zijn nog geen gedetailleerd ontwerp. Zo'n ontwerp moet in het vervolg verder uitgewerkt worden.



Figuur 1.4 | Schetsontwerp van het energieconcept met WKO en droge koeler voor het hele projectgebied. Het figuur is slechts een voorbeeld van het systeem (haalbaarheidsniveau) en betreft geen ontwerp. In de engineeringfase wordt nadrukkelijker naar inpassing van de verschillende onderdelen gekeken.



Figuur 1.5 | Schetsontwerp van het energieconcept met collectieve lucht-/waterwarmtepomp voor alleen Achter de Kerken. Het figuur is slechts een voorbeeld van het systeem (haalbaarheidsniveau) en betreft geen ontwerp. In de engineeringfase wordt nadrukkelijker naar inpassing van de verschillende onderdelen gekeken.

Netcongestie

Netcongestie op het elektriciteitsnet wordt veroorzaakt doordat er tegelijkertijd teveel elektrisch vermogen wordt gevraagd. De netbeheerder heeft aangegeven dat het op dit moment niet mogelijk is om een elektrische grootverbruikersaansluiting te verkrijgen wegens netcongestie. Deze aansluiting is nodig bij een collectieve oplossing. Volgens de planning is het elektriciteitsnet in 2029 voldoende versterkt zodat er genoeg ruimte beschikbaar is. Dit houdt in dat de realisatie van een duurzaam warmtenet op zijn vroegst pas in 2029 kan plaatsvinden.

Ook zonder netcongestie duurt het lang voordat een duurzaam warmtenet is gerealiseerd vanaf het moment van planvorming. De huidige problemen met netcongestie zorgen daarom mogelijk voor hoogstens één of twee jaar vertraging en het is ook goed mogelijk dat netcongestie voor geen enkele vertraging zorgt.

Elektriciteitsverbruik

Naast netcongestie is het elektriciteitsverbruik van de verschillende oplossingen een belangrijk aspect. Op dit moment wordt er namelijk nog CO₂ uitgestoten bij de productie van elektriciteit dus hoe minder elektriciteit nodig is hoe duurzamer dat is. Collectieve oplossingen met een MT-warmtenet gebruiken de meeste hoeveelheid elektriciteit en individuele oplossingen het minste. Oplossingen met een LT-warmtenet zitten er tussenin. Het elektriciteitsverbruik is vergelijkbaar voor WKO met droge koelers en collectieve lucht-/waterwarmtepompen. Ook maakt het toepassen van boosterwarmtepompen of elektrische boilers niet veel uit.

Voor het hele projectgebied hebben individuele warmtepompen jaarlijks ongeveer 800 MWh elektriciteit nodig om te voldoen aan de warmtevraag. De oplossingen met LT-warmtenet gebruiken ongeveer 30% meer elektriciteit dan individueel en de oplossingen met MT-warmtenet ongeveer 70-75% meer dan een individuele oplossing.

Financiële analyse

We hebben de verschillende energieconcepten en opties financieel geanalyseerd. Per concept hebben we de Total Cost of Ownership (TCO) voor bewoners berekend. De TCO is een manier om de kosten van verschillende technieken voor de bewoners met elkaar te vergelijken. De TCO is het totaalbedrag dat betaald moet worden voor het ontvangen van warmte in de komende 30 jaar. Hierin zijn zowel investeringskosten, onderhoudskosten als kosten voor gas en elektra meegenomen. Met de uitgevoerde analyses kunnen verschillende aspecten tegen elkaar afgewogen worden:

- Het is gunstig voor de betaalbaarheid van een collectief systeem om Dorpszicht, Kloosterhof en de Piet Mondriaan school toe te voegen.
- De collectieve lucht-/waterwarmtepomp is goedkoper dan WKO met droge koelers. Voor een deel wordt dit verklaard door de SDE++ subsidie die alleen beschikbaar is voor de collectieve lucht-/waterwarmtepomp.
- Een elektrische boiler is goedkoper dan een boosterwarmtepomp. De investering van een elektrische boiler ligt fors lager en het elektriciteitsverbruik is maar een klein beetje hoger. Een concept met LT-warmtenet kan daardoor het beste worden gecombineerd met een elektrische boiler aangezien dat het goedkoopst is.
- Een MT-warmtenet is goedkoper dan een LT-warmtenet. Dit geldt voor zowel een LT-warmtenet met boosterwarmtepomp als elektrische boiler. Een kanttekening hierbij echter is dat een groot deel van het verschil ontstaat door de isolatiekosten die nodig zijn bij een LT-warmtenet. Als deze isolatiemaatregelen sowieso al uitgevoerd worden dan kunnen ze weggelaten worden uit het vergelijk. In dat geval zijn een MT-warmtenet en LT-warmtenet vergelijkbaarder in kosten.

Een ander punt is dat de SDE++ subsidie voor collectieve MT warmtepompen hoger is dan LT warmtepompen. Dit verklaart ook voor een deel de lagere kosten van een MT-warmtenet met

collectieve lucht-/waterwarmtepomp. Deze subsidies kunnen in de toekomst wijzigen waardoor een LT-warmtenet mogelijk interessanter wordt.

- De individuele oplossing resulteert in lagere kosten dan een collectieve oplossing. Daarbij moet opgemerkt worden dat het project nog in de haalbaarheidsfase zit dus dat er rekening gehouden moet worden met een onzekerheidsmarge.

De TCO van de individuele lucht-/waterwarmtepompen bedraagt € 46.000 - € 50.000. Verder volgt uit bovenstaande vergelijken dat de collectieve variant met de laagste TCO een collectieve lucht-/waterwarmtepomp is met een MT-warmtenet in het hele projectgebied. Het verschil met de individuele optie is een onrendabele top van € 8.400 per woning. Als er een financiering wordt gevonden voor dit bedrag dan is de TCO voor collectief en individueel gelijk.

Algemene conclusie

Een collectieve warmteoplossing is mogelijk in Achter de Kerken. Dit lijkt alleen wel duurder te zijn dan een individuele oplossing. Verder zijn er echter wel andere redenen om alsnog voor collectief te kiezen. Denk bijvoorbeeld aan:

- het ruimtegebruik in de woningen;
- geluidsoverlast en visuele impact van buitenunits;
- grotere investeringen en herinvesteringen van de bewoners. Zo heeft de goedkoopste collectieve variant een investering nodig van € 8.800 en de individuele variant een investering van 14.600.
- de mogelijkheid om in één keer een groot deel van de wijk te verduurzamen;
- de mogelijkheid om oplossingen voor netcongestie bij de technische ruimte toe te passen;
- de mogelijkheid voor het aansluiten op een toekomstig groter collectief met een alternatieve warmtebron.

Er zitten echter ook andere nadelen aan een collectieve oplossing zoals:

- de grotere financiële risico's en de afhankelijkheid van subsidies.
- de collectieve oplossingen gebruiken meer elektriciteit dan de individuele oplossing.
- het opzetten van een organisatie voor een collectieve aanpak.

Aanbevelingen

Dit onderzoek geeft inzicht in de technische en financiële haalbaarheid van de individuele en collectieve energiesystemen. Het is nu aan de betrokkenen om dit binnen hun afwegingskader te plaatsen en uiteindelijk als projectgroep een keuze te maken. Betaalbaarheid van het energiesysteem was het belangrijkste punt tijdens dit onderzoek maar het is ook belangrijk om te kijken hoe de energiesystemen op andere criteria tegenwicht bieden.

Voordat de verdere voorbereidingen voor het gekozen energiesysteem ingezet kunnen worden is het belangrijk om dit naar de bewoners te communiceren. Zij moeten uiteindelijk allemaal mee kunnen met het gekozen energiesysteem. Voor Cazas Wonen is het belangrijk dat de uitkomsten van het onderzoek bekeken worden in het licht van hun bewoners en ook de verdere verduurzamingsplannen. Gezien er concrete plannen zijn voor verduurzamingen van hun woningen is het belangrijk om te bekijken wat je dan al zou willen doen en welke aanpassingen je eventueel later nog zou willen doorvoeren.

Voor de gemeente moeten de uitkomsten van dit onderzoek in het bredere plaatje van de gemeente meegenomen worden. Als er met het Warmteprogramma nieuwe ontwikkelingen zijn kunnen die de

resultaten van dit onderzoek in een ander daglicht zetten. Het is daarbij ook belangrijk om naar de rolname van de gemeente te kijken in de energietransitie. Dat kan regisserend, faciliterend of regulerend zijn.

Om het advies in perspectief te plaatsen en alle stakeholders handvatten te geven voor de vervolgstappen zetten we een mogelijke tijdlijn uiteen. Deze tijdlijnen volgen na de keuze voor het energiesysteem. De groep kan gezamenlijk dus twee verschillende richtingen in gaan. De één richt zich op een collectief energiesysteem en de ander op een individueel energiesysteem met een collectieve aanpak.

Tijdelijk collectief energiesysteem

Als wordt gekozen voor een collectieve oplossing, kan de implementatie volgens het volgende tijdspad plaatsvinden:

2025 - 2026: Voorbereiding en organisatie

- opstellen en ondertekening van intentieovereenkomst
- oprichting energiecoöperatie
- afstemming met netbeheerder
- isolatie van woningen
- koppelkansen en schaalvergroting onderzoeken
- schetsontwerp of voorontwerp collectief systeem opstellen
- actualiseren business case en financiering onderzoeken
- vergunningen aanvragen
- registratie wachtrij netaansluiting

2027 - 2028: Voorbereiding op uitvoering

- marktconsultatie of aanbestedingstraject
- subsidies en financiering regelen

2029 - 2030: Realisatie

- oplossing netcongestieproblematiek
- definitief ontwerp vastleggen
- contractvorming
- realisatie van het energiesysteem

Tijdelijk collectieve aanpak voor individuele energiesystemen

Indien gekozen wordt voor individuele systemen, kan de collectieve aanpak gericht zijn op gezamenlijke inkoop en ondersteuning voor bewoners:

2025-2026: Voorbereiding en organisatie

- oprichting energiecoöperatie
- afstemming met netbeheerder
- isolatie van woningen
- uitvoering en realisatie:
 - planning individuele energiesystemen
 - collectieve inkoop van technieken en onderhoudscontracten
- communicatie en participatie

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	14
1.1 Aanleiding	14
1.2 Doel onderzoek en aanpak	14
1.3 Leeswijzer	14
2 Projectinventarisatie	15
2.1 Projectgebied	15
2.2 Isolatiegraad gebouwen	16
2.3 Warmte- en koudevraag	18
2.3.1 Warmtevraag	18
2.3.2 Toekomstige warmtevraag	19
2.3.3 Verwarmingsvermogen	20
2.3.4 Koudevraag	21
2.3.5 Toekomstige koudevraag	21
2.3.6 Koelvermogen	21
3 Omgevingsbronnen warmte en koude	22
3.1 Omgevingsbronnen voor individuele oplossingen	22
3.1.1 Aardgas	23
3.1.2 Groengas	23
3.1.3 Waterstof	23
3.1.4 Lucht-/luchtwarmtepomp	23
3.1.5 Ventilatie-warmtepomp(boiler)	24
3.1.6 Bodem water-/waterwarmtepomp	24
3.1.7 PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp	25
3.2 Omgevingsbronnen voor collectieve oplossingen	25
3.2.1 Warmtenetten	26
3.2.2 WKO	26
3.2.3 Aardgas	27
3.2.4 TEO	27
3.2.5 TEA en TED	28
3.2.6 Droge koelers + WKO en collectieve lucht-/waterwarmtepomp	28
3.2.7 Zonthermie	28
3.2.8 Geothermie	29
3.2.9 Biomassa en groengas	29
3.2.10 Restwarmte	29
4 Energieconcepten	30
4.1 Individueel energieconcept	30
4.2 Collectief energieconcept	30
4.2.1 Collectieve technische ruimte	31
4.2.2 Type warmtenet	32
4.2.3 Type tapwatervoorziening bij een LT-warmtenet	33
4.2.4 Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	34
4.2.5 WKO met TEO	35

4.2.6	WKO met droge koelers	36
4.2.7	Beoordeling omgevingsbronnen	37
4.2.8	Keuze omgevingsbron	39
4.3	Keuze energieconcept	40
5	Technische verdieping	41
5.1	WKO met droge koelers	41
5.1.1	Warmteproductie, warmtepompen en piekvoorziening	41
5.1.2	Schetsontwerp	42
5.1.3	Elektriciteitsgebruik	43
5.2	Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	44
5.2.1	Warmteproductie, warmtepompen en piekvoorziening	44
5.2.2	Schetsontwerp	44
5.2.3	Elektriciteitsgebruik	45
5.3	Individuele lucht-/waterwarmtepomp	46
5.3.1	Elektriciteitsverbruik	46
5.4	Gesprek met Netbeheerder	46
6	Financiële verdieping	48
6.1	Uitgangspunten financiële analyse	49
6.2	TCO collectieve systemen	49
6.2.1	Business case exploitant	49
6.2.2	Resultaat business case	54
6.2.3	Aanpassingen in de woning	57
6.2.4	TCO bewoners bij een collectief systeem	59
6.3	TCO individuele lucht-/waterwarmtepomp	61
6.3.1	Aanpassingen in de woning	62
6.3.2	TCO-bewoners bij een individuele lucht- /waterwarmtepomp	63
6.4	TCO individuele gasketel	64
6.4.1	TCO-bewoners bij een individuele gasketel	64
6.5	Vergelijking TCO verschillende opties	65
6.6	Onrendabele top per woning en verlagen rendement	67
6.6.1	Warmtenet uitzetten in de zomer	68
7	Conclusie en aanbevelingen	69
7.1	Conclusie	69
7.2	Aanbevelingen	71
7.2.1	Context	71
7.2.2	Advies	72
7.2.3	Vervolgstappen	73
Bijlage 1	Bepalen (toekomstige) warmtevraag	76
1.1	Huidige warmtevraag	76
1.2	Toekomstige warmtevraag	76
Bijlage 2	Warmtenetten	79
2.1	MT-warmtenet (70 °C aanvoer)	79
2.2	LT-warmtenet (50 °C aanvoer)	79

2.3 ZLT-warmtenet (10-30 °C aanvoer)	80
Bijlage 3 Opslagtechnieken warmte en koude	81
3.1 Warmte- en koudeopslag (WKO)	81
Bijlage 4 Omgevingsbronnen warmte en koude	82
4.1 Individueel: voortzetting aardgas	82
4.2 Individueel: groen gas	83
4.3 Individueel: waterstof	83
4.4 Individueel: hybride warmtepomp	84
4.5 Individueel: lucht-/waterwarmtepomp (volledig elektrisch)	84
4.6 Individueel: lucht-/luchtwarmtepomp	85
4.7 Individueel: ventilatie-warmtepomp(boiler)	85
4.8 Individueel: bodemwarmtewisselaar water- /waterwarmtepomp	86
4.9 Individueel: pt of pvt gekoppeld aan boiler of warmtepomp	87
4.10Collectief: aardgas	89
4.11Collectief: thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)	89
4.12Collectief: thermische energie uit afvalwater (TEA)	91
4.13Collectief: lucht-/waterwarmtepomp	92
4.14Collectief: droge koeler	93
4.15Collectief: zonthermie	94
4.16Collectief: geothermie	95
4.17Collectief: biomassa	95
4.18Collectief: groen gas	96
4.19Collectief: restwarmte	96
Bijlage 5 Bodem en belangen	97
5.1 Conclusies	97
5.2 Aandachtspunten	97
5.3 Vervolgstappen	97
5.4 Bodemopbouw	98
5.5 Technische en juridische aspecten	98
Bijlage 6 Beoordelingscriteria	103
Bijlage 7 Uitgangspunten business case	104
Bijlage 8 Proces collectieve oplossing	105
8.1 Oriëntatie	105
8.2 Verkenning	105
8.3 Verdieping	106
8.4 Uitwerking	107

1 Inleiding

1.1 AANLEIDING

De projectgroep Buurtwarmte Achter de Kerken in Abcoude is een initiatief gestart om de wijk van het aardgas af te halen. In januari 2023 zijn de resultaten van een eerste onderzoek naar aardgasvrije alternatieven gepresenteerd. Hieruit kwam naar voren dat de bewoners graag een vervolgstudie willen laten uitvoeren naar de haalbaarheid van een collectieve warmteoplossing (warmtenet). De ambitie is om dit conform Deens model op te richten, waarbij de wijkbewoners zelf eigenaar worden van het warmtenet. In de wijk bezit woningcorporatie Cazas Wonen veel woningen en zij zijn daarom ook betrokken bij dit project als belangrijke partner. Ook de gemeente is uiteraard een belangrijke partij en daarom onderdeel van de projectgroep. De projectgroep bestaat daarmee uit de volgende partijen:

- bewoners (zowel huurders als particuliere woningbezitters);
- woningcorporatie Cazas Wonen;
- de Gemeente Ronde Venen.

1.2 DOEL ONDERZOEK EN AANPAK

Als vervolg op de oplossingsrichtingen uit het eerdere onderzoek is door de projectgroep gevraagd om in meer detail antwoord te geven op de centrale onderzoeksvraag:

Welke collectieve warmteoplossing(en) is/zijn realistisch (technisch/economisch) voor de wijk Achter de Kerken en welke ruimtelijke consequenties zijn hieraan verbonden?

Om te komen tot een onderbouwd antwoord op de onderzoeksvraag wordt de volgende aanpak gehanteerd: eerst wordt de warmtevraag in beeld gebracht. Parallel hieraan wordt ook een bronnenonderzoek uitgevoerd, om in beeld te brengen welke omgevingsbronnen aanwezig zijn in en rondom de wijk Achter de Kerken. Samen met de groep wordt vervolgens op basis van deze inventarisatie bepaald welke opties op hoofdlijnen tegen elkaar afgewogen gaan worden en op basis van welke criteria dat gedaan wordt. In een tussenrapportage wordt het resultaat van deze afweging beschreven, inclusief een omschrijving van de meest kansrijke oplossingen.

De meest kansrijke oplossingen worden in meer detail uitgewerkt, om beter inzicht te krijgen in de technische en financiële uitwerking. Ook wordt aandacht besteedt aan de consequenties voor de openbare ruimte. Uit de financiële verdieping volgt een indicatie van de totale kosten (TCO) voor de bewoner bij de verschillende opties. Als laatste worden de te nemen vervolgstappen besproken.

1.3 LEESWIJZER

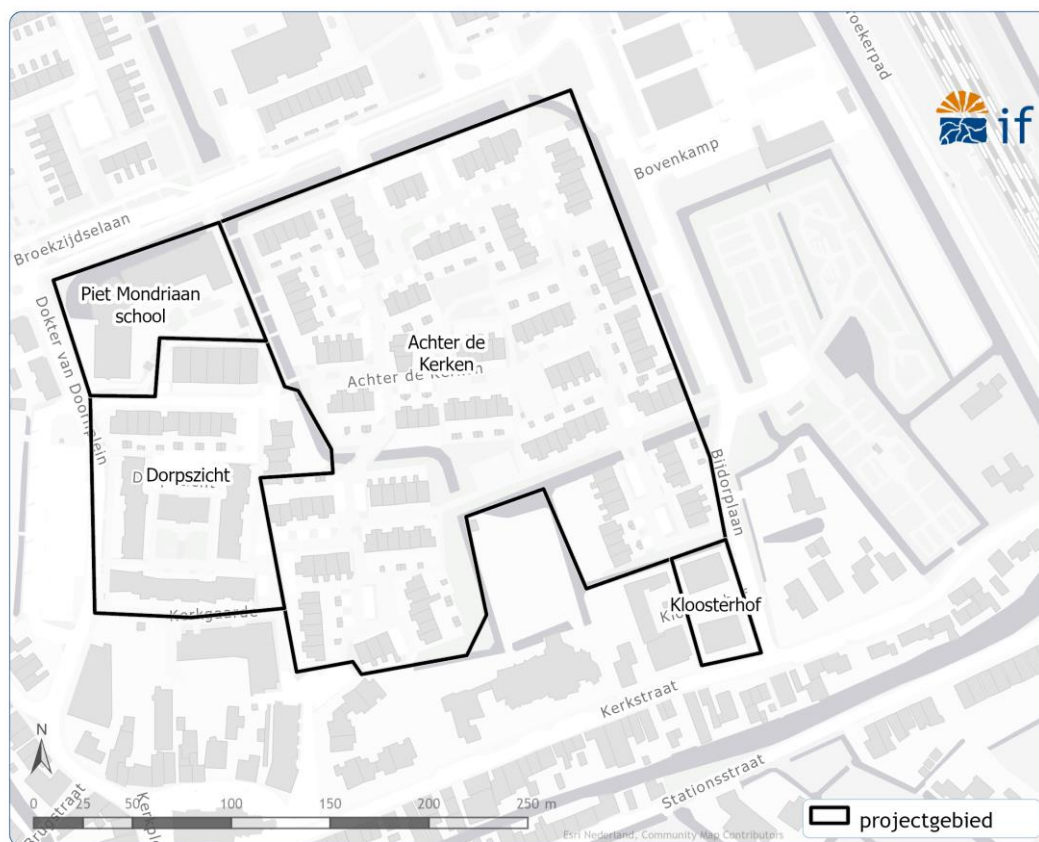
In hoofdstuk 2 worden de bouwkundige en energetische uitgangspunten opgesteld. In hoofdstuk 3 worden mogelijke warmtebronnen besproken. Hieruit volgen een aantal geschikte energieconcepten voor Achter de Kerken. Deze worden op basis van beoordelingscriteria gewaardeerd en de verschillende voor- en nadelen worden besproken in hoofdstuk 4. Op basis daarvan wordt een keuze gemaakt welke energieconcepten verder worden uitgewerkt. Deze worden in hoofdstuk 5 technisch verdiept en in hoofdstuk 6 financieel verder uitgewerkt. Uiteindelijk volgt in hoofdstuk 7 de conclusie en aanbevelingen.

2 Projectinventarisatie

Om tot een onderbouwde keuze te komen voor het energieconcept is het belangrijk om de projectkarakteristieken scherp te hebben. Daarom wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan de bouwkundige aspecten en energetische uitgangspunten van het projectgebied. Op basis van deze uitgangspunten wordt onderzocht waar een collectief systeem haalbaar lijkt en waar een individuele oplossing het beste lijkt te zijn.

2.1 PROJECTGEBIED

Het projectgebied betreft in de basis de buurt Achter de Kerken gelegen in de gemeente Abcoude. In dit onderzoek kijken we echter ook naar omliggende gebieden omdat het toevoegen van die gebieden een collectieve oplossing mogelijk beter haalbaar maakt. Zie Figuur 2.1 voor de afbakening van het projectgebied. Naast de buurt Achter de Kerken gaat het om de Piet Mondriaan school, Dorpszicht en Kloosterhof. Al deze gebieden samen worden in het vervolg het projectgebied genoemd en vergeleken met alleen de buurt Achter de Kerken. In het gebied zijn veel woningen van woningcorporatie Cazas Wonen, zie Tabel 2.1. Vooral in Dorpszicht en Kloosterhof is het percentage bezit van Cazas Wonen erg hoog en daarom zijn het interessante gebieden om mee te nemen in dit onderzoek.



Figuur 2.1 | Projectgebied met Achter de Kerken, de Piet Mondriaan school, Dorpszicht en Kloosterhof.

In het projectgebied bevinden zich verschillende functies: wonen, werken en recreëren. In Tabel 2.1 is een overzicht gegeven van de verblijfsfuncties en aantallen op basis van het Basisregister Adressen en Gebouwen (BAG). Ook is een uitsplitsing gemaakt in bouwjaar en de verschillende type woningen.

Tabel 2.1 | Verschillende verblijfsobjecten op basis van functie en uitsplitsing woningen in type en bouwjaar.

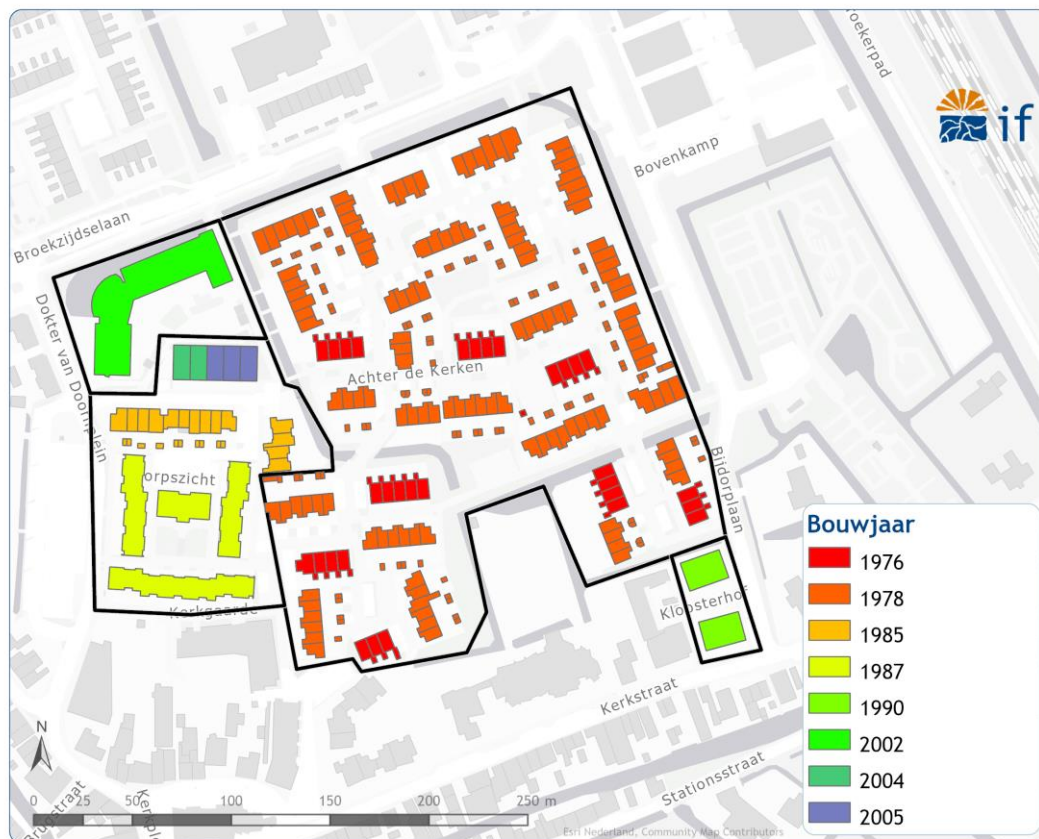
Parameter	Achter de Kerken	Projectgebied (incl. Achter de Kerken)
Verblijfsobjecten		
Woningen	161 (waarvan 112 woningen van Cazas Wonen)	254 (waarvan 186 woningen van Cazas Wonen)
Bijeenkomstfunctie	-	1
Onderwijsfunctie ¹	-	1
TOTAAL	161	256
Bouwjaar woningen		
1976-1978	161 (100%)	161 (63,4%)
1985-1987	0 (0%)	68 (26,8%)
1990	0 (0%)	20 (7,9%)
2005-2005	0 (0%)	5 (2,0%)
Type woning		
Appartement	0 (0%)	74 (29,1%)
Tussenwoning	97 (60,2%)	110 (43,3%)
Twee-onder-een-kap	0 (0%)	0 (0%)
Hoekwoning	64 (39,8%)	70 (27,6%)
Vrijstaande woning	0 (0%)	0 (0%)

2.2 ISOLATIEGRAAD GEBOUWEN

Om de bestaande bouw met duurzame bronnen te kunnen verwarmen moeten de woningen voldoende geïsoleerd zijn. Zowel het bouwjaar als het (beschikbare) energielabel van een woning geven een goede indicatie van de huidige isolatiegraad. Echter, deze zijn niet alles bepalend: een heel oud huis kan immers grondig verbouwd zijn tot huidige isolatiestandaarden en een hoger energielabel is ook te halen door het plaatsen van zonnepanelen, wat niets verbeterd aan de isolatiegraad. Maar over het algemeen geven deze parameters wel een goede algemene indicatie van de staat van woningen.

In Figuur 2.2 is het bouwjaar van de gebouwen te zien. Hierin is te zien dat de woningen in elk deelgebied ongeveer op hetzelfde moment gebouwd zijn. Alleen in Dorpszicht zijn er 5 woningen later gebouwd dan in de rest van het deelgebied.

¹ Hieronder vallen alle activiteiten die plaatsvinden in het gebouw van de Piet Mondriaan school

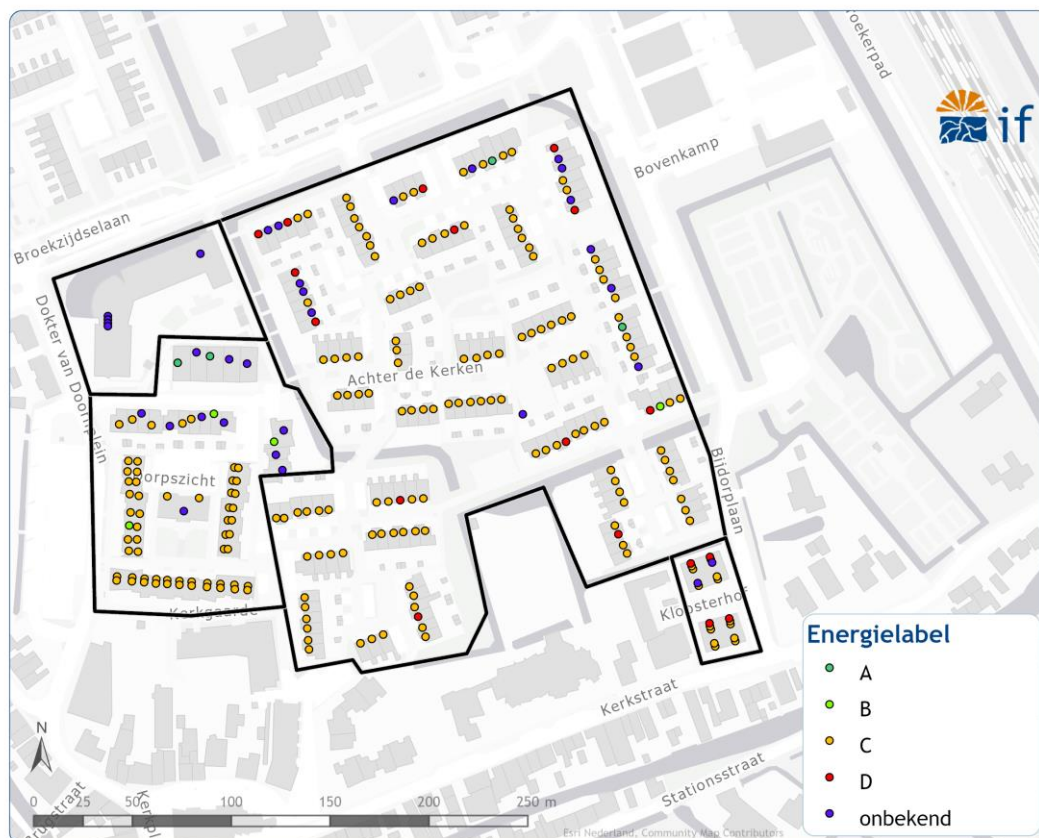


Figuur 2.2 | Bouwjaar gebouwen in projectgebied. Bron: BAG

De beschikbare energielabels van de woningen en overige gebouwen zijn zichtbaar in Tabel 2.2 en in Figuur 2.3. Hierin is te zien dat de meeste gebouwen energielabel C hebben en een klein deel energielabel D. Minder dan 10% van de gebouwen heeft geen energielabel en veel woningen zijn vergelijkbaar in het gebied dus de getallen in de tabel geven een goede indicatie voor alle gebouwen in het gebied.

Tabel 2.2 | Energielabels van gebouwen in het projectgebied. Bron: RVO.

Energielabel	Achter de Kerken	Projectgebied (Inc. Achter de Kerken)
A	2 (1.2%)	4 (1.6%)
B	1 (0.6%)	4 (1.6%)
C	132 (82.0%)	204 (80.3%)
D	13 (8.1%)	17 (6.7%)
E	0 (0%)	0 (0%)
F	0 (0%)	0 (0%)
G	0 (0%)	0 (0%)
Onbekend	13 (8.1%)	25 (9.8%)



Figuur 2.3 | Energielabels gebouwen in het projectgebied. Bron: RVO.

2.3 WARMTE- EN KOUDEVRAAG

2.3.1 Warmtevraag

Een energielabel geeft een eerste indicatie voor het gasverbruik van woningen, maar ook andere factoren zijn bepalend, zoals grootte van de woning, type woning en gezinssamenstelling. Het gasverbruik van kleinverbruikers is openbaar te raadplegen via de gasnetbeheerder, wat een beeld geeft op postcode zes niveau. IF Technology heeft op deze manier voor het projectgebied het gasverbruik inzichtelijk gemaakt voor de woningen. Daarnaast is door de projectgroep het gasverbruik van het gebouw van de Piet Mondriaanschool aangeleverd.

Het totale aardgasverbruik bedraagt circa 235.000 kuub gas (m³) per jaar voor Achter de Kerken en circa 371.500 kuub gas (m³) voor het totale projectgebied. Op basis van het gasverbruik is de warmtevraag geschat, zie Bijlage 1 voor een toelichting op de methode. In Tabel 2.3 zijn de resultaten van de warmtevraag inventarisatie weergegeven.

Tabel 2.3 | Warmtevraag projectgebied op basis van gasverbruik.

Parameter	Aantallen	Aardgas		Warmtevraag	
		Totaal	Gemiddeld	Totaal	Gemiddeld
Verblijfsobjecten	(-)	m ³ aardgas	m ³ aardgas	GJ/jaar	GJ/jaar
Achter de Kerken					
Woningen	161	235.000	1.460	7.200	45
Projectgebied (incl. Achter de Kerken)					
Woningen (254) + bijkomstfunctie (1)	255	341.500	1.340	10.400	41
Onderwijsfunctie	1	30.000	30.000	920	920
Totaal	256	371.500	-	11.320	-

2.3.2 Toekomstige warmtevraag

Het is de verwachting dat de huidige warmtevraag van de gebouwen in de toekomst gaat veranderen als gevolg van isolatiemaatregelen en klimaatverandering. In Bijlage 1 is algemeen uitgelegd hoe de toekomstige warmtevraag is ingeschat. Bij het bepalen van de toekomstige warmtevraag in dit onderzoek hebben we de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Alle woningen van Cazas Wonen worden geïsoleerd tot het niveau van de Isolatiestandaard². Cazas Wonen heeft plannen voor onderhoud in Achter de Kerken en ze hebben aangegeven dat de Isolatiestandaard waarschijnlijk het uitgangspunt wordt. We nemen aan dat dit in de toekomst ook wordt toegepast in Kloosterhof en Dorpszicht. Verduurzamen tot de Isolatiestandaard heeft als gevolg dat de woningen zeer waarschijnlijk geschikt zijn om verwarmd te worden met LT-warmte zonder aanpassingen aan het warmte afgiftesysteem. De Isolatiestandaard komt overeen met energielabel A/B.
- In overleg met de projectgroep is aangenomen dat van alle koopwoningen de helft dezelfde isolatiemaatregelen uitvoert als de woningen van Cazas Wonen. De andere woningen passen geen isolatiemaatregelen toe.
- De meeste woningen in het projectgebied hebben op dit moment isolatielabel C. Bij isolatiemaatregelen tot energielabel A/B is de afname in warmtevraag voor ruimteverwarming ongeveer 15%³.
- Het gebouw van de Piet Mondriaan school is relatief nieuw dus daar zal binnenkort niet geïsoleerd worden.

Naast de afname in warmtevraag vanwege isolatie zal de warmtevraag ook afnemen vanwege het opwarmende klimaat. In Tabel 2.4 is weergegeven wat de verwachte afname en warmtevraag is van de gebouwen in Abcoude als er geïsoleerd is en door invloed van klimaatverandering.

² <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/standaard-streefwaarden-woningisolatie>

³ Dit getal is bepaald door het gemiddelde te nemen van de besparing bij een stap van energielabel C naar B en van D naar B. Hierbij benaderen we ongeveer een stap van energielabel C naar A/B.

Tabel 2.4 | Gasverbruik en warmtevraag van gebouwen in Abcoude in 2050 rekening houdend met isolatiemaatregelen en klimaatverandering.

Parameter	Achter de Kerken		Projectgebied (incl. Achter de Kerken)	
	Totaal verbruik	Warmtevraag	Totaal verbruik	Warmtevraag
	m ³ aardgas	GJ/jaar	m ³ aardgas	GJ/jaar
Verbruik gebouwen zonder isolatie	235.000	7.200	371.500	11.320
Afname verbruik na isolatie	10%	10%	9%	9%
Verbruik gebouwen na isolatie	211.000	6.400	337.000	10.300
Afname verbruik door klimaatverandering	15%	15%	15%	15%
Verbruik gebouwen in 2050	179.000	5.400	286.000	8.800

2.3.3 Verwarmingsvermogen

Voor het bepalen van het benodigde verwarmingsvermogen hebben we gebruik gemaakt van kentallen op basis van het bouwjaar van de woningen. Het is lastig om precieze inschattingen te krijgen van het benodigde vermogen per woning aangezien dat onder anderen afhangt van isolatieniveau, binnentemperatuur, gedrag en afgiftesystemen. In het vervolg is het een mogelijkheid om voor een aantal voorbeeld woningen een verliesberekening te laten maken. Hiermee wordt specifiek voor een woning in beeld gebracht welk verwarmingsvermogen er nodig is.

Naast het verwarmingsvermogen per woning moet er ook rekening gehouden worden met gelijktijdigheid. Gelijktijdigheid treedt op bij een collectieve oplossing en geeft aan in hoeverre woningen tegelijkertijd warmte vragen. Niet iedereen doet namelijk tegelijkertijd de kachel aan of doucht op hetzelfde moment. Daardoor is het vermogen dat een warmtenet in totaal moet kunnen leveren kleiner dan de vermogens van alle woningen los bij elkaar opgeteld. We hanteren een gelijktijdigheid van 70% voor het vermogen van ruimteverwarming. Voor tapwater hangt de gelijktijdigheid af van het aantal aangesloten woningen. Hoe meer woningen aansluiten hoe lager de gelijktijdigheid. Voor Achter de Kerken hanteren we een gelijktijdigheid van 8% voor tapwater en voor het hele projectgebied 6%, aangezien daar meer woningen staan.

In Tabel 2.5 is weergegeven wat de verwachte vermogensvraag is, rekening houdend met gelijktijdigheid van een collectieve oplossing. Hierin is te zien dat het vermogen per woning gemiddeld in het hele gebied lager is dan in alleen Achter de Kerken. Dit komt doordat er grotere woningen staan in Achter de Kerken waardoor het benodigde vermogen hoger ligt.

Tabel 2.5 | Benodigd verwarmingsvermogen rekening houdend met gelijktijdigheid.

Vermogensvraag	Eenheid	Achter de Kerken	Projectgebied (incl. Achter de Kerken)
Per woning	kW	7	5,5
Piet Mondriaan school	kW	-	180
Totaal	kW	1.120	1.750

2.3.4 Koudevraag

In overleg met de projectgroep is besloten om geen rekening te houden in dit onderzoek met een mogelijke koudevraag van woningen. Hiervoor is gekozen vanwege de volgende punten:

- In een collectief concept met zowel een LT- als een MT-warmtenet is het niet mogelijk om koude te leveren.
- Een individuele lucht-/waterwarmtepomp kan koude produceren maar voor de afgifte in woningen is vloerverwarming nodig of zijn ventilatieconvectoren nodig. Op dit moment hebben de meeste woningen deze afgiftesystemen nog niet. Het is op het moment van schrijven onbekend of ze worden aangelegd bij de verduurzamingsplannen van Cazas Wonen.

Voor zowel een collectieve oplossing als een individuele oplossing is het niet waarschijnlijk dat er gekoeld kan worden zonder vloerverwarming. Willen bewoners koelen in hun woning zullen ze waarschijnlijk een airco aanschaffen. Het is ook mogelijk om bij een natuurlijk vervangingsmoment vloerverwarming te realiseren. De keuze hiervoor is voor elke bewoner een persoonlijke afweging. Daarom is ervoor gekozen om het niet mee te nemen in het vergelijk voor verwarmingsopties.

Voor de Piet Mondriaan school bepalen we wel een koudevraag aangezien ze op dit moment al koelen. Dit doen ze met luchtbehandelingskasten en extra airco's voor ruimtes aan de zonkant, voornamelijk kantoorruimtes. Afhankelijk van of het uiteindelijke energieconcept kan koelen wordt de koelvraag meegenomen in de financiële uitwerking. De school heeft op dit moment geen inzicht in de hoeveelheid koudevraag die ze hebben dus die hebben we ingeschat op basis van kentallen. Deze koudevraag is weergegeven in Tabel 2.6.

Tabel 2.6 | Koudevraag van het gebouw van de Piet Mondriaan school.

Gebouw	Koudevraag
	GJ/jaar
Piet Mondriaan school	195 ⁴

2.3.5 Toekomstige koudevraag

De verwachting is dat de koudevraag in de toekomst gaat veranderen. Er is geen uitsluitel in de literatuur over wat het effect van isolatie is op de koudevraag van utiliteit⁵ en daarom wordt een effect daarvan niet meegenomen. De verwachting is dat door klimaatverandering de koudevraag zal toenemen. Op basis van het meest waarschijnlijke klimaatscenario wordt verwacht dat de koudevraag tot 2050 met gemiddeld 75% toeneemt⁵, dat komt neer op ongeveer 2% per jaar. De verwachte koudevraag in 2050 voor het gebouw van de Piet Mondriaan school is dan ongeveer 340 GJ/jaar.

2.3.6 Koelvermogen

Voor de Piet Mondriaanschool hebben we een inschatting gemaakt van het benodigde koelvermogen. De school heeft zelf op dit moment geen inzicht in het benodigde vermogen dus dat hebben we ingeschat op basis van kentallen. Het benodigde vermogen komt uit op 80 kW⁶.

⁴ Het gebouw heeft een oppervlakte van 2.410 m². Als kental hanteren we een koudevraag van 0,081 GJ/m². Daarmee komt de totale koudevraag op 2.410 * 0,081 = 195 GJ.

⁵ CE Delft (2023). Kansen voor warmte- koudenetten, mogelijkheden voor koudelevering met aquathermiesystemen met WKO.

⁶ Het gebouw heeft een oppervlakte van 2.410 m². Als kental hanteren we een benodigd vermogen van 33 W/m². Daarmee komt het totale benodigde vermogen op 2.410 * 33 / 1.000 = 80 kW.

3 Omgevingsbronnen warmte en koude

Om Achter de Kerken op een duurzame wijze van warmte te voorzien kunnen verschillende energiebronnen gebruikt worden. In deze studie is gekeken naar de toepassing van groengas, biomassa, waterstof, bodemenergie, geothermie (warmte uit de aarde), aquathermie (warmte uit water), zonthermie, aerothermie (warmte uit buitenlucht) en industriële restwarmtestromen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen individuele en collectieve bronnen.

3.1 OMGEVINGSBRONNEN VOOR INDIVIDUELE OPLOSSINGEN

In deze paragraaf behandelen we verschillende bronnen waarmee woningen individueel verwarmd kunnen worden. Enkele technieken kunnen naast warmte ook koeling leveren aan de woningen. Voor de volledigheid is het scenario voortzetting aardgas ook genoemd. De volgende individuele oplossingen zijn beschouwd:

1. referentie: voortzetting aardgas;
2. individueel groen gas;
3. waterstof;
4. hybride warmtepomp;
5. individueel lucht-/waterwarmtepomp;
6. individueel lucht-/luchtwarmtepomp;
7. individueel ventilatiewarmtepomp(boiler);
8. individueel bodemwarmtewisselaar water-/waterwarmtepomp;
9. PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp.

In Bijlage 4 is een algemene beschrijving gegeven van bovenstaande technieken. Hierin is omschreven hoe de technieken werken en zijn verschillende positieve en negatieve aspecten benoemd. In Tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de haalbaarheid en potentie van de verschillende technieken in het projectgebied. Onder de tabel staat voor sommigen technieken een toelichting bij de specifieke situatie in de Achter de Kerken. Ook wordt toegelicht als een techniek niet geschikt wordt geacht als oplossing en daarom in het vervolg van het onderzoek verder niet wordt meegenomen.

Tabel 3.1 | Samenvattingstabel individuele energiebronnen in Achter de Kerken. Het kruisje voor een energiebron houdt in dat die bron niet geschikt is het projectgebied.

Technieken	Technische haalbaarheid	Maximale potentie
Energiebronnen - individueel		
Eenheid: GJ/jaar		
<input checked="" type="checkbox"/> Aardgas	Goed	Praktisch onbeperkt
<input checked="" type="checkbox"/> Groen gas	Onzeker	-
<input checked="" type="checkbox"/> Waterstof	Heel onzeker	Afhankelijk van beschikbaarheid elektriciteit
Hybride warmtepomp	Goed - minimale isolatie nodig	Onbeperkt
Lucht-/waterwarmtepomp	Goed - mogelijk isolatie nodig	Onbeperkt
Lucht-/luchtwarmtepomp	Goed - mogelijk isolatie nodig	Onbeperkt
Ventilatie-warmtepomp(boiler)	Haalbaar voor de meeste woningen	Verschilt per woning maar sowieso niet genoeg voor aardgasvrij
Bodem water-/waterwarmtepomp	Goed - mogelijk isolatie nodig	Nader te bepalen
PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp	Goed - mogelijk isolatie nodig	Afhankelijk van beschikbaar dakoppervlak

3.1.1 Aardgas

Omdat de CO₂ uitstoot bij verbranding van aardgas groot is beschouwen we dit niet als een haalbaar scenario om de Achter de Kerken op een duurzame manier te verwarmen. Dit scenario valt dus af als duurzame eindoplossing. Echter in de overgangperiode tot aan de eindoplossing is het goed mogelijk om deels aardgas te blijven gebruiken.

3.1.2 Groengas

Vanwege de mogelijk beperkte en onzekere beschikbaarheid van groengas en de verwachte grote vraag vanuit de industrie en mobiliteit achten we groengas niet geschikt voor het volledig duurzaam verwarmen van Achter de Kerken. Belangrijk hierbij is dat de Rijksoverheid aangeeft dat groengas voor 2030 nog niet grootschalig beschikbaar zal zijn voor de gebouwde omgeving. Deze conclusie komt overeen met het eerder uitgevoerde onderzoek naar Achter de Kerken⁷.

3.1.3 Waterstof

Waterstof zit op dit moment nog in de onderzoeksfase voor de toepassing in de gebouwde omgeving. Daarnaast is een belangrijk aspect voor het duurzaam toepassen van waterstof dat er veel duurzame elektriciteit beschikbaar is wat nu nog niet het geval is. Mocht er in de toekomst meer groene waterstof beschikbaar komen dan worden toepassingen voor industrie en zware mobiliteit verwacht. Daarom achten wij waterstof op dit moment niet een realistische optie. Deze conclusie komt overeen met het eerder uitgevoerde onderzoek naar Achter de Kerken⁷.

3.1.4 Lucht-/luchtwarmtepomp

De lucht-/luchtwarmtepomp is niet erg geschikt om hele woningen van warmte en koude te voorzien. Er moeten veel leidingen aangelegd worden om alle kamers van warmte te voorzien en de warmtepomp is minder geschikt voor hele koude winterdagen. Het is echter wel een mogelijke toevoeging aan een warmte- en koudesysteem om losse kamers snel te verwarmen of koelen. Bijvoorbeeld een werkkamer op zolder of in de garage.

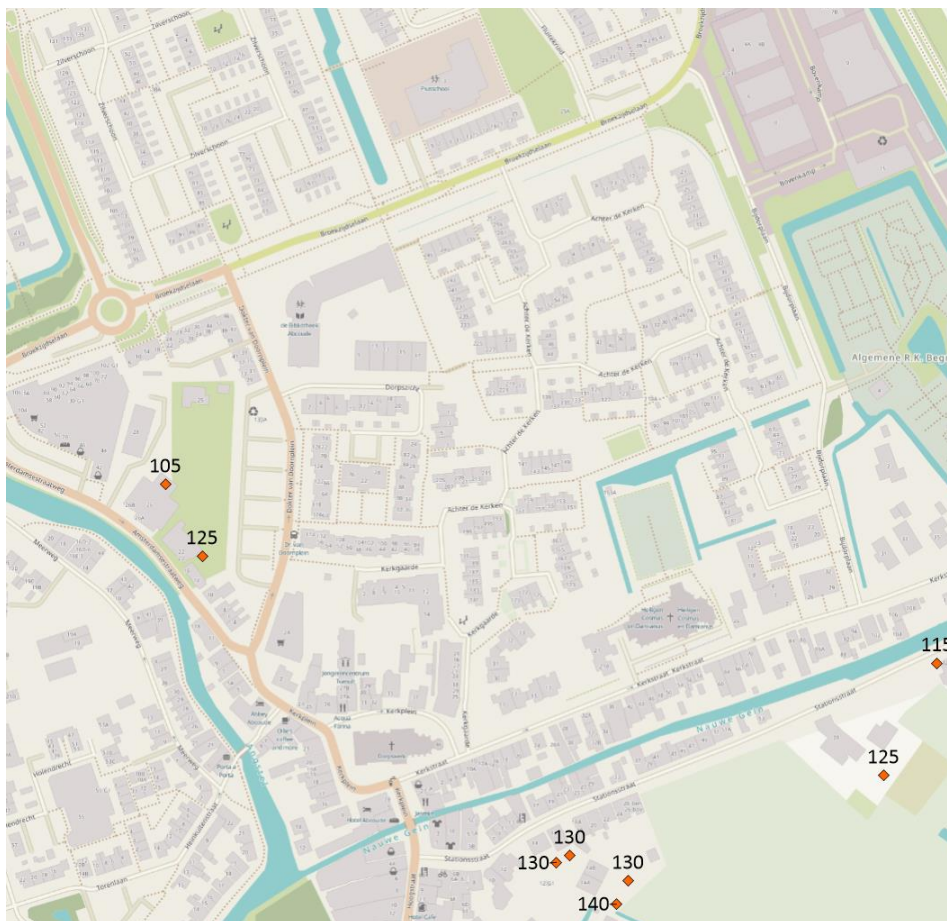
⁷ CE Delft (januari 2023). Buurtwarmte Achter de Kerken.

3.1.5 Ventilatie-warmtepomp(boiler)

Het is afhankelijk van het type ventilatiesysteem in de woningen of een ventilatie-warmtepomp of boiler toegepast kan worden. Uit overleg met de projectgroep is gebleken dat de meeste woningen waarschijnlijk beschikken over mechanische ventilatie. Per woning moet onderzocht worden of en in hoeverre een ventilatiewarmtepomp of boiler toereikend is om in de warmtevraag te voorzien. De ventilatie-warmtepomp(boiler) is niet in staat om een woning volledig aardgasvrij van warmte te voorzien en daarom blijft er altijd een andere warmtebron zoals cv-ketel, lucht-/waterwarmtepomp of warmtenet nodig.

3.1.6 Bodem water-/waterwarmtepomp

Op dit moment zijn er op meerdere locaties rondom Achter de Kerken bodemlussen gerealiseerd of staan bodemlussen gepland, zie Figuur 3.1. In het projectgebied zelf zijn nog geen bodemlussen gerealiseerd.



Figuur 3.1 | Gesloten bodemenergiesystemen nabij de wijk Achter de Kerken. Het getal geeft de einddiepte van de lussen weer.

Als bodemlussen dichtbij elkaar liggen dan is er kans dat ze elkaar negatief beïnvloeden, interferentie genaamd. Hoe meer ruimte er dus is in de omgeving van woningen hoe kleiner de kans dat er interferentie optreedt. In het vervolg moet de kans op interferentie specifiek onderzocht worden als er plannen zijn om grootschalig bodemlussen toe te passen. Het gaat hierbij zowel om het negatief beïnvloeden van de bestaande lussen als nieuwe lussen onderling.

3.1.7 PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp

Alle woningen in Achter de Kerken zijn grondgebonden woningen. Dat betekent dat er veel dakoppervlak beschikbaar is voor het plaatsten van PT- of PVT-panelen. In Dorpszicht en Kloosterhof zijn daarentegen vooral appartementen beschikbaar en daardoor is er minder dakoppervlak beschikbaar. De meeste woningen in het projectgebied zijn niet heel goed geïsoleerd dus voor die woningen zal het niet mogelijk zijn om aardgasvrij te verwarmen met alleen PT of PVT-panelen.

3.2 OMGEVINGSBRONNEN VOOR COLLECTIEVE OPLOSSINGEN

Naast individuele mogelijkheden zijn er ook technieken toepasbaar waarbij de woningen zijn aangesloten op een collectief systeem om warmte te leveren. Dit collectieve systeem houdt in dat warmte op een centrale plek wordt opgewekt en vervolgens via een warmtenet naar de huizen wordt gedistribueerd. Het opwekken van de warmte kan op allerlei verschillende manieren plaatsvinden. Zo kan warmte worden opgewekt door gebruik te maken van een warmtepomp en een warmtebron (warmtebronnen: aquathermie, buitenlucht, zon en restwarmte), door de warmte direct uit de grond te halen (geothermie) of doormiddel van verbranding (biomassa, groengas).

In de volgende paragrafen is eerst de werking van het warmtenet en een warmte- en koudeopslag (WKO) beschreven. Daarna zijn de volgende verschillende warmtebronnen besproken:

1. aardgas;
2. thermische energie uit oppervlaktewater (TEO);
3. thermische energie uit afvalwater (TEA) + WKO;
4. lucht- /waterwarmtepomp;
5. droge koeler + WKO;
6. zonthermie + buffer;
7. geothermie;
8. biomassa;
9. groen gas;
10. restwarmte.

In Bijlage 4 is een algemene beschrijving gegeven van bovenstaande technieken. Hierin is omschreven hoe de technieken werken en zijn verschillende positieve en negatieve aspecten benoemd.

In Tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de haalbaarheid en potentie van de verschillende collectieve technieken in het projectgebied. Onder de tabel staat voor sommigen technieken een toelichting bij de specifieke situatie in Achter de Kerken. Ook wordt toegelicht als een techniek niet geschikt wordt geacht als oplossing en daarom in het vervolg van het onderzoek verder niet wordt meegenomen.

Tabel 3.2 | Samenvattingstabel collectieve energiebronnen in Achter de Kerken. Het kruisje voor een energiebron houdt in dat die bron niet geschikt is het projectgebied.

Technieken	Technische haalbaarheid	Maximale potentie
Energiebronnen - collectief		
<input checked="" type="checkbox"/> Aardgas	Goed	Praktisch onbeperkt
TEO + WKO	Goed	Meer dan de warmtevraag
<input checked="" type="checkbox"/> TEA en TED	Goed	Niet aanwezig
lucht-/waterwarmtepomp	Goed	Oneindig
Droge koeler + WKO	Goed	Oneindig - afhankelijk van beschikbare ruimte voor droge koelers
<input checked="" type="checkbox"/> Zonthermie	Goed - ruimte nodig (2-3 ha)	4.320 GJ/ha grond
<input checked="" type="checkbox"/> Geothermie	Onbekend	Vele malen hoger dan warmtevraag
<input checked="" type="checkbox"/> Biomassa en groengas	Potentie onzeker	Onbekend
<input checked="" type="checkbox"/> Restwarmte	Onzeker	Te weinig voor warmtevraag

3.2.1 Warmtenetten

De verschillende collectieve warmtebronnen kunnen allen als input dienen voor verschillende type warmtenetten. Onderscheidend daarbij is de locatie waar de (lage) temperatuur van de bron verder wordt opgewekt naar een bruikbare temperatuur. Bij een midden temperatuur (MT - ca. 70°C) warmtenet gebeurt dit bij de bron, waarna de warmte op midden temperatuur naar de afnemers wordt getransporteerd. Bij een lage temperatuur (LT - ca. 45°C) warmtenet vindt de opwekking deels plaats nabij de bron en deels bij de afnemer. Bij een zeer lage temperatuur (ZLT - 10-25°C) warmtenet (ook wel brontemperatuur warmtenet) wordt de bronwarmte rechtstreeks naar de afnemers getransporteerd en pas daar wordt de warmte verder opgewaardeerd. Zie Bijlage 2 voor een uitgebreidere beschrijving van de verschillende warmtenetten.

3.2.2 WKO

Bij sommige collectieve oplossingen wordt gebruik gemaakt van een opslagtechniek van warmte en koude zoals WKO. Daarom is in Bijlage 3 een algemene omschrijving gegeven van de werking van een WKO-systeem. Hieronder is toegelicht hoe goed WKO toepasbaar is in Achter de Kerken.

In Bijlage 5 is het uitgevoerde vooronderzoek en toetsing haalbaarheid WKO weergegeven. Hierin worden de mogelijkheden van de toepassing van WKO op locatie omschreven. De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn als volgt:

- De opbouw van de bodem op de locatie van Abcoude lijkt geschikt voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem.
- Het derde watervoerende pakket lijkt geschikt voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem en is gelegen op een diepte van 50 tot 175 m. Dit pakket is op basis van de verwachte bodemopbouw geschikt voor een open bodemenergiesysteem met de broncapaciteit van maximaal 250 m³/uur. Ter vergelijking: in Nederland worden doubletten gerealiseerd tot maximaal een debiet van 250 m³/uur, de bodem in Abcoude is dus erg geschikt voor open bodemenergiesystemen.
- Er zijn geen technische risico's aanwezig die de realisatie en exploitatie van het beoogde open bodemenergiesysteem op de locatie in de weg staan.
- Er zijn nog de volgende aandachtspunten:

- 1 Omliggende gesloten bodemenergiesystemen: binnen een straal van 1.000 m liggen enkele gesloten bodemenergiesystemen, zie Figuur 3.1. Een nieuw open bodem energiesysteem mag geen negatieve invloed hebben op deze aanwezige gesloten bodemenergiesystemen.
- 2 Waterkering: Ten zuiden en ten westen van de wijk Achter de Kerken bevindt zich een secundaire waterkering. Er wordt geadviseerd om geen WKO-bronnen te plaatsen dicht bij de waterkering.
- 3 Begraafplaats: Ten noorden van de H.H. Cosmas en Damianuskerk en ten oosten van de Bijdorplan bevindt zich een begraafplaats. De verwachting is dat een open bodemenergiesysteem geen invloed heeft op deze begraafplaatsen maar dat moet bij een vergunningaanvraag wel inzichtelijk gemaakt worden.
- 4 Kabels en leidingen: er moet bij de realisatie van een WKO-systeem rekening gehouden worden met de aanwezige kabels en leidingen in de gemeentegrond.

3.2.3 Aardgas

Omdat de CO₂ uitstoot bij verbranding van aardgas groot is beschouwen we dit niet als een haalbaar scenario om Achter de Kerken op een duurzame manier te verwarmen. Dit scenario valt dus af als duurzame eindoplossing. Echter in de overgangperiode tot aan de eindoplossing is het goed mogelijk om deels aardgas te blijven gebruiken als piekvoorziening.

3.2.4 TEO

Rondom Achter de Kerken bevinden zich twee stroompjes die mogelijk gebruikt kunnen worden voor een TEO-systeem. Het gaat hierbij om de Angstel in het westen en het Gein in het zuiden, zie Figuur 3.2. Voor de toepassing van een TEO-systeem is er ruimte nodig voor een in- en uitlaat bij de stroompjes. Aangezien er veel woningen gelegen zijn aan de stroompjes zijn er weinig geschikte plekken voor het plaatsen van een in- en uitlaat. De enige mogelijkheden zijn bij de volgende bruggen:

- de Derde Brug;
- de brug gelegen aan de Brugstraat;
- de Dorpsbrug;
- de Jan Swinkelsbrug.

Voor de brug bij de Brugstraat en de Dorpsbrug is het onzeker of er genoeg ruimte is een in- of uitlaat te plaatsen.

Op basis van de beschikbare ruimte zijn de meest realistische opties voor het inpassen van een TEO-systeem:

- in- en uitlaat bij de Derde Brug;
- in- en uitlaat bij de Jan Swinkelsbrug;
- inlaat bij de Derde Brug en uitlaat bij de Jan Swinkelsbrug of andersom.

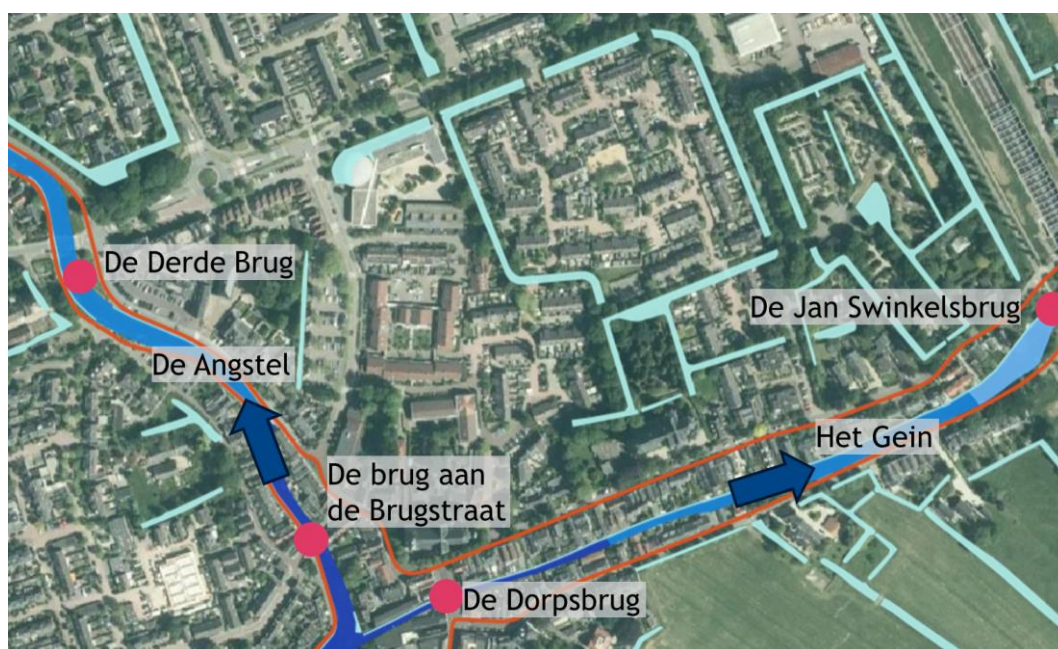
Volgens informatie van het waterschap is zowel de Angstel als het Gein geen stilstaand water maar is er een stroming aanwezig. Het water stroomt van het zuidwesten naar het noorden en het oosten, waarbij het debiet (m³/s) in de Angstel ongeveer twee keer zo groot is als in het Gein. Doordat er een waterstroming aanwezig is in de stroompjes is het mogelijk om de in- en uitlaat dicht bij elkaar te plaatsen.

Een TEO-systeem met de in- en uitlaat in de Angstel bij de Derde Brug heeft ongeveer evenveel potentie als de warmtevraag van het projectgebied. Het zou daarmee een mogelijke optie zijn om het gehele projectgebied van warmte te voorzien uit de Angstel maar de potentie is nog onzeker en

zou bij toepassing in het vervolg in meer detail bepaald worden in overleg met het waterschap. Een TEO-systeem in het Gein heeft ongeveer de helft van de potentie van de totale warmtevraag en is daardoor niet geschikt als warmtebron.

Een TEO-systeem met een in-/uitlaat in de verschillende stromen heeft zeker genoeg potentie om het projectgebied van warmte te voorzien. Het nadeel van deze optie is dat er veel leidingwerk nodig is om de in- en uitlaat over land met elkaar te verbinden.

De conclusie van de eerste inventarisatie van de mogelijkheden van een TEO-systeem is dat er mogelijkheden zijn maar de technische en financiële haalbaarheid nog onzeker is. De kosten voor een TEO-systeem voor deze schaalgrootte zijn relatief hoog.



Figuur 3.2 | Waterlichamen waar mogelijk TEO toegepast kan worden.

3.2.5 TEA en TED

☒ Er zijn geen opties in de buurt van Achter de Kerken voor het toepassen van TEA of TED.

3.2.6 Droge koelers + WKO en collectieve lucht-/waterwarmtepomp

Het toepassen van droge koelers met WKO of een collectieve lucht-/waterwarmtepomp is beide mogelijk in Achter de Kerken. De bodem is geschikt voor het realiseren van een WKO-systeem, zie paragraaf 3.2.2. Daarnaast lijken er mogelijkheden te zijn rondom Achter de Kerken voor het plaatsen van droge koelers of een collectieve lucht-/waterwarmtepomp. Daardoor zijn beide opties een goede mogelijkheid.

3.2.7 Zonthermie

☒ Om heel het projectgebied met zonthermie te verwarmen is ongeveer 2-3 ha nodig. Op dit moment is er geen geschikte ruimte in de buurt van Achter de Kerken voor het plaatsen van zo'n zonthermie veld. Daarom is zonthermie geen geschikte oplossing voor Achter de Kerken.

3.2.8 Geothermie

In eerder uitgevoerd onderzoek werd geothermie genoemd als mogelijke warmtebron voor Achter de Kerken⁷. Wij achten geothermie echter niet geschikt voor Achter de Kerken vanwege de kleine schaal van het project. Een geothermie-systeem wordt pas interessant vanaf ongeveer 4.000 woningen. Mocht er in de toekomst een groot warmtenet gerealiseerd zijn in Abcoude is geothermie mogelijk wel een optie als bron. Daarbij kan ook gekeken worden naar een samenwerking met Amsterdam om warmte van het geothermiesysteem ook te leveren aan het warmtenet in Amsterdam.

3.2.9 Biomassa en groengas

Vanwege de beperkte beschikbaarheid van biomassa en groengas en de verwachte grote vraag vanuit de industrie beschouwen we deze optie als niet geschikt. De optie wordt daarom verder niet meegenomen in dit onderzoek. Deze conclusie komt overeen met het eerder uitgevoerde onderzoek naar Achter de Kerken⁸.

3.2.10 Restwarmte

Rondom Achter de Kerken zijn een paar supermarkten aanwezig die mogelijk een klein beetje lage temperatuur restwarmte hebben. Dit is echter niet genoeg voor het hele projectgebied en niet geschikt als bron voor het hele warmtenet. Verder is onze inschatting dat op de bedrijventerreinen Bovenkamp en Hollandse Kade geen bedrijven zijn die restwarmte produceren.

⁸ CE Delft (januari 2023). Buurtwarmte Achter de Kerken.

4 Energieconcepten

In het vorige hoofdstuk is inzichtelijk gemaakt welke omgevingsbronnen en technieken er beschikbaar zijn in het projectgebied. Het gaat daarbij om zowel individuele als collectieve oplossingen. In dit hoofdstuk beschrijven we hoe de beschikbare omgevingsbronnen toegepast kunnen worden in een energieconcept. Een energieconcept beschrijft welke technieken worden toegepast en hoe het systeem voor warmtelevering er uiteindelijk uit komt te zien. We kiezen op basis van beoordelingscriteria in overleg met de projectgroep de energieconcepten die in de volgende hoofdstukken verder worden uitgewerkt. Het gaat hierbij om minimaal één energieconcept met een individuele oplossing en minimaal één energieconcept met een collectieve oplossing. In het vervolg wordt eerst het individuele energieconcept besproken en daarna het collectieve concept.

4.1 INDIVIDUEEL ENERGIECONCEPT

De volgende individuele oplossingen zijn geschikt voor Achter de Kerken, zie hoofdstuk 3 voor een toelichting:

- hybride warmtepomp;
- **individueel lucht-/waterwarmtepomp;**
- individueel lucht-/luchtwarmtepomp;
- individueel ventilatiewarmtepomp(boiler);
- individueel bodemwarmtewisselaar water-/waterwarmtepomp;
- PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp.

Deze oplossingen zijn in verschillende mate in staat om het projectgebied aardgasvrij te verwarmen.

In overleg met de projectgroep is besloten om de optie van een individuele lucht-/waterwarmtepomp verder uit te werken in het vervolg. Deze wordt gebruikt ter vergelijking met de collectieve opties. Deze optie is gekozen omdat het een volledig aardgasvrij optie is en door woningcorporatie Casas Wonen onder andere wordt toegepast bij de verduurzaming van hun woningen. Dat wil niet zeggen dat deze optie het beste individuele alternatief is voor alle woningen in Achter de Kerken. Afhankelijk van specifieke eigenschappen van woningen en wensen van bewoners kunnen andere technieken de voorkeur hebben. In het algemeen is wel te zeggen dat lucht-/waterwarmtepompen en hybride warmtepompen de meest toegepaste individuele technieken zijn. Daarbij is het zo dat lucht-/waterwarmtepompen een woning aardgasvrij van warmte voorzien en een hybride warmtepomp nog voor een deel gas gebruikt.

4.2 COLLECTIEF ENERGIECONCEPT

Uit de inventarisatie van hoofdstuk 3 blijkt dat de volgende drie omgevingsbronnen geschikt zijn voor Achter de Kerken:

- Lucht: collectieve lucht-/waterwarmtepomp;
- Oppervlaktewater i.c.m. bodem: WKO met TEO;
- Lucht i.c.m. bodem: WKO met droge koelers.

Om tot een goede keuze te komen worden in de komende paragrafen de volgende onderwerpen besproken.

Collectieve technische ruimte

Bij de toepassing van collectieve oplossingen is er ruimte nodig voor een collectieve technische ruimte. De locatie van de technische ruimte heeft invloed op hoe geschikt of gewenst een bepaalde omgevingsbron is. Zo bepaald bij een TEO-systeem de afstand van de technische ruimte naar het water namelijk voor een deel de kosten. Verder is de locatie van invloed op de mogelijke geluids-overlast van een collectieve lucht-/waterwarmtepomp. Daarom wordt in paragraaf 4.2.1 de mogelijke locatie van een technische ruimte besproken.

Type warmtenet

Van de technische ruimte wordt de geproduceerde warmte via een warmtenet naar de woningen vervoerd. Er zijn meerdere type warmtenetten die hiervoor gebruikt kunnen worden, zoals besproken in paragraaf 3.2.1. De keuze voor een bepaald type warmtenet is onderdeel van het energieconcept en wordt besproken in paragraaf 4.2.2.

Type tapwatervoorziening bij een LT-warmtenet

De warmte die wordt geleverd door een LT-warmtenet (ongeveer 50 °C) kan nog niet gebruikt worden voor tapwater. Daarom is er een extra voorziening nodig in de woning die tapwater produceert. Hiervoor zijn meerdere mogelijkheden en de keuze voor een bepaalde voorziening wordt besproken in paragraaf 4.2.3.

Beoordeling omgevingsbronnen

In de paragrafen 4.2.4, 4.2.5 en 4.2.6 wordt de toepassing van de drie bovengenoemde omgevingsbronnen in een energieconcept besproken. De inpassing van de omgevingsbron in het energieconcept wordt toegelicht en ook voor- en nadelen ten opzichte van de andere bronnen worden besproken. In paragraaf 0 worden de drie bronnen op basis van beoordelingscriteria beoordeeld. Elke partij in de projectgroep heeft aangegeven welke beoordelingscriteria zij het belangrijkste vinden.

Keuze omgevingsbron en energieconcepten

Op basis van de beoordeling van de omgevingsbronnen en de belangrijkste criteria van de verschillende partijen heeft de projectgroep gekozen welke energieconcepten er verder wordt uitgewerkt. Dit is toegelicht in paragraaf 4.2.8.

4.2.1 Collectieve technische ruimte

In een collectieve technische ruimte staat techniek die nodig is om warmte te leveren aan de woningen. Het gaat hierbij onder andere om warmtepompen, buffervaten, regelkasten en techniek behorende bij de omgevingsbronnen zoals droge koelers, techniek voor de WKO en techniek voor het TEO-systeem. In Tabel 4.1 staat een schatting van hoe groot een technische ruimte ongeveer moet zijn voor de verschillende omgevingsbronnen. Deze oppervlaktes gelden voor een systeem in het hele projectgebied. Als alleen de buurt Achter de Kerken wordt aangesloten op een collectief systeem dan zullen de technische ruimtes kleiner zijn. In de buitenlucht is ruimte nodig voor het plaatsen van buitenunits van warmtepompen en droge koelers. Deze zuigen buitenlucht aan om warmte uit te halen en kunnen dus niet binnen geplaatst worden. Meestal wordt deze techniek op het dak van een gebouw geplaatst. Het benodigde dakoppervlak kan (deels) gerealiseerd worden boven op de technische ruimte zelf.

Tabel 4.1 | Een eerste inschatting van hoe groot een technische ruimte wordt bij verschillende omgevingsbronnen. Deze inschatting geldt voor het hele projectgebied en niet alleen Achter de Kerken. TR = technische ruimte, DK = droge koelers.

Omgevingsbron	Opp. TR (m ²)	Dakoppervlak (m ²)	Plafondhoogte (m)
Coll. LW-WP	45	70	2,5
WKO met TEO	85	0	2,5
WKO met DK	85	150-200	2,5

Op basis van bovenstaande oppervlaktes is er nagedacht over mogelijke locaties voor de technische ruimtes. Er is een gesprek gevoerd met de Piet Mondriaan school of er mogelijkheden zijn om daar de technische ruimte te plaatsen. De school gaf echter aan dat er geen ruimte beschikbaar is en dat het bijbouwen van ruimte erg duur is. Ze zijn wel geïnteresseerd om mogelijk aan te sluiten op het warmtenet dat wordt aangelegd.

De gemeente heeft gekeken waar er mogelijkheden zijn in de omgeving en zij kwamen met de locatie weergegeven in Figuur 4.1. De stedenbouwkundige van de gemeente heeft aangegeven dat op dit moment dit de enige optie is die mogelijk is. We gaan er daarom in het vervolg van uit dat de technische ruimte op deze locatie wordt gerealiseerd. Dat betekent niet dat dit ook definitief besloten is. De locatie ligt nog niet definitief vast en kan in de toekomst mogelijk nog wijzigen maar in dit onderzoek werken we wel verder met de aangegeven locatie.

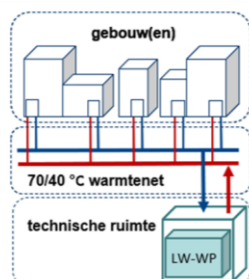


Figuur 4.1 | Mogelijke locatie voor de collectieve technische ruimte gelegen naast de gemeentewerf. Weergegeven met het blauwe vierkant in de figuren.

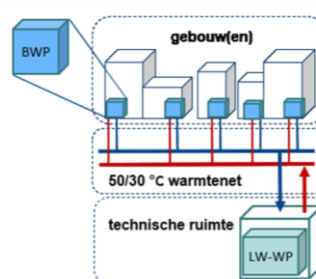
4.2.2 Type warmtenet

Er zijn twee type warmtenetten geschikt voor het projectgebied: een LT-warmtenet en een MT-warmtenet. Zie Figuur 4.2 voor principeschema's voor beide netten in combinatie met een collectieve lucht-/waterwarmtepomp. De temperatuur van de warmte in het warmtenet verschilt en daarnaast is er bij een LT-warmtenet nog extra techniek in elke woning nodig. Dit kan een boosterwarmtepomp zijn zoals weergegeven in het figuur maar ook een andere oplossing voor tapwater zoals een ventilatiewarmtepompboiler of elektrische boiler. Beide netten hebben elk hun eigen voor- en nadelen.

MT-warmtenet (coll. LW-WP)



LT-warmtenet met BWP (LW-WP)



Figuur 4.2 | Principeschema voor een MT-warmtenet (links) en een LT-warmtenet (rechts) in combinatie met een collectieve lucht-/waterwarmtepomp.

Voordelen LT-warmtenet

- Minder distributieverlies dus een lager elektriciteitsverbruik. Rond de 5-10% besparing ten opzichte van een MT-warmtenet.
- Warmtepompen zijn efficiënter dus een lager elektriciteitsverbruik. De elektriciteitsbesparing is rond de 10-25% ten opzichte van een MT-warmtenet.

Voordelen MT-warmtenet

- Er is minder techniek in de woningen nodig wat ruimte en geld scheelt ten opzichte van een LT-warmtenet.
 - Een boosterwarmtepomp voor tapwater kost ongeveer € 3.000 - € 7.000 maar er is ook ongeveer € 500 - € 2.500 subsidie beschikbaar voor sommige technieken. Een elektrische boiler is goedkoper en kost rond de € 1.000.
 - Een extra tapwatervoorziening inclusief boilervat heeft het formaat van een grote koelkast.
- Er zit amper techniek achter de voordeur waar de warmteleverancier verantwoordelijk voor is. Dit vinden warmteleveranciers prettig in verband met onderhoud en hun verantwoordelijkheid.
- Woningen hoeven minder geïsoleerd te worden om verwarmd te kunnen worden met MT-warmte ten opzichte van LT-warmte. Daarom is de drempel voor minder goed geïsoleerde woningen lager om aan te sluiten op het warmtenet.

Keuze type warmtenet

Er is voor gekozen om beide type warmtenetten verder uit te werken aangezien de meningen over het meest geschikte type warmtenet verschilden. In het vervolg wordt dus zowel de optie van een LT-warmtenet als een MT-warmtenet uitgewerkt.

4.2.3

Type tapwatervoorziening bij een LT-warmtenet

Er zijn meerdere opties mogelijk voor tapwaterproductie in de woning zoals in de vorige paragraaf besproken. Hieronder bespreken we de boosterwarmtepomp en een elektrische boiler. Beide hebben voor- en nadelen.

Voordelen boosterwarmtepomp

- De boosterwarmtepomp produceert efficiënter warmte dan de elektrische boiler. Het elektraverbruik voor tapwaterproductie ligt rond de 5-10% lager dan een elektrische boiler. Tapwater is rond de 20% van de totale warmtevraag dus voor het hele systeem ligt de elektraproductie 1-2% lager.

Voordelen elektrische boiler

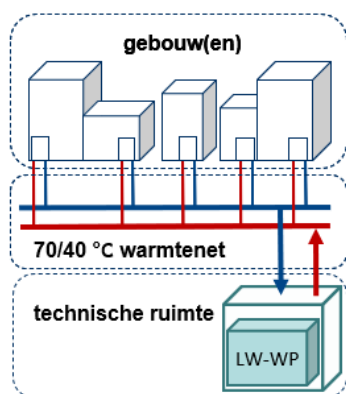
- De elektrische boiler is goedkoper dan de boosterwarmtepomp. Een elektrische boiler kost ongeveer € 1.000 inclusief installatie en een boosterwarmtepomp rond de € 3.000 - € 7.000 maar daar gaat nog zo'n € 500 - € 2.000 subsidie vanaf.

Keuze tapwatervoorziening

Er is voor gekozen om beide voorzieningen uit te werken. Hiermee kan het verschil tussen beide opties inzichtelijk gemaakt worden.

4.2.4 Collectieve lucht-/waterwarmtepomp

In Figuur 4.3 is het prinsipeschema weergegeven met een collectieve lucht-/waterwarmtepomp als energieconcept. Ter illustratie is een MT-warmtenet toegepast in het prinsipeschema maar dat kan ook een LT-warmtenet zijn. De warmtepomp gebruikt de buitenlucht om warmte van 70 °C te produceren wat via het warmtenet naar de woningen wordt getransporteerd. De warmtepomp zou in de technische ruimte geplaatst worden op de locatie zoals besproken in paragraaf 4.2.1.



Figuur 4.3 | Prinsipeschema met collectieve lucht-/waterwarmtepomp als omgevingsbron.

Deze optie heeft verschillende voor- en nadelen ten opzichte van de andere twee omgevingsbronnen.

Voordelen

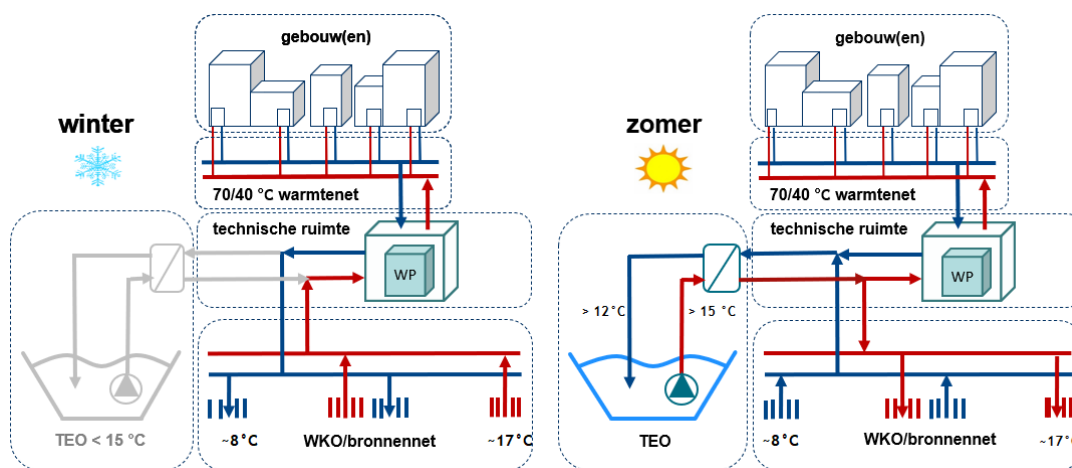
- Deze optie is waarschijnlijk het goedkoopste van de drie.
- Er is geen WKO of TEO nodig waardoor er minder gegraven hoeft te worden en er minder leidingen aangelegd hoeven te worden. Dit maakt het concept minder complex en makkelijker inpasbaar in de drukke ondergrond met kabels en leidingen.

Nadelen

- De lucht-/waterwarmtepomp maakt geluid wat overlast kan geven voor de omgeving. Echter lijkt de bedachte locatie van de warmtepomp deze overlast te minimaliseren. Een aandachtspunt is nog wel de nabijgelegen begraafplaats.
- De lucht-/waterwarmtepomp gebruikt mogelijk meer elektriciteit dan de andere twee omgevingsbronnen. Het gaat om ongeveer 0-20% meer.
- De lucht-/waterwarmtepomp heeft een grotere elektriciteitsaansluiting nodig dan de andere twee opties. De benodigde aansluiting is zo'n 10-40% groter.

4.2.5 WKO met TEO

In Figuur 4.4 is het prinsipeschema met WKO en TEO weergegeven. Ter illustratie is een MT-warmtenet toegepast in het prinsipeschema maar dat kan ook een LT-warmtenet zijn. In de zomer wordt er warmte uit het oppervlaktewater gehaald. Een deel wordt gebruikt om direct warmte te leveren aan de woningen en een deel wordt opgeslagen in het WKO-systeem. In de winter wordt de warmte uit dit WKO-systeem gehaald en geleverd aan de woningen. Om de temperatuur van de warmte te verhogen naar 70 °C wordt een warmtepomp gebruik, zowel in de zomer als in de winter.



Figuur 4.4 | Prinsipeschema met WKO en TEO.

In Figuur 4.5 staat een schetsontwerp van het energieconcept met WKO- en een TEO-systeem. Voor het hele projectgebied is een TEO-systeem nodig van ongeveer 100-120 m³/uur en een WKO-systeem van ongeveer 80 m³/uur. Met de in- en uitlaat van het TEO-systeem zo ver uit elkaar is de potentie van het water meer dan genoeg om te voldoen aan de vraag. Het is zelfs mogelijk om meer woningen aan te sluiten dan zich in het projectgebied bevinden.



Figuur 4.5 | Schetsontwerp van energieconcept met TEO-systeem. In het roze worden de leidingen van het TEO-systeem weergegeven en het blauwe vierkant is de technische ruimte.

Deze optie heeft verschillende voor- en nadelen ten opzichte van de andere twee omgevingsbronnen.

Voordelen

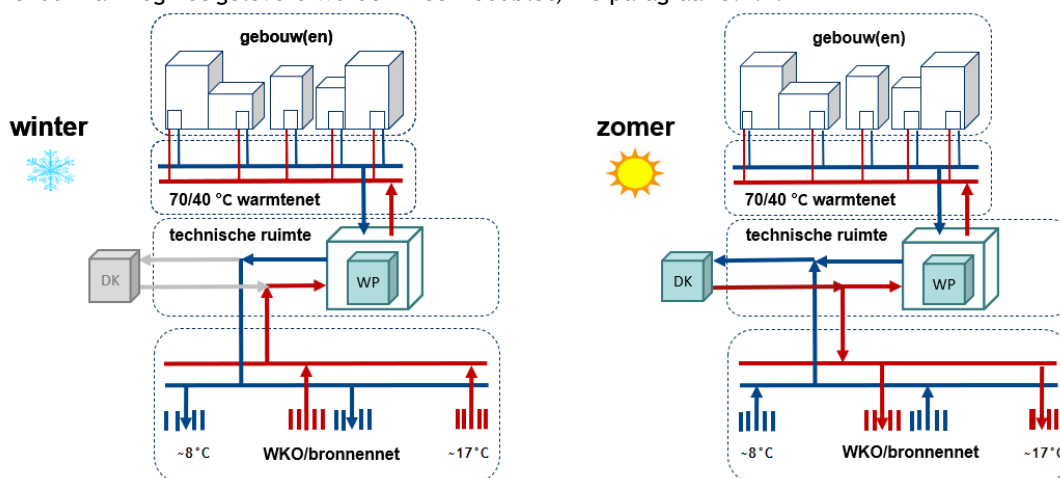
- Geen geluidsoverlast voor de omgeving.
- Het laagste elektriciteitsverbruik van de drie opties.

Nadelen

- Er is ruimte nodig voor de in- en uitlaat van het TEO-systeem.
- Deze optie is waarschijnlijk het duurste vanwege de lange leidingen die nodig zijn en de relatief kleine schaal van het TEO-systeem.

4.2.6 WKO met droge koelers

In Figuur 4.6 is het prinsipeschema van het energieconcept met WKO en droge koelers weergegeven. Ter illustratie is een MT-warmtenet toegepast in het prinsipeschema maar dat kan ook een LT-warmtenet zijn. Het energieconcept werkt hetzelfde als het vorige concept met WKO en TEO. In plaats van een TEO-systeem wordt er echter gebruik gemaakt van droge koelers als bron van warmte. Droge koelers werken minder uur per jaar dan een TEO-systeem. Hierdoor is een groter WKO-systeem nodig om in kortere tijd genoeg warmte op te slaan die nodig is in de winter. Er is een WKO-systeem nodig van ongeveer 250 m³/uur voor het hele projectgebied en 160 m³/uur voor Achter de Kerken. 250 m³/uur kan nog net geleverd worden met 1 doublet, zie paragraaf 3.2.2.



Figuur 4.6 | Prinsipeschema met WKO en droge koelers.

Deze optie heeft verschillende voor- en nadelen ten opzichte van de andere twee omgevingsbronnen.

Voor- en nadelen

- Deze optie zit qua elektriciteitsgebruik tussen de andere twee opties in.
- Deze optie zit qua kosten waarschijnlijk tussen de andere twee opties in.

Nadelen

- Er is de meeste ruimte nodig voor een technische ruimte met deze optie, ongeveer 150-200 m².

4.2.7 Beoordeling omgevingsbronnen

De volgende criteria zijn gebruikt om de omgevingsbronnen met elkaar te vergelijken, zie Bijlage 6 voor een uitgebreidere beschrijving van de criteria:

- 1 potentie (alleen bij collectieve bronnen);
- 2 duurzaamheid in de vorm van CO₂ uitstoot;
- 3 inpasbaarheid in de openbare ruimte;
- 4 ruimtelijke impact in/rondom de gebouwen;
- 5 betrouwbaarheid en comfort van de techniek;
- 6 toekomstbestendigheid;
- 7 faseerbaarheid;
- 8 akoestiek en visueel;
- 9 betaalbaarheid (financieel);
- 10 juridisch en beleidsmatig.

Per partij van de projectgroep is aangegeven welke drie criteria zij het belangrijkste vinden:

- **De Gemeente Ronde Venen**
 - betaalbaarheid;
 - schaalbaarheid (deze staat niet in bovenstaande lijst met criteria);
 - duurzaamheid.
- **Woningcorporatie Cazas Wonen**
 - betaalbaarheid;
 - schaalbaarheid (deze staat niet in bovenstaande lijst met criteria);
 - duurzaamheid.
- **Bewoners (zowel huurders als particulieren bezitters)**
 - ruimtelijke inpassing;
 - betaalbaarheid;
 - energieonafhankelijkheid (deze staat niet in bovenstaande lijst met criteria).

In Tabel 4.2 zijn de beoordelingen van de drie collectieve omgevingsbronnen en de individuele lucht-/waterwarmtepomp weergegeven. De score voor ruimtelijke inpassing hangt af van de keuze tussen een MT- of LT-warmtenet. De keuze tussen de drie omgevingsbronnen heeft daar geen invloed op.

Betaalbaarheid en duurzaamheid

Voor alle drie de partijen is betaalbaarheid een belangrijk criteria. In de tabel is te zien dat van de collectieve opties de lucht-/waterwarmtepomp waarschijnlijk het goedkoopste is en WKO met TEO het duurste. Duurzaamheid is ook een belangrijk criteria en daar is de score juist andersom, WKO met TEO is het duurzaamst en de collectieve lucht-/waterwarmtepomp het minste.

Schaalbaarheid

Het criteria schaalbaarheid kan op twee manieren worden geïnterpreteerd: het opschalen van een klein collectief systeem naar een groot systeem of een bepaald type collectief systeem op makkelijk meerdere plaatsen toepassen. Wat betreft de eerste interpretatie scoort WKO met TEO het beste. Als er een geschikt oppervlaktewater aanwezig dan kan het systeem goed opgeschaald worden zodat veel meer woningen duurzaam verwarmd kunnen worden. De woningen moeten dan wel dicht bij elkaar liggen. Wat betreft de tweede interpretatie scoort de collectieve lucht-/waterwarmtepomp het beste. Voor deze techniek is geen specifieke vereiste aan de omgeving behalve dat er genoeg ruimte is voor het plaatsen van de warmtepomp. Dit houdt in dat dit systeem relatief makkelijk op andere plekken in de gemeente toegepast kan worden.

Energieonafhankelijkheid

Onze interpretatie van het criteria energieonafhankelijkheid is dat er zo weinig mogelijk energie van buitenaf gebruikt hoeft te worden in het totale energiesysteem. Het gaat hierbij om energie in de vorm van gas en elektriciteit. Wat betreft het warmtesysteem zijn hiervoor twee aspecten van belang: het elektriciteitsverbruik en de benodigde grootte van de elektriciteitsaansluiting. Hoe kleiner beide aspecten namelijk zijn hoe makkelijker is het om in de toekomst energieonafhankelijk te worden voor het warmtesysteem. Om dit te bereiken kan gedacht worden aan zonnepanelen, windmolens en een elektrische buurtbatterij. Het elektriciteitsverbruik wordt aangegeven met het criteria duurzaamheid in de tabel. Wat betreft de grootte van de elektriciteitsaansluiting geldt dat de collectieve lucht-/waterwarmtepomp de grootste aansluiting nodig heeft en WKO met TEO de kleinste.

Tabel 4.2 | Beoordelingscriteria van de drie collectieve omgevingsbronnen en de individuele lucht-/waterwarmtepomp.

Criteria	TEO + WKO		Collectief lucht-/waterwarmtepomp		droge koelers + WKO		Individueel lucht-/waterwarmtepomp	
	Bcoördeling	Toelichting	Bcoördeling	Toelichting	Bcoördeling	Toelichting	Bcoördeling	Toelichting
Potentie en technische haalbaarheid	5	Het TEO systeem lijkt toereikend genoeg voor de woningen van het project maar het is geen zekerheid.	5	Door het plaatsen van genoeg warmtepompen kan aan alle warmtevraag voldaan worden.	4	Er is ruimte nodig voor het plaatsen van genoeg droge koelers om aan de warmtevraag te voldoen. Één WKO lijkt genoeg om warmte te laden in de zomer.	5	Als de warmtepomp groot genoeg gekozen wordt is de potentie groot genoeg.
Duurzaamheid	3,5	Door de opslag van warmte in de bodem, draait de warmtepomp met een hoog rendement in de winterperiode.	2,5	De SPF is van alle collectieve varianten het laagste. Dit met als reden dat de buitenlucht als energiebron wordt gebruikt.	3	Door de opslag van warmte in de bodem, draait de warmtepomp met een hoog rendement in de winterperiode. Droge koelers als regeneratie is minder efficiënt dan TEO.	3	Tapwater wordt met relatief hoge SPF geproduceerd. De SPF voor ruimteverwarming en koeling ligt lager.
Inpasbaarheid	3	Het TEO systeem neemt niet veel ruimte in maar er moet wel een leiding van het TEO systeem naar technische ruimte.	3	De bron moet dicht bij de afnemers geplaatst worden, daarmee is de impact op de openbare ruimte groter dan andere alternatieven.	3	De droge koelers moeten in de buurt van de technische ruimte en WKO bron geplaatst worden.	5	In de openbare ruimte wordt geen techniek geplaatst.
Ruimtelijke impact	3-5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset bij MT warmte en een extra installatie voor tapwater bij LT warmte.	3-5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset bij MT warmte en een extra installatie voor tapwater bij LT warmte.	3-5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset bij MT warmte en een extra installatie voor tapwater bij LT warmte.	1	In de woning wordt de WP geplaatst ter grootte van een koelkast. Buiten de woning hangt de buitenunit die gekoppeld is aan de WP.
Betrouwbaarheid	3	Betrouwbare techniek, maar nog in mindere mate toegepast.	4	Betrouwbare techniek, maar nog in mindere mate op collectieve schaal toegepast.	5	Veel gebruikte techniek maar doorgaans niet in de bestaande woningbouw.	5	De techniek is in voldoende mate getest op de bestaande bouw en wordt op grote schaal toegepast in Nederland.
Toekomstbestendigheid	5	De oppervlaktewateren blijven in de toekomst beschikbaar.	5	Een lucht-/waterwarmtepomp kan in de toekomst gebruikt blijven worden.	5	Droge koelers + WKO kunnen in de toekomst gebruikt blijven worden.	5	Een lucht-/waterwarmtepomp kan in de toekomst gebruikt blijven worden.
Faseerbaarheid	2	De TEO en WKO moeten in één keer gerealiseerd worden. Het warmtenet moet daarnaast ook zo snel mogelijk gerealiseerd worden.	2	De collectieve lucht-/waterwarmtepomp moet in één keer gerealiseerd worden. Het warmtenet moet daarnaast ook zo snel mogelijk gerealiseerd worden.	2	De droge koelers en WKO moeten in één keer gerealiseerd worden. Het warmtenet moet daarnaast ook zo snel mogelijk gerealiseerd worden.	4	Elke woningeigenaar kan zelfstandig bepalen wanneer hij de overstap wil maken. Daarbij moet mogelijk wel eerst een aanpassing aan het elektriciteitsnet gedaan worden.
Akoestiek & visueel	4	Techniek minimaal te zien of te horen.	4	De collectieve lucht-/waterwarmtepompen zijn zichtbaar en produceren geluid.	4	De droge koelers zijn zichtbaar, maar produceren minder geluid dan de collectieve lucht-/water WP	2	De buitenunit is zichtbaar en produceert geluid.
Betaalbaarheid (financieel)	3	TEO is een relatief goed betaalbare techniek maar de kleine schaal in dit project verhoogd de kosten.	4	Collectieve systemen profiteren van schaalvoordelen. Of een collectief systeem financieel gunstiger is dan losse systemen moet nader onderzocht worden in een haalbaarheidsstudie.	3,5	WKO-systemen gekoppeld aan droge koelers verhogen de kosten voor de WKO. De kosten voor droge koelers zijn daarbij echter niet heel hoog.	4	Investeringskosten liggen laag, maar de operationele kosten zijn hoger.
Juridisch en beleidsmatig	3	Er moet voor WKO en TEO een vergunning aangevraagd worden.	5	Hiervoor zijn geen juridische of beleidsmatige belemmeringen.	4	Voor WKO is een vergunning nodig.	5	Geen juridische of beleidsmatige belemmeringen

4.2.8 Keuze omgevingsbron

Na het zien van de tabel met beoordelingen heeft de projectgroep besproken welke omgevingsbron ze verder willen uitwerken. Daaruit kwam naar voren dat WKO met droge koelers door de meeste mensen als beste optie wordt gezien. Dit wordt gezien als een goede middenweg voor de criteria betaalbaarheid en duurzaamheid. Daarom is ervoor gekozen om die optie in het vervolg verder uit te werken.

Na het financieel uitwerken van dit concept bleek echter dat deze optie relatief duur is. Een belangrijke reden is dat er geen SDE++ subsidie beschikbaar is voor het concept met droge koelers. Daarom is ervoor gekozen om ook de collectieve lucht-/waterwarmtepomp verder uit te werken. Er is wel SDE++ subsidie beschikbaar voor deze categorie.

4.3 KEUZE ENERGIECONCEPT

Samenvattend zijn uiteindelijk de volgende drie energieconcepten gekozen om verder uit te werken:

- Individueel energieconcept: de lucht-/waterwarmtepomp.
- Collectief concept: WKO met droge koelers en een MT-warmtenet of LT-warmtenet.
- Collectief concept: Collectieve lucht-/waterwarmtepomp met een MT-warmtenet of LT-warmtenet.

In de volgende hoofdstukken zullen deze concepten technisch en financieel verder worden uitgewerkt. Op basis van de uitwerking worden ze onderling vergeleken en worden ook de effecten voor de bewoners van beide opties inzichtelijk gemaakt.

5 Technische verdieping

In dit hoofdstuk worden de gekozen energieconcepten verder uitgewerkt. Tabel 5.1 geeft een overzicht van alle collectieve energieconcepten en alle verschillende varianten. Naast verschillen in warmtebron, variëren de varianten ook in het type warmtenet, type tapwatervoorziening bij een LT-warmtenet en de woningen die worden aangesloten op het warmtenet. De uitwerking in dit hoofdstuk focust vooral op de collectieve concepten.

Tabel 5.1 | Overzicht van collectieve oplossingen die verder worden uitgewerkt. DK = droge koelers, LW = collectieve lucht-/waterwarmtepomp, MT = midden temperatuur (70 °C), LT = lage temperatuur (50 °C), BWP = boosterwarmtepomp, EB = elektrische boiler, Prj = projectgebied en AdK = Achter de Kerken.

Variant	Warmtebron	Type warmtenet	Type tapwatervoorziening	Gebied
DK-MT-Prj	WKO met droge koelers	MT-warmtenet	n.v.t.	Projectgebied
DK-MT-AdK	WKO met droge koelers	MT-warmtenet	n.v.t.	Achter de Kerken
DK-LT-BWP-Prj	WKO met droge koelers	LT-warmtent	Boosterwarmtepomp	Projectgebied
DK-LT-EB-Prj	WKO met droge koelers	LT-warmtent	Elektrische boiler	Projectgebied
DK-LT-BWP-AdK	WKO met droge koelers	LT-warmtent	Boosterwarmtepomp	Achter de Kerken
DK-LT-EB-AdK	WKO met droge koelers	LT-warmtent	Elektrische boiler	Achter de Kerken
LW-MT-Prj	Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	MT-warmtenet	n.v.t.	Projectgebied
LW-MT-AdK	Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	MT-warmtenet	n.v.t.	Achter de Kerken
LW-LT-BWP-Prj	Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	MT-warmtenet	Boosterwarmtepomp	Projectgebied
LW-LT-EB-Prj	Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	MT-warmtenet	Elektrische boiler	Projectgebied
LW-LT-BWP-AdK	Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	MT-warmtenet	Boosterwarmtepomp	Achter de Kerken
LW-LT-EB-AdK	Collectieve lucht-/waterwarmtepomp	MT-warmtenet	Elektrische boiler	Achter de Kerken

De technische uitwerking dient voor nu als basis voor verdere berekeningen, maar moet in een later stadium nog geoptimaliseerd en in meer detail uitgewerkt worden. Samen met de randvoorwaarden binnen een project bepaalt het concept voor een groot deel de financiële, technische en juridische haalbaarheid.

In onderstaande paragrafen worden eerst de varianten met WKO en droge koelers uitgewerkt, daarna volgen de varianten met de collectieve lucht-/waterwarmtepomp. De paragraaf eindigt met een korte technische verdieping van de individuele lucht-/waterwarmtepomp.

5.1 WKO MET DROGE KOELERS

In paragraaf 4.2.6 is de werking van het energieconcept met WKO en droge koelers toegelicht. In paragraaf 4.2.1 is beschreven waar de technische ruimte komt en hoe groot die ongeveer moet zijn.

5.1.1 Warmteproductie, warmtepompen en piekvoorziening

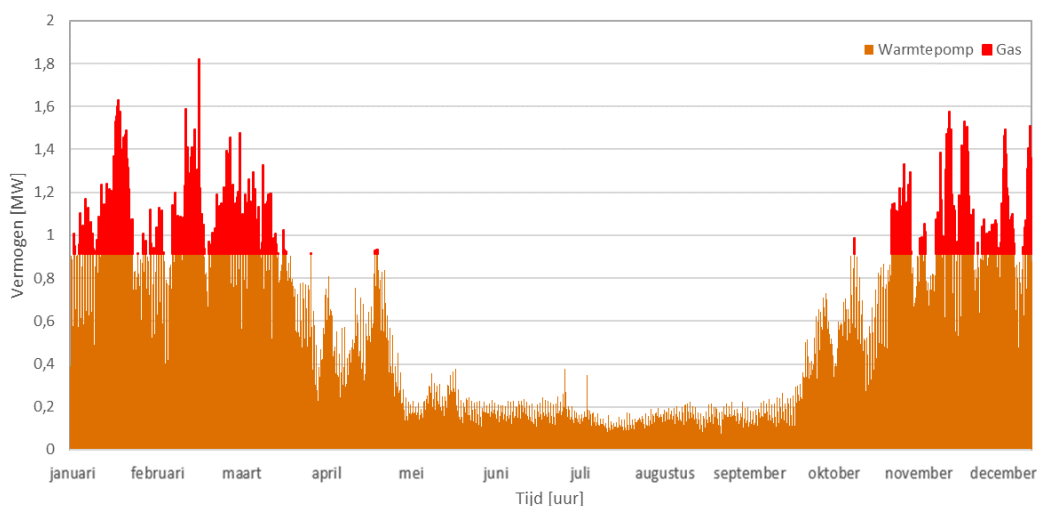
Het dimensioneren van een energieconcept begint bij de warmtevraag van de gebouwen na verduurzaming, zie paragraaf 2.3.2. Naast de warmtevraag vanuit de gebouwen moet ook rekening worden gehouden met het warmteverlies in het warmtenet. De hoeveelheid warmteverlies hangt af van het type warmtenet. Het warmteverlies bij een MT-warmtenet is hoger dan bij een LT-warmtenet. In Tabel 5.2 staan de warmtevraag, warmteverlies en warmteproductie voor het hele projectgebied en alleen Achter de Kerken. Dit zijn de getallen voor alle gebouwen in die gebieden. Aangezien niet alle

gebouwen aan zullen sluiten op het warmtenet zal de benodigde warmteproductie na de realisatie lager liggen.

Tabel 5.2 | Warmtevraag, warmteverlies en warmteproductie.

Gebied	Type warmtenet	Warmtevraag	Warmteverlies warmtenet	Warmteproductie
Projectgebied	MT	10.300 GJ/jaar	20%	12.900 GJ/jaar
Achter de Kerken	MT	6.400 GJ/jaar	20%	8.000 GJ/jaar
Projectgebied	LT	10.300 GJ/jaar	13%	11.900 GJ/jaar
Achter de Kerken	LT	6.400 GJ/jaar	13%	7.400 GJ/jaar

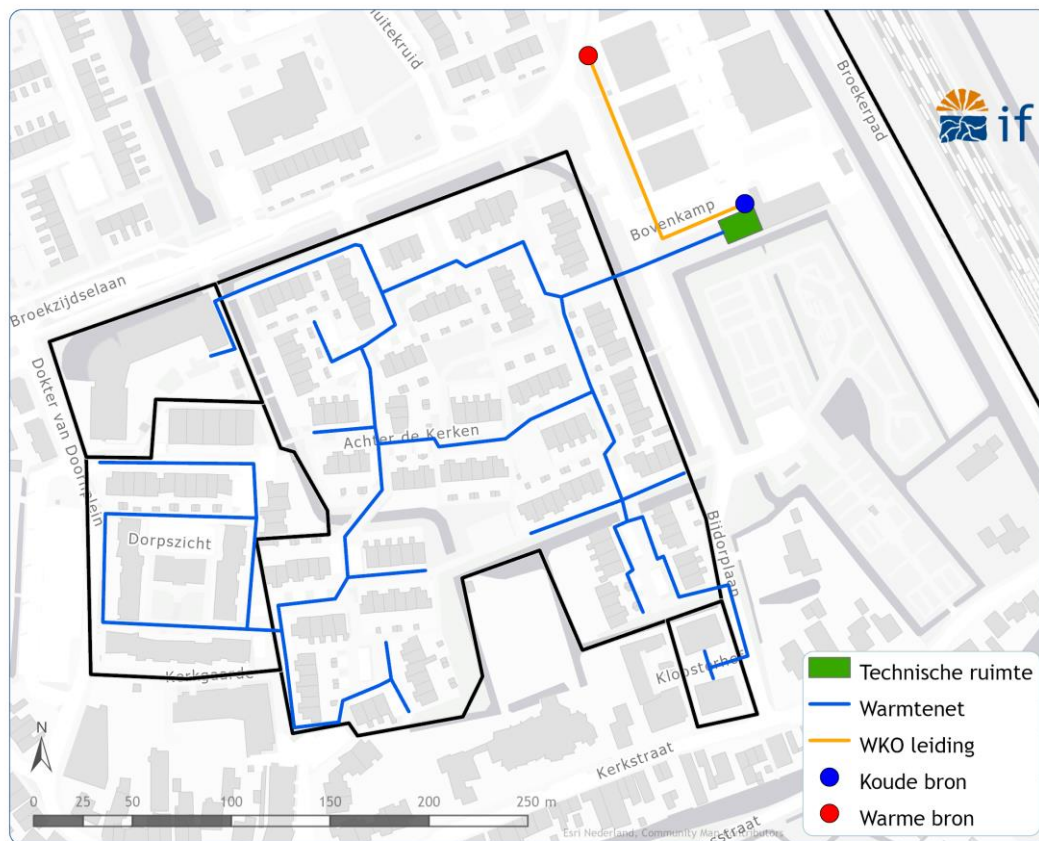
Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat de warmtepompen 50% van het vermogen leveren en de resterende 50% door een piekvoorziening wordt geleverd. Voor het hele projectgebied betekent dit warmtepompen van ongeveer 900 kW en een piekvoorziening van 900 kW. Voor alleen Achter de Kerken gaat het om ongeveer 600 kW aan warmtepompen en 600 kW aan piekvoorziening. Een piekvoorziening van 50% van het vermogen komt neer op een warmtelevering van 95% door warmtepompen en 5% door piekvoorziening. De piekvoorzieningen bestaan uit gasketels. Door gebruik te maken van gasketels als piekvoorziening in plaats van elektrische ketels wordt een grotere belasting van het elektriciteitsnet en netcongestie voorkomen. Daarentegen wordt er nog wel een grote besparing aan gasverbruik bereikt met dit scenario. De warmteproductie over de tijd is weergegeven in Figuur 5.1. De warmteproductie is gebaseerd op een geanonimiseerd profiel van een vergelijkbaar warmtenet in Nederland. Het profiel geldt voor het hele projectgebied maar het profiel van Achter de Kerken ziet er vergelijkbaar uit maar met een minder hoge vraag.



Figuur 5.1 | Warmteproductieprofiel voor het gehele projectgebied. Het profiel voor alleen Achter de Kerken ziet er vergelijkbaar uit maar met een minder hoge vraag. Dit is de warmteproductie door de gasketel of warmtepompen.

5.1.2 Schetsontwerp

Om een beeld te krijgen bij de verschillende onderdelen van het concept en om de mogelijke inpassingen te visualiseren is een schetsontwerp gemaakt in Figuur 5.2. Het schetsontwerp is gemaakt voor hele projectgebied. Het ontwerp voor Achter de Kerken is heel vergelijkbaar maar met een kleiner warmtenet. Het betreft een eerste schets ter indicatie. Tabel 5.3 geeft informatie over de geraamde lengtes van de verschillende leidingen.



Figuur 5.2 | Schetsontwerp van het energieconcept met WKO en droge koeler voor het hele projectgebied. Het figuur is slechts een voorbeeld van het systeem (haalbaarheidsniveau) en betreft geen ontwerp. In de engineeringfase wordt nadrukkelijker naar inpassing van de verschillende onderdelen gekeken.

Tabel 5.3 | Geraamde lengtes leidingen. Er zit geen verschil in de lengtes van de leidingen bij een MT- of LT-warmtenet.

Gebied	Lengte WKO-leiding	Lengte warmtenet zonder huisaansluitingen	Gemiddelde lengte huisaansluiting
Projectgebied	150 m	1.750 m	10 m
Achter de Kerken	130 m	1.200 m	12 m

5.1.3 Elektriciteitsgebruik

Verskillende onderdelen van het collectieve energieconcept gebruiken elektriciteit. Tabel 5.4 geeft een overzicht van de onderdelen en hoeveel elektriciteit ze gebruiken. Hierbij is ook aangegeven wat de Seasonal Performance Factor (SPF) van de verschillende onderdelen is. De SPF geeft aan hoeveel eenheden warmte verplaatst of opgewekt kan worden met één eenheid elektriciteit. De opties met een LT-warmtenet zorgen voor een lager elektriciteitsverbruik. Het elektriciteitsverbruik van opties met elektrische boiler ligt iets hoger dan de opties met boosterwarmtepomp.

Tabel 5.4 | Elektriciteitsverbruik van verschillende onderdelen energieconcept.

	DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT- BWP-Prj	DK-LT- EB-Prj	DK-LT- BWP-AdK	DK-LT- EB-AdK
Warmtepomp						
SPF	3	3	4	4	4	4
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	1.130	700	710	720	440	450
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers						
SPF	-	-	5,8	1	5,8	1
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	-	-	100	100	60	60
WKO						
SPF	40	40	40	40	40	40
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	110	70	100	100	60	60
Droge koelers						
SPF	25	25	25	25	25	25
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	90	60	80	80	50	50
Distributie						
SPF	55	55	55	55	55	55
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	40	30	40	40	20	20
Totaal						
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	1.370	850	1.030	1050	640	650

5.2 COLLECTIEVE LUCHT-/WATERWARMTEPOMP

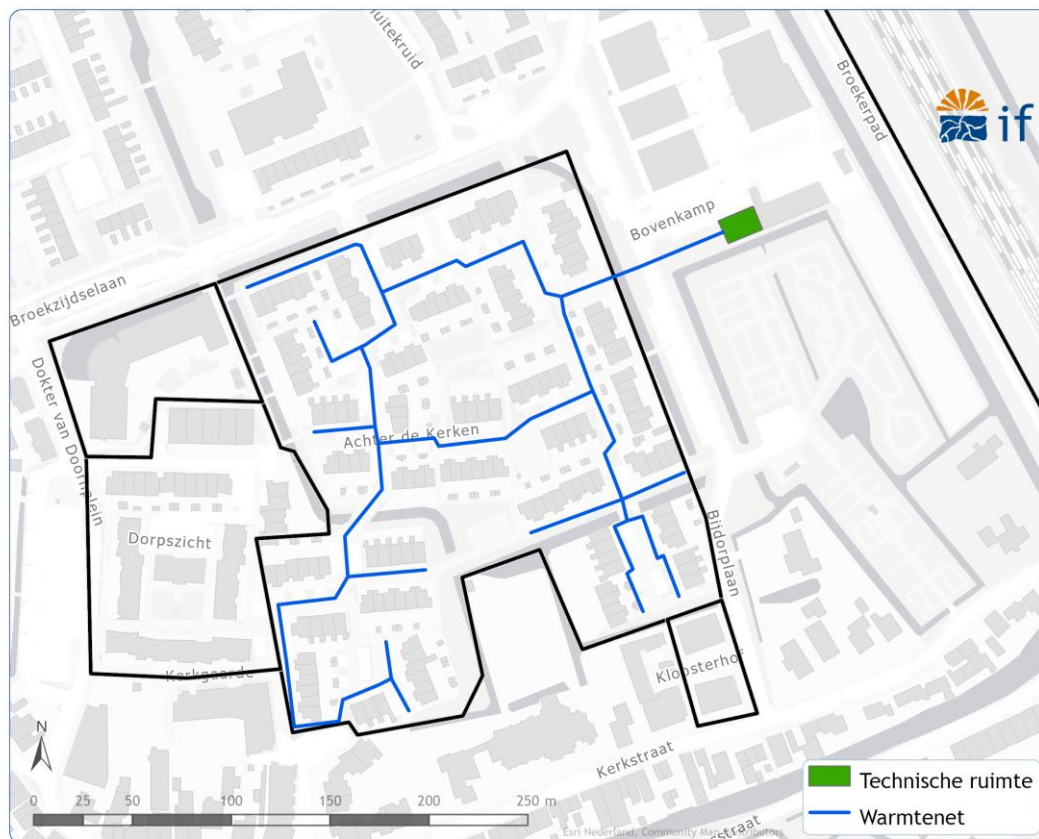
In paragraaf 4.2.4 is de werking van het energieconcept met collectieve lucht-/waterwarmtepompen toegelicht. In paragraaf 4.2.1 is beschreven waar de technische ruimte komt en hoe groot die ongeveer moet zijn.

5.2.1 Warmteproductie, warmtepompen en piekvoorziening

De benodigde warmteproductie en warmteverlies is hetzelfde als bij de optie met WKO en droge koelers, zie paragraaf 5.1.1. Daarnaast hanteren we hetzelfde uitgangspunt dat de warmtepompen 50% van het vermogen leveren en de resterende 50% door een piekvoorziening wordt geleverd. De piekvoorzieningen bestaan uit gasketels.

5.2.2 Schetsontwerp

Om een beeld te krijgen bij de verschillende onderdelen van het concept en om de mogelijke inpassingen te visualiseren is een schetsontwerp gemaakt in Figuur 5.2. Het schetsontwerp is gemaakt voor alleen Achter de Kerken. Het ontwerp voor het hele projectgebied is heel vergelijkbaar maar met een groter warmtenet, zoals geschetst in Figuur 5.2. Het betreft een eerste schets ter indicatie. De lengte van de leidingen van het warmtenet komen overeen met het concept met WKO en droge koelers.



Figuur 5.3 | Schetsontwerp van het energieconcept met collectieve lucht-/waterwarmtepomp voor alleen Achter de Kerken. Het figuur is slechts een voorbeeld van het systeem (haalbaarheidsniveau) en betreft geen ontwerp. In de engineeringfase wordt nadrukkelijker naar inpassing van de verschillende onderdelen gekeken.

5.2.3 Elektriciteitsgebruik

Verskillende onderdelen van het collectieve energieconcept gebruiken elektriciteit. Tabel 5.4 geeft een overzicht van de onderdelen en hoeveel elektriciteit ze gebruiken. Hierbij is ook aangegeven wat de Seasonal Performance Factor (SPF) van de verschillende onderdelen is. Het elektriciteitsverbruik van dit concept is vergelijkbaar met het concept met WKO en droge koelers. De warmtepompen verbruiken meer elektriciteit vanwege een lagere efficiëntie in de winter. Er is echter geen elektriciteit nodig voor andere onderdelen zoals een WKO of droge koelers.

Tabel 5.5 | Elektriciteitsverbruik van verschillende onderdelen energieconcept.

	LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT- BWP-Prj	LW-LT- EB-Prj	LW-LT- BWP-AdK	LW-LT- EB-AdK
Warmtepomp						
SPF	2,5	2,5	3	3	3	3
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	1.360	850	910	930	570	580
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers						
SPF	-	-	5,8	1	5,8	1
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	-	-	100	100	60	60
Distributie						
SPF	55	55	55	55	55	55
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	40	30	40	40	20	220
Totaal						
Elektriciteitsverbruik (MWh _e)	1.400	870	1.050	1.070	650	660

5.3 INDIVIDUELE LUCHT-/WATERWARMTEPOMP

In het vorige hoofdstuk is beschreven dat de individuele lucht-/waterwarmtepomp is gekozen als referentietechniek. De werking van de pomp is beschreven in hoofdstuk 3 en bijlage 4.6.

5.3.1 Elektriciteitsverbruik

Het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp hangt af van de warmtevraag en de SPF van de warmtepomp. In Tabel 5.6 staat deze informatie en het resulterende elektriciteitsverbruik voor een gemiddelde woning in het projectgebied of Achter de Kerken. Woningen met een hogere of lagere warmtevraag zullen een hoger dan wel lager elektriciteitsverbruik hebben. Ook is weergegeven wat het totale elektriciteitsverbruik zou zijn voor het hele gebied. Dit elektriciteitsverbruik ligt lager dan de collectieve opties. Dit komt doordat er geen energieverlies is in het warmtenet, de warmtepompen efficiënt warmte produceren op 50 °C en er geen onderdelen zoals WKO of droge koelers nodig zijn.

Tabel 5.6 | Elektriciteitsverbruik individuele lucht-/waterwarmtepompen.

	Projectgebied	Achter de Kerken
Warmtevraag per woning	39,8 GJ	36,2 GJ
SPF warmtepomp	3,6	3,6
Elektriciteitsverbruik per woning	3,1 MWh _e	2,8 MWh _e
Elektriciteitsverbruik hele gebied	800 MWh _e	500 MWh _e

5.4 GESPREK MET NETBEHEERDER

De verschillende duurzame technieken om de woningen in het projectgebied van warmte te voorzien gebruiken (veel) elektriciteit. Voor de collectieve oplossingen is daarom zelfs een grootverbruikersaansluiting nodig. Vanwege de huidige problemen met netcongestie op het elektriciteitsnet hebben we een gesprek gehad met netbeheerder Stedin. Hierin hebben we de mogelijkheden voor een aansluiting en visie van de netbeheerder besproken. Tijdens het gesprek kwamen de volgende punten naar voren:

- De netbeheerder ziet de voordelen van een collectief systeem ten opzichte van individuele lucht-/waterwarmtepompen voor de netcongestie.

- Het is op dit moment echter niet mogelijk om een grootverbruikersaansluiting te krijgen die nodig is voor een collectief systeem. De verwachting is dat er vanaf 2029 weer ruimte is op het elektriciteitsnet.
- De enige manier om eerder een aansluiting te krijgen is door een aggregaat te plaatsen die met behulp van gas elektriciteit opwekt. Op momenten dat het krap is op het elektriciteitsnet kan het aggregaat dan worden ingezet om stroom op te wekken en zo het net te ontzien. Een voordeel van het plaatsen van dit aggregaat bij het warmtenet is dat de warmte die vrijkomt effectief gebruikt kan worden. Het plaatsen van zo'n aggregaat voegt wel extra complexiteit toe aan het project. Daarnaast wordt het systeem ook minder duurzaam omdat er meer gas gebruikt wordt voor de opwekking van warmte.

Consequenties voor dit project

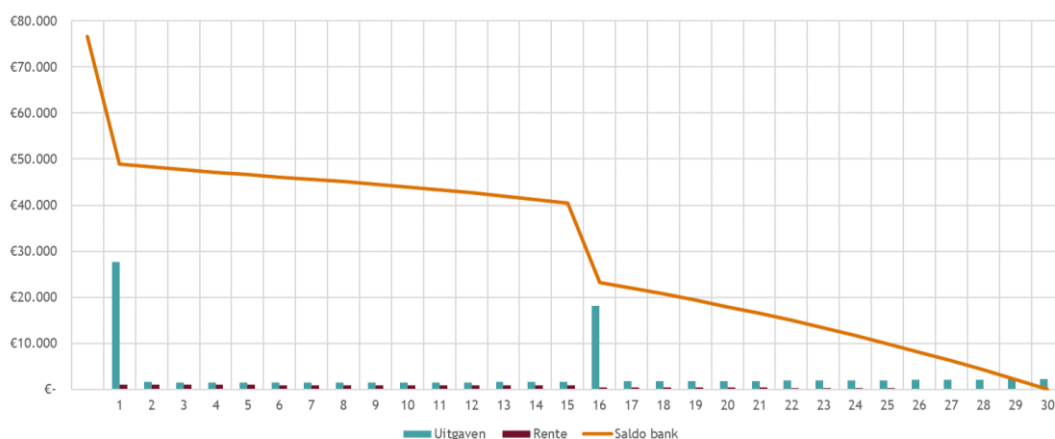
De conclusie van het gesprek was dat de meest reële oplossing voor een collectief systeem in Achter de Kerken is om te wachten tot 2029 met de realisatie van het warmtenet. Dan is er waarschijnlijk weer genoeg ruimte op het elektriciteitsnet en kan het systeem worden aangesloten. Oplossingen met aggregaten zijn te complex voor de schaal van het project. Om een warmtenet in 2029 te kunnen realiseren zijn de komende jaren nodig om het systeem verder uit te werken en de organisatie zoals een energiecoöperatie op te zetten. Ook zonder netcongestie problemen zou de realisatie van een warmtenet waarschijnlijk niet heel veel eerder plaatsvinden dan 2029. De netcongestieproblemen zorgen dus mogelijk voor een paar jaar vertraging maar niet voor langere vertraging.

6 Financiële verdieping

In hoofdstuk 5 zijn de collectieve energieconcepten technisch uitgewerkt, zie Tabel 5.1 voor een overzicht van de collectieve concepten. Gebaseerd op deze uitwerkingen wordt in dit hoofdstuk de Total Cost of Ownership (TCO) voor de bewoners bij de collectieve systemen bepaald. Daarnaast wordt ook de TCO voor de individuele oplossing bepaald zodat de verschillende technieken met elkaar vergeleken kunnen worden. Uit deze vergelijking volgt welke techniek de minste kosten voor de bewoner oplevert. Ook bepalen we de TCO voor verwarmen met een gasketel. Dit geeft inzicht voor de bewoners over hoe de kosten van duurzaam verwarmen zich verhouden tot de huidige situatie.

Methode TCO

De TCO is een manier om de kosten van verschillende technieken voor de bewoners met elkaar te vergelijken. De TCO is het totaalbedrag dat betaald moet worden voor het ontvangen van warmte in de komende 30 jaar. Hierin zijn zowel investeringskosten, onderhoudskosten als kosten voor gas en elektra meegenomen. De berekende waarde van de TCO is één bedrag uitgedrukt in euro's met prijspeil 2024. De betekenis van de TCO is geïllustreerd in Figuur 6.1. De TCO is het bedrag dat aan het begin als "zak geld" nodig is om in de 30 jaar daarna de kosten van warmte te betalen. Na de 30 jaar is er dan precies niets meer over van de "zak geld". In de 30 tussenliggende jaren worden de kosten van warmte betaald, maar wordt er ook rente verkregen van het saldo dat op de bank staat. Het effect van inflatie wordt ook meegenomen in de TCO-berekening. Door voor alle technieken de TCO te berekenen kan vergeleken worden welke methode het goedkoopst is en hoe groot de verschillen in kosten zijn.



Figuur 6.1 | Illustratie van de betekenis van de TCO. Aan het begin wordt een bedrag ter grootte van de TCO op de bank gezet. Elk jaar worden daar de kosten voor warmte van betaald, deze bestaan uit investeringen in jaar 1 en 16 en in alle jaren de kosten voor gas/elektra/onderhoud. Naast de kosten wordt er ook elk jaar rente verdiend op het saldo dat op de bank staat. Na 30 jaar komt het saldo precies op 0 euro uit.

De TCO zegt niets over de verdeling van de kosten tussen de verschillende belanghebbenden. Het bepaalt een totaalbedrag dat alle belanghebbenden gezamenlijk moeten betalen. Zo zullen verhuurders waarschijnlijk kosten maken voor isolatie terwijl huurders kosten maken aan gas/elektra/warmte. In een later stadium moet onderzocht worden hoe de totaalkosten het beste onder de belanghebbenden verdeeld kunnen worden.

De resultaten uit dit onderzoek zeggen nog niets over de organisatie van de warmtevoorziening. Er zullen één of meerdere partijen moeten komen die het systeem gaan ontwikkelen, realiseren en exploiteren, waarbij de exploitatie ook weer in verschillende handen kan komen met verschillende eigenaren van het systeem. In een nakomend stadium moet worden nagedacht over een toepassende organisatievorm voor dit project.

6.1 UITGANGSPUNTEN FINANCIËLE ANALYSE

In de financiële uitwerking is rekening gehouden met de energetische uitgangspunten en de financiële uitgangspunten in Bijlage 7. De gehanteerde kostenkennallen in dit project zijn gebaseerd op kennis en ervaring van IF Technology op basis van gerealiseerde projecten, uitgevoerde onderzoeken, offertes en begrotingen van ontwerpen. Aangezien het hier de haalbaarheidsfase betreft, dient er rekening gehouden te worden met een onzekerheidsmarge van +/- 30%. In nakomende fasen zal steeds verder worden toegewerkt naar een definitief concept, waarmee de onzekerheidsmarge moet afnemen. Alle genoemde bedragen zijn exclusief btw tenzij anders vermeld.

6.2 TCO COLLECTIEVE SYSTEMEN

Voor het bepalen van de TCO bij aansluiting op een collectief systeem met WKO en droge koelers of collectieve lucht-/waterwarmtepomp hebben we een kasstromenmodel opgesteld. In dit model worden alle kosten die een bewoner de komende 30 jaar maakt meegenomen. Voor de aansluiting op een collectief warmtenet bestaan die kosten uit de volgende onderdelen:

- jaarlijkse vaste kosten warmtelevering;
- jaarlijkse variabele kosten warmtelevering;
- bijdrage aansluitkosten (BAK);
- aanpassingen aan woning voor aansluiting warmtenet;
- aanpassingen benodigd voor elektrisch koken;
- isolatiekosten.

De jaarlijkse kosten voor de warmtelevering hangen af van de warmtetarieven die de exploitant van het systeem hanteert. We hebben de hoogte van de tarieven bepaald door gebruik te maken van de kosten plus methode en het opstellen van een business case. Dit houdt in dat de tarieven zo hoog worden gezet dat de exploitant zijn kosten kan betalen en daarnaast een redelijk rendement kan behalen.

6.2.1 Business case exploitant

Om de benodigde warmtetarieven te bepalen die de exploitant van het collectieve systeem moet vragen, is een business case (BuCa) opgesteld. Uit de business case komt naar voren wat de investeringskosten (CAPEX) en exploitatiekosten (OPEX) zijn om de woningen in het projectgebied/Achter de Kerken van duurzame warmte te voorzien. Uit het BuCa model komen ook de opbrengsten naar voren. Deze opbrengsten bestaan uit de vergoeding voor warmtelevering maar ook uit andere inkomsten zoals subsidies. Al deze onderdelen bepalen welk warmtetarief de exploitant moet rekenen om een bepaald rendement te behalen.

Investerings- en exploitatiekosten

Tabel 6.1 en Tabel 6.2 geven inzicht in de CAPEX. De CAPEX zijn alle investeringen die eenmalig plaatsvinden aan het begin van het project. Herinvesteringen worden in de business case wel meegenomen, maar zijn niet weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 6.1 | Kosten realisatie energieconcept met droge koelers en WKO (CAPEX). Bedragen zijn exclusief btw.

Parameters	DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT-BWP-Prj	DK-LT-EB-Prj	DK-LT-BWP-AdK	DK-LT-EB-AdK
CAPEX						
Warmtenet	€ 2.950.000	2.040.000	3.080.000	3.080.000	2.120.000	2.120.000
WKO inclusief leidingwerk	€ 480.000	420.000	480.000	480.000	420.000	420.000
Warmtepompcentrale (incl. leidingwerk, TSA, regeltechniek, gebouw, etc.)	€ 1.020.000	780.000	910.000	910.000	680.000	680.000
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers	€ -	-	1.020.000	250.000	580.000	150.000
Droge koelers	€ 760.000	460.000	680.000	680.000	410.000	410.000
Piek/back-up voorziening	€ 80.000	50.000	80.000	80.000	50.000	50.000
Afleversets	€ 410.000	230.000	410.000	410.000	230.000	230.000
Elektriciteitsaansluiting	€ 30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Ontwerp & advies (10%)	€ 570.000	400.000	670.000	590.000	450.000	410.000
Onvoorzien (10%)	€ 570.000	400.000	670.000	590.000	450.000	410.000
Totaal	€ 6.900.000	4.800.000	8.000.000	7.100.000	5.400.000	4.900.000

Tabel 6.2 | Kosten realisatie energieconcept collectieve lucht-/waterwarmtepomp (CAPEX). Bedragen zijn exclusief btw.

Parameters	LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT-BWP-Prj	LW-LT-EB-Prj	LW-LT-BWP-AdK	LW-LT-EB-AdK
CAPEX						
Warmtenet	€ 2.950.000	2.040.000	3.080.000	3.080.000	2.120.000	2.120.000
Warmtepompcentrale (incl. leidingwerk, TSA, regeltechniek, gebouw, etc.)	€ 1.180.000	740.000	1.020.000	1.020.000	650.000	650.000
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers	€ -	-	1.020.000	250.000	580.000	150.000
Piek/back-up voorziening	€ 80.000	50.000	80.000	80.000	50.000	50.000
Afleversets	€ 410.000	230.000	410.000	410.000	230.000	230.000
Elektriciteitsaansluiting	€ 30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Ontwerp & advies (10%)	€ 470.000	310.000	560.000	490.000	470.000	320.000
Onvoorzien (10%)	€ 470.000	310.000	560.000	490.000	470.000	320.000
Totaal	€ 5.600.000	3.700.000	6.800.000	5.900.000	4.400.000	3.900.000

Tabel 6.3 en Tabel 6.4 geven inzicht in de operationele kosten (OPEX). Dit zijn alle terugkerende kosten op jaarbasis. De OPEX is grofweg in drie groepen te verdelen: kosten door elektriciteitsverbruik en gasverbruik, kosten in verband met onderhoud en beheer van de systemen en als laatste managementkosten.

Tabel 6.3 | Jaarlijkse kosten exploitatie bij droge koelers en WKO (OPEX). Bedragen zijn exclusief btw. O&B = onderhoud en beheer.

Parameters		DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT-BWP-Prj	DK-LT-EB-Prj	DK-LT-BWP-AdK	DK-LT-EB-AdK
OPEX - elektriciteit en gas							
Distributie (electriciteit)	€	6.000	4.000	5.000	5.000	3.000	3.000
Energiecentrale (electriciteit)	€	159.000	98.000	99.000	102.000	61.000	62.000
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers (electriciteit)	€	-	-	15.000	16.000	10.000	10.000
WKO (electriciteit)	€	15.000	9.000	14.000	14.000	9.000	9.000
Droge koelers (electriciteit)	€	13.000	8.000	12.000	12.000	7.000	7.000
Vaste kosten electriciteit	€	49.000	32.000	37.000	37.000	24.000	24.000
Vaste kosten gas	€	4.000	3.000	4.000	4.000	3.000	3.000
Variabele kosten gas	€	19.000	12.000	41.000	41.000	25.000	25.000
OPEX - onderhoud en beheer							
Warmtenet (O&B)	€	30.000	21.000	32.000	32.000	22.000	22.000
Energiecentrale (O&B)	€	26.000	20.000	23.000	23.000	17.000	18.000
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers (O&B)	€	-	-	30.000	8.000	18.000	4.000
WKO (O&B)	€	8.000	7.000	8.000	8.000	7.000	7.000
Droge koelers (O&B)	€	23.000	14.000	20.000	20.000	12.000	12.000
Piek/back-up voorziening (O&B)	€	3.000	2.000	3.000	3.000	2.000	2.000
Afleversets (O&B)	€	8.000	5.000	8.000	8.000	5.000	5.000
OPEX - management							
Facturatie (management)	€	15.000	9.000	15.000	15.000	9.000	9.000
Bemetering (management)	€	5.000	3.000	5.000	5.000	3.000	3.000
Totaal	€	380.000	250.000	370.000	350.000	240.000	230.000

Tabel 6.4 | Jaarlijkse kosten exploitatie bij collectieve lucht-/waterwarmtepomp (OPEX). Bedragen zijn exclusief btw. O&B = onderhoud en beheer.

Parameters		LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT-BWP-Prj	LW-LT-EB-Prj	LW-LT-BWP-AdK	LW-LT-EB-AdK
OPEX - elektriciteit en gas							
Distributie (electriciteit)	€	5.000	3.000	5.000	5.000	3.000	3.000
Energiecentrale (electriciteit)	€	191.000	118.000	129.000	131.000	79.000	81.000
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers (electriciteit)	€	-	-	14.000	14.000	9.000	9.000
Vaste kosten elektriciteit	€	46.000	29.000	35.000	36.000	23.000	23.000
Vaste kosten gas	€	4.000	3.000	4.000	4.000	3.000	3.000
Variabele kosten gas	€	19.000	12.000	41.000	41.000	25.000	25.000
OPEX - onderhoud en beheer							
Warmtenet (O&B)	€	30.000	20.000	31.000	31.000	21.000	21.000
Energiecentrale (O&B)	€	31.000	19.000	26.000	26.000	16.000	16.000
Boosterwarmtepompen/elektrische boilers (O&B)	€	-	-	30.000	8.000	18.000	4.000
Piek/back-up voorziening (O&B)	€	3.000	2.000	3.000	3.000	2.000	2.000
Afleversets (O&B)	€	8.000	5.000	8.000	8.000	5.000	5.000
OPEX - management							
Facturatie (management)	€	15.000	9.000	15.000	15.000	9.000	9.000
Bemetering (management)	€	5.000	3.000	5.000	5.000	3.000	3.000
Totaal	€	360.000	220.000	350.000	327.000	220.000	200.000

Op basis van bovenstaande tabellen kan een financieel vergelijk worden gemaakt tussen MT en LT. Op de volgende punten verschilt een concept met een LT-warmtenet ten opzichte van een MT-warmtenet:

- Het LT-warmtenet is duurder omdat er grotere buizen nodig zijn.
- De warmtepompen en droge koelers zijn goedkoper.
- Er komen extra kosten bij voor de boosterwarmtepompen of elektrische boilers, zowel in aanschaf als in onderhoud.
- De elektriciteitskosten zijn lager, voornamelijk die voor de warmtepompen.

Ook kan een vergelijk gemaakt worden tussen boosterwarmtepompen en elektrische boilers. De CAPEX en OPEX bij elektrische boilers ligt lager. Elektrische boilers zijn goedkoper in aanschaf en verder blijven de andere onderdelen van het systeem even duur. De elektriciteitskosten bij de toepassing van elektrische boilers liggen iets hoger maar de lagere onderhoudskosten heffen dit effect op. Daardoor is ook de OPEX bij het systeem met elektrische boilers lager.

Verder is te zien dat een concept met een collectieve lucht-/waterwarmtepomp resulteert in de laagste CAPEX en OPEX. Dit komt doordat er minder onderdelen nodig zijn waardoor er bespaard wordt op CAPEX maar ook op OPEX.

Andere 'inkomsten' dan vergoeding warmtelevering

Behalve de inkomsten als vergoeding voor de warmtelevering aan afnemers zijn er ook nog andere vormen van inkomsten voor de exploitant. Hieronder worden een aantal belangrijke opties besproken en is aangegeven hoe ze zijn meegenomen in de BuCa:

- **Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++)**

Sinds 2023 is het mogelijk om een SDE++ subsidie aan te vragen voor collectieve lucht-/water-warmtepompen die warmte produceren op MT temperatuur. Sinds 2024 is het ook mogelijk voor warmtepompen die warmte produceren op LT temperatuur. De hoeveelheid subsidie voor LT warmtepompen is echter wel lager dan voor MT warmtepompen. Voor WKO met droge koeler is de SDE++ echter niet beschikbaar. De SDE++ vergoedt het verschil tussen het door RVO nodig geachte bedrag voor een levensvatbaar project (basisbedrag) en de marktwaarde van de geproduceerde warmte (correctiebedrag). Het basisbedrag is gebaseerd op tarieven voor de aankomende 15 jaar. Het correctiebedrag hangt af van de energietarieven in de toekomst en wordt elk jaar na afloop vastgesteld. In de BuCa hebben we meegenomen dat de SDE++ subsidie wordt verkregen voor dit project.
- **EIA**

De energie-investeringsaftrek heeft betrekking op projecten waarbij wordt geïnvesteerd in duurzame technologieën. De EIA houdt in dat de gemaakte winst, op een duurzaam project, minder wordt belast als dit wordt geïnvesteed in een ander duurzaam project. Met het toepassen van de EIA-belastingregeling kan een fiscaal voordeel behaald worden op de hoeveelheid belasting die moet worden afgedragen. Dit kan oplopen tot 11% besparing op de investeringskosten. Sinds 2023 is het niet meer mogelijk om de investeringskosten van de aanleg van een warmtenet af te trekken met deze regeling. De overheid heeft namelijk een nationale regeling ingevoerd die warmtenetten stimuleert (de WIS, zie hieronder). De EIA voor ondernemers is niet te combineren met een SDE++ subsidie. In de huidige business case hebben we het gewenste projectrendement voor de verrekening van belasting berekend en daarom de EIA niet meegenomen. Het wordt aanbevolen om de mogelijkheden van EIA in een latere fase bij een meer gedetailleerde business case waarin fiscaliteit is meegenomen nader uit te werken.
- **Warmtenetten Investeringssubsidie (WIS)**

De Warmtenetten Investeringssubsidie is een nieuwe regeling vanaf 2023 die bedoeld is om met name de aanleg van warmtenetten in de bestaande bouw te versnellen. De subsidie heeft als doel om de onrendabel top bij de aanleg van warmtenetten te verkleinen of helemaal weg te nemen. De subsidie is maximaal 45% van de investeringskosten van het warmtenet of maximaal € 6.000 - € 7.000 per woningaansluiting afhankelijk van welke lager is. De WIS kan alleen gebruikt worden om een onrendabele top te financieren en dus niet om een hogere winst te behalen. De WIS is meegenomen in de BuCa aangezien aan de eisen van deze subsidie wordt voldaan. Het is echter nog wel onzeker of deze subsidie de komende jaren in de huidige vorm beschikbaar blijft.
- **Bijdrage aansluitkosten (BAK)**

De onrendabele top kan deels gedekt worden door een aansluitbijdrage te vragen aan de bewoners. Deze mag in 2024 volgens de Warmtewet maximaal € 5.250 per aansluiting bedragen (inclusief btw). Mocht deze bijdrage voor de warmteleverancier echter niet hoog genoeg zijn dan kan een aanvullende bijdrage (een zogenaamde kostendekkingsbijdrage) gevraagd worden. Voorwaarde hiervoor is dat de opbouw van het bedrag transparant is. De vraag is echter of het wenselijk is om bewoners met zo'n grote aansluitbijdrage te confronteren. Veel bewoners zullen alleen kunnen en willen aansluiten als ze daar niet te grote investeringen voor moeten doen. Welk bedrag wel redelijk is om aan de bewoners te vragen zal in het toekomstige traject, het liefst samen met de bewoners, vastgesteld moeten worden. Voor nu hebben we aangenomen dat het maximale bedrag aan BAK per inwoner wordt gevraagd.

6.2.2 Resultaat business case

Met behulp van de berekende CAPEX, OPEX en andere 'inkomsten' kan bepaald worden hoe hoog de omzet en daarmee warmtetarieven moeten zijn om aan een gewenst rendement te komen. Belangrijke financiële parameters daarbij zijn het projectrendement (IRR), de weighted average cost of capital (WACC)⁹, de onrendabele top en de netto contante waarde (NCW).

WACC en projectrendement

De WACC geeft aan hoeveel de investeerders beloofd worden voor hun financiële bijdrage aan het project. Het projectrendement zegt iets over het te verwachten rendement op een investering. Dit rendement wordt bepaald door alle kasstromen (kosten en opbrengsten) gedurende het project te verdisconteren. In de BuCa is het gewenste projectrendement gelijkgesteld aan de WACC. Daarmee rendeert het project dus precies genoeg om te voldoen aan de financiële verplichtingen van de investeerders.

Onrendabele top

Als de inkomsten niet hoog genoeg zijn dan heeft het project een onrendabele top. De onrendabele top geeft aan hoeveel extra inkomsten aan het begin van het project benodigd zijn om het gewenste projectrendement te halen. Zonder deze initiële investeringen zal het project een te laag projectrendement kennen en niet aantrekkelijk zijn voor realisatie.

Netto contante waarde

De Netto Constante Waarde (NCW) bereken je door de huidige waarde van toekomstige kosten af te trekken van contante opbrengsten. De NCW-methode gebruikt men om te bepalen of een investering rendabel gaat zijn, rekening houdend met de disconteringsvoet. In de business case is toegerekend naar een NCW-waarde van 0 euro, wat inhoudt dat het project precies genoeg oplevert om te voldoen aan de WACC.

Warmtetarieven

De inkomsten voor de exploitant verdiend met de warmtelevering bestaan uit een vergoeding voor de geleverde warmte, vastrecht warmte, meetkosten en de huur afleverset. De bedragen voor de meetkosten en de huur afleverset hebben we gelijkgesteld aan het maximum volgens de warmtewet. Voor de vergoeding warmtelevering en vastrecht warmte hebben we de tarieven zo geschaald dat de onrendabele top precies op 0 euro uitkomt. Zie Tabel 6.5 voor een overzicht van de belangrijkste uitkomsten.

⁹ De WACC is met de volgende uitgangspunten berekend: Aandeel eigen vermogen is 30% en aandeel vreemd vermogen is 70%. Vereist rendement op eigen vermogen is 6,0% en rente op lening is 3,0%. Het rendement berekenen we dan als volgt: $6\% * 0,3 + 3,0\% * 0,7 = 3,9\%$. Deze waarden staan ook weergegeven in Bijlage 7 financieel.

Tabel 6.5 | Financiële uitkomsten business case.

Parameter							
projectrendement (IRR)	%	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
onrendabele top	€/weq	0	0	0	0	0	0
		DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT-BWP-Prj	DK-LT-EB-Prj	DK-LT-BWP-AdK	DK-LT-EB-AdK
Percentage warmtetarief en vastrecht ten opzichte van maximum volgens warmtewet	%	118	137	133	115	150	132
Warmtetarief 2024 incl. btw	€/GJ	55,20	64,17	62,04	53,58	69,86	61,78
		LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT-BWP-Prj	LW-LT-EB-Prj	LW-LT-BWP-AdK	LW-LT-EB-AdK
Percentage warmtetarief en vastrecht ten opzichte van maximum volgens warmtewet	%	89	98	112	94	120	103
Warmtetarief 2024 incl. btw	€/GJ	41,37	45,71	52,07	43,67	56,08	48,06

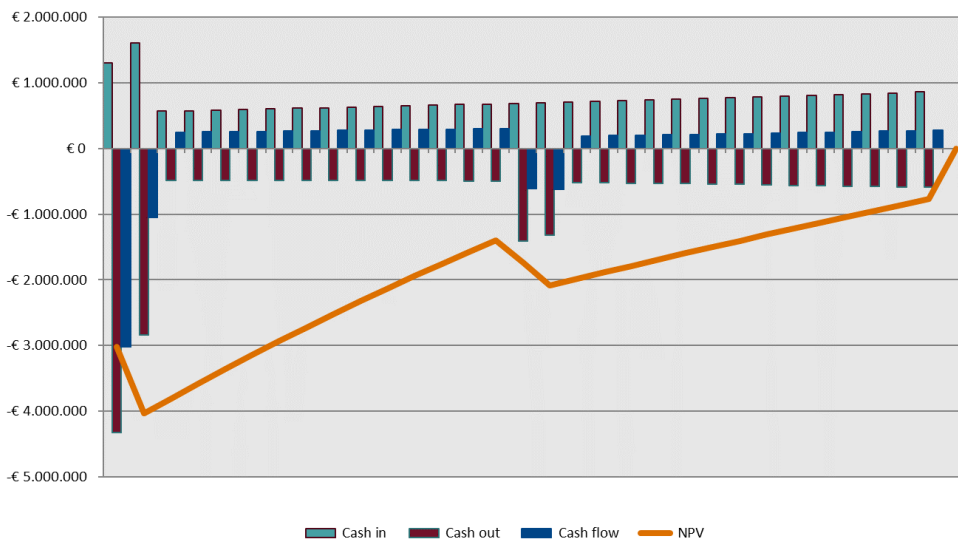
Inkomsten exploitant

Op basis van het bepaalde percentage voor de warmtetarieven ten opzichte van het maximumtarief zijn de inkomsten (omzet) van de exploitant bepaald. Dit zijn de inkomsten exclusief eventuele subsidies zoals de SDE++. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 6.6.

Tabel 6.6 | Opbrengsten exploitatie warmtenet.

Parameter							
		DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT-BWP-Prj	DK-LT-EB-Prj	DK-LT-BWP-AdK	DK-LT-EB-AdK
warmtelevering	€/jaar	430.000	310.000	490.000	200.000	340.000	300.000
vastrecht warmte	€/jaar	150.000	100.000	170.000	150.000	110.000	100.000
meetkosten	€/jaar	7.000	4.000	7.000	7.000	4.000	4.000
huur afleverset	€/jaar	30.000	20.000	30.000	30.000	20.000	20.000
totaal	€/jaar	620.000	430.000	700.000	610.000	470.000	320.000
		LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT-BWP-Prj	LW-LT-EB-Prj	LW-LT-BWP-AdK	LW-LT-EB-AdK
warmtelevering	€/jaar	330.000	220.000	410.000	340.000	270.000	230.000
vastrecht warmte	€/jaar	120.000	70.000	140.000	120.000	90.000	80.000
meetkosten	€/jaar	7.000	4.000	7.000	7.000	4.000	4.000
huur afleverset	€/jaar	30.000	20.000	30.000	30.000	20.000	20.000
totaal	€/jaar	480.000	310.000	590.000	500.000	380.000	330.000

Als de verschillende inkomende en uitgaande geldstromen gedurende 30 jaar in een grafiek worden gezet dan ontstaat Figuur 6.2. In het figuur is de situatie voor het MT-warmtenet met WKO en droge koelers voor het hele projectgebied weergegeven. De andere varianten volgen een vergelijkbaar patroon.



Figuur 6.2 | Kasstromen gedurende 31 jaar voor het MT-warmtenet met WKO en droge koelers in het hele projectgebied.

Belang van de SDE++ en WIS subsidie

De SDE++ en WIS subsidie zijn een belangrijke inkomstenbron voor de exploitant, als ze worden toegekend. In Tabel 6.7 is weergegeven hoe hoog de onrendabele top van het project is als deze subsidies niet worden verkregen. Daar zal dan een andere vorm van financiering voor worden moeten gevonden of de warmtetarieven moeten hoger worden. In Tabel 6.7 is daarom ook weergegeven wat het percentage ten opzichte van het maximumtarief voor de warmtetarieven moet zijn om het gewenste rendement te behalen zonder subsidies.

Tabel 6.7 | De onrendabele top en het benodigde percentage voor de warmtetarieven ten opzichte van het maximumtarief uit de warmtewet als bepaalde subsidies niet worden verkregen.

Subsidie	DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT-BWP-Prj	DK-LT-EB-Prj	DK-LT-BWP-AdK	DK-LT-EB-AdK
Alleen WIS						
Onrendabele top	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Percentage warmtewet	118%	137%	133%	115%	150%	132%
Geen SDE++ en WIS						
Onrendabele top	€ -1.500.000	€ -860.000	€ -1.500.000	€ -860.000	€ -1.500.000	€ -860.000
Percentage warmtewet	135%	153%	149%	131%	165%	148%
Subsidie	LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT-BWP-Prj	LW-LT-EB-Prj	LW-LT-BWP-AdK	LW-LT-EB-AdK
SDE++ en WIS						
Onrendabele top	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Percentage warmtewet	89%	98%	112%	94%	120%	103%
Alleen SDE++						
Onrendabele top	€ -1.500.000	€ -860.000	€ -1.500.000	€ -1.500.000	€ -860.000	€ -860.000
Percentage warmtewet	105%	114%	128%	110%	136%	119%
Alleen WIS						
Onrendabele top	€ -880.000	€ -550.000	€ -170.000	€ -170.000	€ -100.000	€ -100.000
Percentage warmtewet	98%	108%	113%	95%	122%	105%
Geen SDE++ en WIS						
Onrendabele top	€ -2.400.000	€ -1.410.000	€ -1.670.000	€ -1.670.000	€ -970.000	€ -970.000
Percentage warmtewet	115%	124%	130%	112%	138%	121%

6.2.3 Aanpassingen in de woning

De kosten die een bewoner betaalt aan de exploitant van de warmtelevering is maar een deel van de kosten die de bewoner maakt. De demarcatie van de exploitant loopt van bron tot afleverset. Voor de panden die aansluiten op het warmtenet is dit bijna nooit het volledige plaatje. Een bewoner zal ook in zijn woning nog het nodige moeten aanpassen om de overstap te maken van warmtelevering met een gasketel naar warmtelevering met duurzame warmte. Deze aanpassingen komen niet voor rekening van het warmtebedrijf en zijn om die reden niet meegenomen in de business case, maar ze moeten wel inzichtelijk gemaakt worden om het totaalplaatje voor de bewoners en voor de onrendabele top te kunnen schetsen. Dit totaalplaatje is cruciaal voor het slagen van een project, omdat alleen bij een gunstig en volledig totaalbeeld bewoners zullen besluiten om de overstap te maken. Gebeurt dit niet, dan zakt het aansluitpercentage en daarmee het succes van het project.

Kosten aanpassingen

Een bewoner zal, afhankelijk van het type huis en soort voorzieningen die al getroffen zijn, de volgende aanpassingen moeten doen om over te kunnen stappen op duurzame warmte:

- **Verwijderen van de gasketel en afsluiten van de aardgaslevering.** Voorheen lagen de kosten voor het afsluiten van het gas volledig bij de bewoner, sinds 1 maart 2021 kunnen consumenten een verzoek doen bij de netbeheerder om de gasaansluiting kosteloos te laten verwijderen. Er is in juni 2023 een uitspraak gedaan door Het College van Beroep voor het Bedrijfsleven (CBb) waarin het besluit van het ACM om de gasaansluitingen kosteloos te

laten verwijderen is vernietigd¹⁰. Netbeheerders mogen nu kosten in rekening brengen bij huishoudens maar het is onzeker of dat ook het geval is. We hebben deze kosten daarom niet meegenomen in het opstellen van de TCO.

- **Aansluiten elektrische kookvoorziening.** Koken kan niet langer op gas zonder gasaansluiting, en dus is een overstap naar elektrisch koken noodzakelijk. Dit betekent dat er een nieuwe kookplaat en pannenset gekocht moet worden, en dat er een extra elektriciteitsaansluiting naar de keuken aangelegd moet worden. Deze stap kan tussen de € 1.000 en € 3.000 inclusief btw kosten. Bij het bepalen van de TCO gebruiken we een bedrag van 1.450 inclusief btw gebaseerd op het Dashboard eindgebruikerskosten (bron: TNO¹¹).
- **Inpandige aanpassingen.** In de meeste huizen staat de Cv-ketel op zolder, maar de afleverset voor duurzame warmte wordt typisch zo dicht mogelijk bij de voordeur geplaatst. Dit kan betekenen dat er inpandig leidingen moeten worden omgelegd om de leidingen naar beneden te verleggen. Ook moet het nieuwe systeem ingeregeld worden en moeten er mogelijk nieuwe kamerthermostaten geplaatst worden. Volgens het Dashboard eindgebruikerskosten (bron: TNO) zijn deze kosten gemiddeld € 6.400 inclusief btw voor een eengezinswoning en € 4.750 voor een meergezinswoning.
- **Extra isolatie.** Het warmtenet levert warmte van 70 °C of 50 °C. Huizen met label D of beter kunnen met 70 °C comfortabel verwarmd worden. Aangezien alle woningen minimaal label D hebben hoeft er niet extra geïsoleerd te worden voor het MT-warmtenet. Voor het LT-warmtenet waar warmte wordt geleverd met 50 °C is bij de meeste woningen wel extra isolatie nodig. Cazas Wonen gaat hun woningen sowieso isoleren ongeacht het gekozen energieconcept. Voor een vergelijking tussen de verschillende concepten zou Cazas Wonen de isolatiekosten dus buiten beschouwing kunnen laten. In onze verdere vergelijking nemen we de isolatiekosten wel mee aansluitend bij het perspectief van een particuliere eigenaar.

Bovenstaande opsomming geeft een eerste inzicht in het soort aanpassingen en de kosten die daarmee gepaard gaan. De daadwerkelijk benodigde aanpassingen zullen per woning verschillen. Een deel van de kosten kan worden gedekt door subsidie.

Beschikbare subsidies

Voor de aansluiting van bestaande woningen op een warmtenet zijn verschillende subsidies beschikbaar. Het gaat om de volgende subsidies:

- **Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE¹²)**
 - **Aansluiting warmtenet.** Met de ISDE-subsidie kunnen woningeigenaren € 3.775 subsidies krijgen voor de aansluiting op een warmtenet. Een vereiste hierbij is dat na de aansluiting op een warmtenet de woning helemaal aardgasvrij is. Deze subsidie is niet beschikbaar voor verhuurders. Sinds 2023 is het ook mogelijk om subsidie aan te vragen voor elektrisch koken, dit is echter niet te combineren met een aanvraag voor aansluiting op een warmtenet.
 - **Isolatie.** Voor isolatiemaatregelen geldt dat ongeveer 30% van de kosten gesubsidieerd wordt. Per isolatiemaatregel is er een maximum oppervlakte aan gevel, vloer, dak etc. dat gesubsidieerd wordt. Deze grens licht echter zo hoog dat waarschijnlijk alle woningen in het

¹⁰ <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-onderzoekt-hoe-vergoeding-verwijderen-gasaansluitingen-binnen-huidige-wetgeving-geregeld-kan-worden#:~:text=Printen-,ACM%20onderzoekt%20hoe%20vergoeding%20verwijderen%20gasaansluitingen%20binnen%20huidige%20wetgeving%20geregeld,van%20het%20verwijderen%20van%20gasaansluitingen.>

¹¹ <https://energy.nl/tools/dashboard-eindgebruikerskosten/>

¹² <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde>

projectgebied onder die grens blijven. Deze subsidie is alleen beschikbaar voor woningeigenaren en niet voor verhuurders.

- **Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (SAH¹³)**
Met de SAH krijgen verhuurders subsidie voor de aansluiting van huurwoningen op een extern warmtenet. De subsidie is zowel voor aanpassingen in de woningen als voor de aansluitkosten op het warmtenet. 40% van de kosten die worden gemaakt voor aanpassingen in de woning worden vergoed met een maximum van € 1.200 subsidie per woning. 30% van de kosten om een woning op een warmtenet aan te sluiten worden vergoed tot een maximum van € 3.800 per woning.
- **Subsidieregeling verduurzaming en onderhoud huurwoningen (SVOH¹⁴)**
De SVOH-subsidie is alleen beschikbaar voor institutionele en particuliere verhuurders maar niet voor woningbouwcorporaties. Er kan maximaal €6.000 subsidie per woning worden aangevraagd.
 - **Isolatie.** Voor isolatiemaatregelen geldt dat ongeveer 60% van de kosten gesubsidieerd wordt.

De ISDE nemen we mee in de berekening van de TCO, de resultaten met de SAH subsidie in plaats van de ISDE subsidie zijn vergelijkbaar en laten we daarom buiten beschouwing. De SVOH laten we ook buiten beschouwing aangezien er weinig woningen door institutionele of particuliere verhuurders worden verhuurd.

6.2.4 TCO bewoners bij een collectief systeem

In Tabel 6.8 en Tabel 6.9 is een overzicht gegeven van alle uitgaven en subsidies voor een bewoner die komen kijken bij een aansluiting op een collectief warmtenet. Deze uitgaven zijn meegenomen in de berekening van de TCO voor het collectieve systeem. De kosten van een boosterwarmtepomp of elektrische boiler staan niet in de tabel want die kosten zijn voor de exploitant. Deze kosten zijn doorberekend in de warmtetarieven.

¹³ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sah>

¹⁴ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/svoh>

Tabel 6.8 | Alle uitgaven behorende bij de aansluiting op een collectief warmtenet met droge koelers en WKO. De kosten zijn voor een gemiddelde woning. Per woning kunnen de kosten nog flink verschillen, vooral de variabele kosten voor warmtelevering. De kosten zijn weergegeven voor 2024 en inclusief btw.

		DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT- BWP-Prj	DK-LT- EB-Prj	DK-LT- BWP-AdK	DK-LT- EB-AdK
Uitgaven							
Jaarlijkse vaste kosten warmtelevering	€/jaar	910	1.030	1.000	890	1.100	1.000
Jaarlijkse variabele kosten warmtelevering	€/jaar	2.000	2.550	2.250	1.940	2.780	2.460
BAK	€	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
Aanpassingen aan woning voor aansluiting warmtenet	€	5.900	6.400	5.900	6.400	5.900	6.400
Aanpassingen benodigd voor elektrisch koken	€	1.450	1.450	1.450	1.450	1.450	1.450
Isolatiekosten	€	-	-	7.200	7.650	7.200	7.650
Subsidies							
ISDE-aansluiting warmtenet	€	-3.800	-3.800	-3.800	-3.800	-3.800	-3.800
ISDE-isolatie	€	-	-	-2.150	-2.300	-2.150	-2.300

Tabel 6.9 | Alle uitgaven behorende bij de aansluiting op een collectief warmtenet met een collectieve lucht-/waterwarmtepomp. De kosten zijn voor een gemiddelde woning. Per woning kunnen de kosten nog flink verschillen, vooral de variabele kosten voor warmtelevering. De kosten zijn weergegeven voor 2024 en inclusief btw.

		LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT- BWP-Prj	LW-LT- EB-Prj	LW-LT- BWP-AdK	LW-LT- EB-AdK
Uitgaven							
Jaarlijkse vaste kosten warmtelevering	€/jaar	7300	780	870	760	920	810
Jaarlijkse variabele kosten warmtelevering	€/jaar	1.500	1.820	1.890	1.580	2.230	1.910
BAK	€	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
Aanpassingen aan woning voor aansluiting warmtenet	€	5.900	6.400	5.900	6.400	5.900	6.400
Aanpassingen benodigd voor elektrisch koken	€	1.450	1.450	1.450	1.450	1.450	1.450
Isolatiekosten	€	-	-	7.200	7.650	7.200	7.650
Subsidies							
ISDE-aansluiting warmtenet	€	-3.800	-3.800	-3.800	-3.800	-3.800	-3.800
ISDE-isolatie	€	-	-	-2.150	-2.300	-2.150	-2.300

De bovenstaande gegevens resulteren in een TCO zoals weergegeven in Tabel 6.10. Daarbij is gerekend met een disconteringsvoet van 4%. In de tabel staat de TCO zowel inclusief als exclusief subsidies. Het gaat hierbij om de SDE++ en WIS subsidie voor de exploitant en de ISDE subsidie voor bewoners.

Tabel 6.10 | TCO voor verwarmen via een collectief warmtenet inclusief en exclusief subsidies. De bedragen zijn inclusief btw en met prijspeil 2024.

TCO		DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT-BWP-Prj	DK-LT-EB-Prj	DK-LT-BWP-AdK	DK-LT-EB-AdK
Inclusief subsidie							
Totaal	€	73.000	88.000	85.000	76.000	100.000	90.000
Per maand	€/maand	202	244	236	211	277	251
Exclusief subsidie							
Totaal	€	85.000	100.000	99.000	90.000	115.000	105.000
Per maand	€/maand	236	278	276	251	318	292
TCO		LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT-BWP-Prj	LW-LT-EB-Prj	LW-LT-BWP-AdK	LW-LT-EB-AdK
Inclusief subsidie							
Totaal	€	58.000	66.000	74.000	65.000	84.000	74.000
Per maand	€/maand	160	184	206	181	233	206
Exclusief subsidie							
Totaal	€	75.000	84.000	90.000	80.000	100.000	90.000
Per maand	€/maand	197	224	249	224	277	251

De TCO is een drijfveer voor bewoners om te kiezen voor een specifieke oplossing. Een andere belangrijke drijfveer echter is hoe hoog de investeringskosten aan het begin zijn. Dit zijn namelijk kosten die bewoners direct moeten maken en die kosten zijn beter te overzien dan alle kosten voor de komende 30 jaar. Daarom staat in Tabel 6.11 per oplossing de investeringskosten in jaar 1 en de jaarlijkse kosten. Belangrijk om op te merken is dat de herinvesteringskosten in jaar 16 hierbij niet zijn meegenomen.

Tabel 6.11 | Investeringskosten en jaarlijkse kosten voor verwarmen via een collectief warmtenet inclusief subsidies. De bedragen zijn inclusief btw en met prijspeil 2024.

		DK-MT-Prj	DK-MT-AdK	DK-LT-BWP-Prj	DK-LT-EB-Prj	DK-LT-BWP-AdK	DK-LT-EB-AdK
Investeringskosten jaar 1	€	8.800	9.300	13.800	13.800	14.700	14.700
Jaarlijkse kosten	€/jaar	2.900	3.600	3.200	2.800	3.900	3.500
		LW-MT-Prj	LW-MT-AdK	LW-LT-BWP-Prj	LW-LT-EB-Prj	LW-LT-BWP-AdK	LW-LT-EB-AdK
Investeringskosten jaar 1	€	8.800	9.300	13.800	13.800	14.700	14.700
Jaarlijkse kosten	€/jaar	2.200	2.600	2.800	2.300	3.200	2.700

6.3 TCO INDIVIDUELE LUCHT-/WATERWARMTEPOMP

Voor het bepalen van de TCO hebben we een kasstromenmodel opgesteld. In dit model worden alle kosten die een bewoner de komende 30 jaar maakt meegenomen. Voor het verwarmen met een individuele lucht-/waterwarmtepomp bestaan de kosten uit de volgende onderdelen:

- jaarlijkse variabele kosten elektriciteit;
- investeringskosten warmtepomp;
- jaarlijkse onderhoudskosten warmtepomp;
- aanpassingen benodigd voor elektrisch koken;

- isolatiekosten.

6.3.1 Aanpassingen in de woning

Als er wordt overgestapt op verwarmen met een individuele lucht-/waterwarmtepomp dan wordt er daarna verwarmd op LT-warmte. Om dit mogelijk te maken zijn er een aantal aanpassingen in de woning nodig.

Kosten aanpassingen

Een bewoner zal, afhankelijk van het type huis en soort voorzieningen die al getroffen zijn, de volgende aanpassingen moeten doen om over te kunnen stappen op een individuele warmtepomp:

- **Verwijderen van de gasketel en afsluiten van de aardgaslevering.** Dit is hetzelfde als bij een collectief systeem, zie paragraaf 6.2.3.
- **Aanschaffen warmtepomp.** De kosten van de aanschaf van een warmtepomp zijn gebaseerd op het Dashboard Eindgebruikerskosten. De gemiddelde kosten voor een warmtepomp in Achter de Kerken worden geschat op € 13.300 inclusief btw en gemiddeld € 11.700 in het projectgebied. Hierin zijn ook de kosten voor de aansluiting van de warmtepomp en het inregelen van het systeem meegenomen. Na 15 jaar is een herinvestering nodig in een nieuwe warmtepomp. De jaarlijkse onderhoudskosten van de warmtepomp worden geschat op € 270 per jaar.
- **Aansluiten elektrische kookvoorziening.** Dit is hetzelfde als bij een collectief systeem, zie paragraaf 6.2.3.
- **Extra isolatie.** Een warmtepomp verwarmd de woning op ongeveer 50-55 °C. Huizen met label B of beter kunnen met 50-55 °C comfortabel verwarmd worden. Dit betekent dat huizen die nu slechter geïsoleerd zijn extra geïsoleerd moeten worden. Deze stap kan, afhankelijk van de staat van de woning en het benodigde energielabel, duizenden tot tienduizenden euro's kosten. Voor het bepalen van de TCO zijn we uitgegaan van de gemiddelde isolatiekosten van alle woningen waarvan een energielabel bekend is. De gemiddelde isolatiekosten per woning zijn € 7.200 - € 7.700.

Beschikbare subsidies

Voor het verwarmen van woningen met een individuele warmtepomp zijn verschillende subsidies beschikbaar. Het gaat om de volgende subsidies:

- **Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE¹⁵)**
 - **Aanschaf warmtepomp.** Bij de aanschaf van een warmtepomp wordt ongeveer 30% van de aanschafprijs gesubsidieerd. Deze subsidie geldt voor lucht-/waterwarmtepompen, bodemwarmtepompen en hybride warmtepompen. Deze subsidie is zowel beschikbaar voor woningeigenaren als verhuurders.
 - **Isolatie.** Voor isolatiemaatregelen geldt dat ongeveer 30% van de kosten gesubsidieerd wordt. Per isolatiemaatregel is er een maximum oppervlakte aan gevel, vloer, dak etc. dat gesubsidieerd wordt. Deze grens licht echter zo hoog dat waarschijnlijk alle woningen in het projectgebied onder die grens blijven. Deze subsidie is alleen beschikbaar voor woningeigenaren en niet voor verhuurders.

¹⁵ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde>

6.3.2 TCO-bewoners bij een individuele lucht-/waterwarmtepomp

In Tabel 6.12 is een overzicht gegeven van alle uitgaven en subsidies voor een bewoner die komen kijken bij het verwarmen met een individuele lucht-/waterwarmtepomp. Deze uitgaven zijn meegenomen in de berekening van de TCO voor de individuele warmtepomp.

Tabel 6.12 | Alle uitgaven behorende bij verwarmen met een individuele lucht-/waterwarmtepomp. De kosten zijn voor een gemiddelde woning. Per woning kunnen de kosten nog flink verschillen, vooral de isolatiekosten. De kosten zijn weergegeven voor 2024 en inclusief btw.

	Eenheid	Projectgebied	Achter de Kerken
Uitgaven			
Jaarlijkse variabele kosten elektriciteit	[€/jaar]	760	840
Investeringskosten warmtepomp	[€]	11.700	13.300
Jaarlijkse onderhoudskosten warmtepomp	[€/jaar]	270	270
Aanpassingen benodigd voor elektrisch koken	[€]	1.450	1.450
Isolatiekosten	[€]	7.200	7.700
Subsidies			
ISDE-warmtepomp	[€]	-3.500	-4.000
ISDE-isolatie	[€]	-2.150	-2.300

De bovenstaande gegevens resulteren in een TCO zoals weergegeven in Tabel 6.13. Daarbij is gerekend met een disconteringsvoet van 4%. De TCO voor een gemiddelde woning in het projectgebied ligt iets lager omdat de gemiddelde woning daar wat kleiner is en minder warmtevraag heeft.

Tabel 6.13 | TCO voor woningeigenaren inclusief en exclusief subsidie voor verwarmen via een individuele warmtepomp. De bedragen zijn inclusief btw en met prijspeil 2024.

TCO	Eenheid	Projectgebied	Achter de Kerken
Inclusief subsidie			
Totaal	[€]	46.000	50.000
Per maand	[€/jaar]	127	140
Exclusief subsidie			
Totaal	[€]	52.000	56.000
Per maand	[€/jaar]	143	157

De TCO is een drijfveer voor bewoners om te kiezen voor een specifieke oplossing. Een andere belangrijke drijfveer echter is hoe hoog de investeringskosten aan het begin zijn. Dit zijn namelijk kosten die bewoners direct moeten maken en die kosten zijn beter te overzien dan alle kosten voor de komende 30 jaar. Daarom staat in Tabel 6.14 per oplossing de investeringskosten in jaar 1 en de jaarlijkse kosten. Belangrijk om op te merken is dat de herinvesteringskosten in jaar 16 hierbij niet zijn meegenomen.

Tabel 6.14 | Investeringskosten en jaarlijkse kosten voor verwarmen via een collectief warmtenet inclusief subsidies. De bedragen zijn inclusief btw en met prijspeil 2024.

	Eenheid	Projectgebied	Achter de Kerken
Investeringskosten jaar 1	[€]	14.600	16.100
Jaarlijkse kosten	[€/jaar]	1.000	1.100

6.4 TCO INDIVIDUELE GASKETEL

Voor het bepalen van de TCO hebben we een kasstromenmodel opgesteld. In dit model worden alle kosten die een bewoner de komende 30 jaar maakt meegenomen. Voor het verwarmen met een individuele gasketel bestaan de kosten uit de volgende onderdelen:

- jaarlijkse variabele kosten gas;
- investeringskosten gasketel;
- jaarlijkse onderhoudskosten gasketel;
- jaarlijkse vaste kosten voor een gasaansluiting.

6.4.1 TCO-bewoners bij een individuele gasketel

In Tabel 6.12 is een overzicht gegeven van alle uitgaven voor een bewoner die komen kijken bij het verwarmen met een individuele gasketel. Deze uitgaven zijn meegenomen in de berekening van de TCO voor de individuele gasketel.

Tabel 6.15 | Alle uitgaven behorende bij verwarmen met een gasketel. De kosten zijn voor een gemiddelde woning. Per woning kunnen de kosten nog flink verschillen, vooral de jaarlijkse gaskosten. De kosten zijn weergegeven voor 2024 en inclusief btw.

	Eenheid	Projectgebied	Achter de Kerken
Uitgaven			
Jaarlijkse variabele kosten gas	[€/jaar]	1.730	1.900
Investeringskosten gasketel	[€]	2.100	2.100
Jaarlijkse onderhoudskosten gasketel	[€/jaar]	270	270
jaarlijkse vaste kosten voor een gasaansluiting	[€/jaar]	290	290

De bovenstaande gegevens resulteren in een TCO zoals weergegeven in Tabel 6.13. Daarbij is gerekend met een disconteringsvoet van 4%. De TCO voor een gemiddelde woning in het projectgebied ligt iets lager omdat de gemiddelde woning daar wat kleiner is en minder warmtevraag heeft.

Tabel 6.16 | TCO voor woningeigenaren voor verwarmen via een individuele gasketel. De bedragen zijn inclusief btw en met prijspeil 2024.

TCO	Eenheid	Projectgebied	Achter de Kerken
Totaal	[€]	54.000	57.000
Per maand	[€/jaar]	149	159

De TCO is een drijfveer voor bewoners om te kiezen voor een specifieke oplossing. Een andere belangrijke drijfveer echter is hoe hoog de investeringskosten aan het begin zijn. Dit zijn namelijk kosten die bewoners direct moeten maken en die kosten zijn beter te overzien dan alle kosten voor de komende 30 jaar. Daarom staat in Tabel 6.17 per oplossing de investeringskosten in jaar 1 en de jaarlijkse kosten. Belangrijk om op te merken is dat de herinvesteringskosten in jaar 16 hierbij niet zijn meegenomen.

Tabel 6.17 | Investeringskosten en jaarlijkse kosten voor verwarmen via een collectief warmtenet inclusief subsidies. De bedragen zijn inclusief btw en met prijspeil 2024.

	Eenheid	Projectgebied	Achter de Kerken
Investeringskosten jaar 1	[€]	2.100	2.100
Jaarlijkse kosten	[€/jaar]	2.300	2.500

6.5 VERGELIJKING TCO VERSCHILLENDE OPTIES

Om draagvlak te creëren bij de bewoners is het van belang om te bepalen hoe de kosten zich ontwikkelen bij de verschillende opties. Als aangetoond kan worden dat de maandlasten bij een collectief systeem gelijk of zelfs lager liggen dan bij een individuele oplossing dan ontstaat er meer draagvlak om aan te sluiten. Het kan bovendien onderbouwing geven om aan de bewoner een eigen bijdrage te vragen voor de aansluiting op het warmtenet: als deze bijdrage terug te verdienen is door lagere maandlasten dan is het makkelijker uit te leggen om deze bijdrage in rekening te brengen.

Door over een periode van 30 jaar de totale uitgave voor de warmtevoorziening van de bewoner inzichtelijk te maken ontstaat een Total Cost of Ownership (TCO) berekening. In Tabel 6.18 zijn de berekende TCO-waardes voor verschillende varianten zowel individueel als collectief weergegeven.

Tabel 6.18 | TCO-waardes rekening houdend met subsidies voor de verschillende varianten. De bedragen hebben prijspeil 2024 en zijn inclusief btw. De laagste individuele en collectieve TCO zijn dikgedrukt en onderstreept.

Variant	TCO totaal [€]	TCO per maand [€/jaar]
Ind-Prj-LW	€ 46.000	€ 127
Ind-Adk-LW	€ 50.000	€ 139
Ind-Prj-gas	€ 54.000	€ 149
Ind-Adk-gas	€ 57.000	€ 159
DK-MT-Prj	€ 73.000	€ 202
DK-MT-AdK	€ 88.000	€ 244
DK-LT-BWP-Prj	€ 85.000	€ 236
DK-LT-EB-Prj	€ 76.000	€ 211
DK-LT-BWP-AdK	€ 100.000	€ 277
DK-LT-EB-AdK	€ 90.000	€ 251
LW-MT-Prj	€ 58.000	€ 160
LW-MT-AdK	€ 66.000	€ 184
LW-LT-BWP-Prj	€ 74.000	€ 206
LW-LT-EB-Prj	€ 65.000	€ 181
LW-LT-BWP-AdK	€ 84.000	€ 233
LW-LT-EB-AdK	€ 75.000	€ 207

Op basis van de resultaten kunnen verschillende aspecten onderling vergeleken worden.

Gasketel of duurzaam verwarmen

Blijven verwarmen met een gasketel is niet de goedkoopste optie. De opties met een individuele lucht-/waterwarmtepomp zijn goedkoper dus er is een goedkoper duurzaam alternatief.

Boosterwarmtepomp of elektrische boiler

De elektrische boiler is een goedkopere optie dan de boosterwarmtepomp. Het elektriciteitsverbruik ligt iets hoger met een elektrische boiler maar de investerings- en onderhoudskosten liggen aanzienlijk lager. Dit resulteert in een lagere TCO met de elektrische boiler.

MT-warmtenet of LT-warmtenet

Voor de vergelijking tussen MT en LT kijken we naar het LT-warmtenet met elektrische boiler. Dit is namelijk de goedkoopste LT-variant. Uit de vergelijking blijkt dat de opties met het MT-warmtenet een lagere TCO hebben. Daarbij moeten echter wel een aantal kanttekeningen geplaatst worden.

- **Isolatiekosten:** Voor de energieconcepten met LT-warmtenet gaan we er vanuit dat de woningen geïsoleerd moeten worden terwijl dat voor de MT-warmteneten niet hoeft. De isolatiekosten zorgen voor een verhoging van de TCO van ongeveer € 5.000 - € 5.500. De isolatiemaatregelen worden echter bij veel huizen ook uitgevoerd als ze op een MT-warmtenet worden aangesloten. Zo gaat Cazas Wonen in ieder geval al hun woningen isoleren en zullen ook particulieren bezitters de komende jaren investeren in isolatiemaatregelen. De isolatiekosten zouden daarom ook weggelaten kunnen worden uit de TCO berekening. De energieconcepten met een LT-warmtenet hebben dan ongeveer dezelfde TCO als de concepten met MT-warmtenet. Voor de optie met droge koelers en WKO is de TCO zelfs iets lager en bij collectieve warmtepompen iets hoger. De verschillen vallen binnen de onzekerheidsmarge.
- **SDE++ subsidie:** In Tabel 6.7 is te zien dat de SDE++ subsidie een belangrijk onderdeel is van de financiering van een collectief systeem met collectieve lucht-/waterwarmtepompen. De SDE++ is niet beschikbaar voor droge koelers met WKO. De hoogte van de subsidie is niet gelijk voor collectieve lucht-/waterwarmtepompen op MT- en LT-temperatuur. De subsidie is namelijk een stuk lager voor LT warmtepompen. Dit werkt door in het vergelijk van de TCO tussen een MT-warmtenet en LT-warmtenet. De TCO van een MT-warmtenet valt onder andere namelijk lager uit dan van een LT-warmtenet vanwege de SDE++ subsidie. De hoogte van de SDE++ subsidies wordt elk jaar per categorie opnieuw vastgesteld. De bedragen kunnen in de toekomst dus zo veranderen dat het concept met LT-warmtenet er beter uitkomt dan het concept met MT-warmtenet.

Projectgebied of alleen Achter de Kerken

Uit het vergelijk tussen het projectgebied en Achter de Kerken blijkt dat de TCO daalt bij uitbreiding naar het projectgebied. Dit komt door extra schaalvoordeel wat optreedt en doordat er appartementen toe worden gevoegd aan het warmtenet. De kosten voor aanleg van het warmtenet bij appartementen liggen lager waardoor de gemiddelde TCO daalt. Verder heeft de toevoeging van de school als grote afnemer een positief effect. Een deel wordt ook verklaart door de kleinere gemiddelde warmtevraag van een woning in het projectgebied vergeleken met een gemiddelde woning in Achter de Kerken.

WKO met droge koeler of collectieve lucht-/waterwarmtepomp

De collectieve optie met een lucht-/waterwarmtepomp resulteert in een lagere TCO dan de WKO met droge koelers. Bij de collectieve lucht-/waterwarmtepompen zijn de totale investerings- en operationele kosten lager. Daarnaast is er SDE++ subsidie beschikbaar wat een positief effect heeft op de business case van de exploitant van een collectieve lucht-/waterwarmtepomp. Dit resulteert in een lagere TCO.

Collectief of individueel

De individuele oplossing resulteert in een lagere TCO dan alle collectieve oplossingen. Het verschil met sommige oplossingen is vrij groot, namelijk bijna de helft van de collectieve oplossing. Het

verschil in TCO-waarde met de collectieve lucht-/waterwarmtepomp ligt rond de 30%. De individuele oplossing heeft dus minstens een 30% lagere TCO-waarde dan de collectieve oplossingen. De collectieve oplossingen scoren minder goed doordat de woningen in het projectgebied niet heel dicht op elkaar staan waardoor het warmtenet duurder wordt. Er zijn veel rijtjes- en hoekwoningen en weinig hoogbouw met appartementen. Daarnaast zijn de woningen al redelijk geïsoleerd dus hoeven er minder kosten gemaakt te worden om ze geschikt te maken voor verwarmen met een individuele lucht-/waterwarmtepomp.

6.6 ONRENDABELE TOP PER WONING EN VERLAGEN RENDEMENT

In bovenstaande analyse zijn we ervan uitgegaan dat de exploitant een rendabel project met redelijk rendement moet kunnen realiseren zonder onrendabele top. Op basis van die aannames hebben we bepaald hoe hoog de warmtetarieven moeten zijn en die zijn meegenomen in de berekening van de TCO-waardes. Je kunt echter ook andersom redeneren: we nemen als uitgangspunt dat collectief even duur moet zijn als individueel en bekijken hoeveel onrendabele top er dan overblijft of wat dan het resulterende rendement is.

Deze analyses hebben we uitgevoerd voor de collectieve variant met de laagste TCO: een collectieve lucht-/waterwarmtepomp met MT-warmtenet in het hele projectgebied. In Tabel 6.19 staan de resultaten van de analyse. Uit de eerste analyse blijkt dat er een onrendabele top is van € 8.400 per woning voor de collectieve variant. Hierbij wordt een projectrendement van 3,9% gerealiseerd. Als er een manier wordt gevonden om dit bedrag te financieren dan is de TCO voor de bewoner gelijk bij de individuele en collectieve oplossing.

Uit de tweede analyse blijkt dat het projectrendement -1,70% wordt als de onrendabele top € 0 is en de TCO van de collectieve en individuele variant gelijk zijn. Het negatieve projectrendement houdt in dat er verlies wordt geleden op het project.

Tabel 6.19 | Bepaling onrendabele top collectieve oplossing bij gelijke TCO met individueel.

Parameter	Waarde
Variant	DK-MT-Prj
Situatie zoals in vorige paragrafen zonder onrendabele top	
TCO individuele lucht-/waterwarmtepomp	€ 46.000
Percentage warmtetarief en vastrecht ten opzichte van maximum volgens warmtewet	89%
TCO collectief	€ 58.000
Projectrendement	3,9%
Onrendabele top	€ 0
Situatie met gelijke TCO voor collectief en individueel - met onrendabele top	
Percentage warmtetarief en vastrecht ten opzichte van maximum volgens warmtewet	65%
TCO collectief	€ 46.000
Projectrendement	3,9%
Onrendabele top per woning	€ 8.400
Onrendabele top totaal	€ 2.130.000
Situatie met gelijke TCO voor collectief en individueel - met verlagen rendement	
Percentage warmtetarief en vastrecht ten opzichte van maximum volgens warmtewet	65%
TCO collectief	€ 46.000
Projectrendement	-1,70%
Onrendabele top per woning	€ 0

6.6.1 Warmtenet uitzetten in de zomer

Een LT-warmtenet met elektrische boiler geeft de mogelijkheid om het warmtenet in de zomer uit te zetten. De benodigde vraag naar tapwater kan dan volledig met de elektrische boiler geleverd worden. We hebben onderzocht of dit financieel efficiënt is voor het concept met het hele projectgebied. Hiervoor hebben we gekeken naar het effect van het uitzetten van het warmtenet tussen 1 juni en 15 september. Deze data zijn zo bepaald dat er waarschijnlijk geen behoefte aan ruimteverwarming is maar alleen aan tapwater, zie Figuur 5.1.

Tabel 6.20 geeft een overzicht van de energetische en financiële effecten van het uitzetten van het warmtenet in de zomer. Er is te zien dat het totale elektriciteitsverbruik met een kleine hoeveelheid toeneemt. Doordat het warmtenet uitstaat is er geen warmteverlies in het net. De elektrische boiler wekt echter minder efficiënt warmte op dan een warmtepomp waardoor het totale elektriciteitsverbruik toch toeneemt. Dit zorgt ook voor een kleine toename in kosten wat neer komt op een onrendabele top van € 260 per woning. Op basis van de huidige aannames van het warmteverlies in de zomer geeft het uitzetten van het warmtenet geen voordeel. Afhankelijk van de werkelijke warmteverliezen in de zomer kan het echter mogelijk wel voordelig zijn dus het is interessant om deze optie in een later vervolg te blijven onderzoeken.

Tabel 6.20 | Energetisch en financieel effect van het uitzetten van het warmtenet tussen 1 juni en 15 september.

Parameter	Eenheid	waarde
Verandering elektriciteitsverbruik		
Distributie	MWh _e	- 3
Centrale warmtepomp	MWh _e	- 79
Elektrische boilers	MWh _e	+ 111
Totaal	MWh_e	+ 29
Onrendabele top per woning	€	260
Onrendabele top totaal	€	67.000

7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 CONCLUSIE

De projectgroep Buurtwarmte Achter de Kerken in Abcoude heeft ons gevraagd de volgende vraag te onderzoeken:

Welke collectieve warmteoplossing(en) is/zijn realistisch (technisch/economisch) voor de wijk Achter de Kerken en welke ruimtelijke consequenties zijn hieraan verbonden?

Projectinventarisatie

Uit de projectinventarisatie van het gebied bleek dat het mogelijk interessant is om het onderzoeksgebied breder te trekken dan alleen de wijk Achter de Kerken. Daarom hebben we ook Kloosterhof, Dorpszicht en de Piet Mondriaan school meegenomen in dit onderzoek.

Warmtebronnen

Uit voorliggende studie is naar voren gekomen dat er verschillende warmteoplossingen geschikt zijn voor Achter de Kerken. Er zijn drie mogelijke collectieve warmtebronnen voor een warmtenet gevonden: een collectieve lucht-/waterwarmtepomp, WKO met droge koelers en WKO met TEO. Deze kunnen gekoppeld worden aan zowel een LT-warmtenet als MT-warmtenet. Daarnaast zijn individuele oplossingen mogelijk zoals lucht-/waterwarmtepompen, bodem warmtepompen en als tijdelijke oplossing ook hybride warmtepompen.

Energieconcepten

In overleg met de projectgroep is besloten om WKO met droge koelers en een collectieve lucht-/waterwarmtepomp verder uit te werken. Daarbij hebben we de bronnen gecombineerd met zowel een MT- als LT-warmtenet. Voor de tapwatervoorziening bij een LT-warmtenet hebben we gekeken naar boosterwarmtepompen en elektrische boilers. Ter referentie hebben we de individuele lucht-/waterwarmtepomp toegepast.

Netcongestie en elektriciteitsverbruik

Netcongestie op het elektriciteitsnet wordt veroorzaakt doordat er tegelijkertijd teveel elektrisch vermogen wordt gevraagd. De netbeheerder heeft aangegeven dat het op dit moment niet mogelijk is om een elektrische grootverbruikersaansluiting te verkrijgen wegens netcongestie. Deze aansluiting is nodig bij een collectieve oplossing. Volgens de planning is het elektriciteitsnet in 2029 voldoende versterkt zodat er genoeg ruimte beschikbaar is. Dit houdt in dat de realisatie van een duurzaam warmtenet op zijn vroegst pas in 2029 kan plaatsvinden. Ook zonder netcongestie duurt het lang voordat een duurzaam warmtenet is gerealiseerd vanaf het moment van planvorming. De huidige problemen met netcongestie zorgen daarom mogelijk voor hoogstens één of twee jaar vertraging en het is ook goed mogelijk dat netcongestie voor geen enkele vertraging zorgt.

Naast netcongestie is het elektriciteitsverbruik van de verschillende oplossingen een belangrijk aspect. Op dit moment wordt er namelijk nog CO₂ uitgestoten bij de productie van elektriciteit dus hoe minder elektriciteit nodig is hoe duurzamer dat is. Collectieve oplossingen met een MT-warmtenet gebruiken de meeste hoeveelheid elektriciteit en individuele oplossingen het minste. Oplossingen met een LT-warmtenet zitten er tussenin. Het elektriciteitsverbruik is vergelijkbaar voor WKO met

droge koelers en collectieve lucht-/waterwarmtepompen. Ook maakt het toepassen van boosterwarmtepompen of elektrische boilers niet veel uit. Voor het hele projectgebied hebben individuele warmtepompen jaarlijks ongeveer 800 MWh elektriciteit nodig om te voldoen aan de warmtevraag. De oplossingen met LT-warmtenet gebruiken ongeveer 30% meer elektriciteit dan individueel en de oplossingen met MT-warmtenet ongeveer 70-75% meer dan een individuele oplossing.

Financiële analyse

We hebben de verschillende energieconcepten en opties financieel geanalyseerd. Per concept hebben we de TCO voor bewoners berekend. Met de analyses kunnen verschillende aspecten tegen elkaar afgewogen worden:

- Het is gunstig voor de betaalbaarheid van een collectief systeem om Dorpszicht, Kloosterhof en de Piet Mondriaan school toe te voegen.
- De collectieve lucht-/waterwarmtepomp is goedkoper dan WKO met droge koelers. Voor een deel wordt dit verklaard door de SDE++ subsidie die alleen beschikbaar is voor de collectieve lucht-/waterwarmtepomp.
- Een elektrische boiler is goedkoper dan een boosterwarmtepomp. De investering van een elektrische boiler ligt fors lager en het elektriciteitsverbruik is maar een klein beetje hoger. Een concept met LT-warmtenet kan daardoor het beste worden gecombineerd met een elektrische boiler aangezien dat het goedkoopst is.
- Een MT-warmtenet is goedkoper dan een LT-warmtenet. Dit geldt voor zowel een LT-warmtenet met boosterwarmtepomp als elektrische boiler. Een kanttekening hierbij echter is dat een groot deel van het verschil ontstaat door de isolatiekosten die nodig zijn bij een LT-warmtenet. Als deze isolatiemaatregelen sowieso al uitgevoerd worden dan kunnen ze weggelaten worden uit het vergelijk. In dat geval zijn een MT-warmtenet en LT-warmtenet vergelijkbaarder in kosten. Een ander punt is dat de SDE++ subsidie voor collectieve MT warmtepompen hoger is dan LT warmtepompen. Dit verklaart ook voor een deel de lagere kosten van een MT-warmtenet met collectieve lucht-/waterwarmtepomp. Deze subsidies kunnen in de toekomst wijzigen waardoor een LT-warmtenet mogelijk interessanter wordt.
- De individuele oplossing resulteert in lagere kosten dan een collectieve oplossing. Daarbij moet opgemerkt worden dat het project nog in de haalbaarheidsfase zit dus dat er rekening gehouden moet worden met een onzekerheidsmarge.

De TCO van de individuele lucht-/waterwarmtepompen bedraagt € 46.000 - € 50.000. Verder volgt uit bovenstaande vergelijken dat de collectieve variant met de laagste TCO een collectieve lucht-/waterwarmtepomp is met een MT-warmtenet in het hele projectgebied. Het verschil met de individuele optie is een onrendabele top van € 8.400 per woning. Als er een financiering wordt gevonden voor dit bedrag dan is de TCO voor collectief en individueel gelijk. Als blijkt dat de isolatiekosten of aanpassingen in de woning bijvoorbeeld € 8.400 duurder zijn voor de individuele optie dan we hebben geraamd dan zijn de TCO-waardes dus ook gelijk aan elkaar.

Algemene conclusie

Een collectieve warmteoplossing is mogelijk in Achter de Kerken. Dit lijkt alleen wel duurder te zijn dan een individuele oplossing. Naast financiële redenen zijn er echter wel andere redenen om alsnog voor collectief te kiezen. Denk bijvoorbeeld aan:

- het ruimtegebruik in de woningen;
- geluidsoverlast en visuele impact van buitenunits;
- grotere investeringen en herinvesteringen van de bewoners. Zo heeft de goedkoopste collectieve variant een investering nodig van € 8.800 en de individuele variant een investering van 14.600.

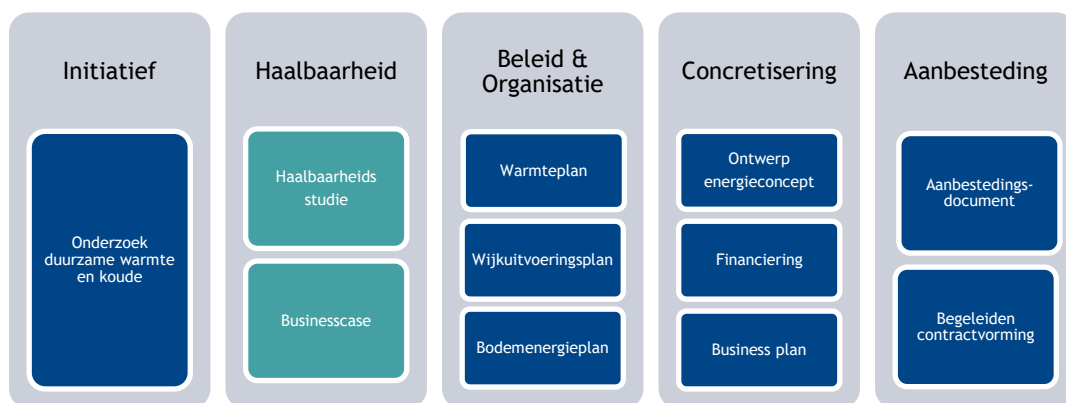
- de mogelijkheid om in één keer een groot deel van de wijk te verduurzamen;
 - de mogelijkheid om oplossingen voor netcongestie bij de technische ruimte toe te passen.
- Er zitten echter ook niet financiële nadelen aan een collectieve oplossing zoals:
- de grotere financiële risico's en de afhankelijkheid van subsidies.
 - de collectieve oplossingen gebruiken meer elektriciteit dan de individuele oplossing.

7.2 AANBEVELINGEN

7.2.1 Context

Uit deze haalbaarheidsstudie komt naar voren dat een collectief systeem voor het projectgebied met Achter de Kerken een mogelijk alternatieve warmteoplossing kan zijn. Het is wel belangrijk om deze haalbaarheidsstudie in de juiste context te plaatsen. Daarvoor kan Figuur 7.1 gebruikt worden. Hoewel dit proces gebaseerd is op de toepassing aquathermie kan het goed gebruikt worden voor de totale integrale warmteoplossing, want ook met een collectieve lucht-/waterwarmtepomp of WKO met droge koelers zijn de beschreven stappen relevant. Het figuur geeft het proces van een collectieve oplossing op hoofdlijnen weer. In Bijlage 8 zijn de verschillende onderdelen in fase 1 t/m 4 nader beschreven. Hieronder noemen we het proces een wijkgerichte aardgasvrije aanpak.

Een wijkgerichte aardgasvrije aanpak kan opgesplitst worden in 5 verschillende fases. In 2023 is het eerste onderzoek opgezet vanuit de initiatiefgroep Buurtwarmte Achter de Kerken en hieruit is gebleken dat de bewoners graag verder zouden gaan met onderzoeken naar collectieve warmteoplossingen met een warmtenet. Hiermee gingen ze van de initiatieffase over naar de haalbaarheidsfase, zoals geïllustreerd is in de klantreis van IF Technology (figuur 7.1). Vanuit deze fase kan de initiatiefgroep de keuze maken om verder te gaan richting de concretiseringsfase of kan de gemeente de keuze maken om de resultaten van dit onderzoek in te zetten om beleid op te voeren.



Figuur 7.1 | Klantreis IF Technology

7.2.2 Advies

Er heeft nu een wijkanalyse plaatsgevonden. Dit heeft de nodige inzichten opgeleverd. Het is nu zaak om het verdere proces vorm te gaan geven om gestructureerd aan de wijkgerichte aanpak te gaan werken. Voor de verschillende partijen van de projectgroep worden in de volgende paragrafen mogelijke stappen besproken.

Voor de projectgroep als geheel is het belangrijk om te reflecteren op het rapport en te bepalen in welke richting ze verder willen. Ziet de projectgroep genoeg mogelijkheden voor een collectieve oplossing om die optie verder te onderzoeken en verdere te stappen in te zetten. Het is belangrijk om daarbij alle verschillende aspecten mee te nemen, zowel financieel als niet-financieel. Een mogelijke stap om gezamenlijk te zetten is om een intentieovereenkomst te tekenen waarin alle partijen uitspreken verder te willen met een collectieve oplossing.

Gemeente

Voor de gemeente adviseren we om de resultaten uit dit onderzoek mee te nemen in het grotere plaatje van de gemeente. De keuzes die er worden gemaakt voor de hele gemeente kunnen namelijk invloed hebben op Achter de Kerken. Zo kan de gemeente nadenken over de realisatie van een groot warmtenet in een groot deel Abcoude. Hierbij kan als warmtebron gedacht worden aan aquathermie uit het Abcoudermeer of geothermie. Mogelijk kan hierbij de samenwerking met de gemeente Amsterdam gezocht worden.

De gemeente moet tijdig nadenken over haar eigen rol in het project. Wil de gemeente voor het collectieve concept bijvoorbeeld een regisserende rol op zich nemen, zelf deelnemen in het warmtebedrijf of de vrijheid juist meer aan de markt laten? Ook voor de individuele lucht-/waterwarmtepompen moet de gemeente bepalen hoe ze de bewoners willen stimuleren om voor deze voorkeursvariant te kiezen. Als alle bewoners op individuele lucht-/waterwarmtepompen overstappen betekent dat een grote belasting op het elektriciteitsnet. Hoe kijkt de gemeente tegen de netcongestie die hierdoor wordt verergerd en welke rol heeft de gemeente hierin. Afhankelijk van de rolname kan de gemeente daar de volgende stappen in zetten:

- verduurzamingsaanpassingen in de woningen collectief regelen/inkopen;
- collectief inkopen van individuele warmtepompen;
- collectieve onderhoudscontracten opstellen waar gebouweigenaren bij kunnen aansluiten;
- vanuit de overheid financieringsmogelijkheden (leningen) bieden aan de bewoners om investeringen te bekostigen.

Daarnaast kan de gemeente dit onderzoek meenemen in het opstellen van het gemeentelijk warmteprogramma en later een wijkuitvoeringsplan.

Bewoners

Cruciaal voor het slagen van het project is de betrokkenheid van bewoners. De projectgroep is al goed bezig met communicatie en participatie in de wijk. Het is belangrijk om daarmee door te gaan om de bewoners betrokken te houden en te blijven informeren. Ook als er uiteindelijk gekozen wordt voor de individuele oplossing kunnen er centrale acties worden genomen zoals informeren of gezamenlijk inkopen.

Daarnaast kunnen de bewoners kijken naar het officieel oprichten van een energiecoöperatie. Deze formalisatie is nuttig voor zowel de collectieve als individuele oplossing. De coöperatie kan als entiteit gesprekken voeren met banken over financiering en subsidies aanvragen. Daarnaast kunnen ze

bewoners ondersteunen en adviseren met individuele oplossingen. Denk bijvoorbeeld aan het organiseren van een gezamenlijk inkoop van warmtepompen of isolatiemaatregelen.

Woningcorporatie Cazas wonen

Cazas wonen heeft op korte termijn verduurzamingsplannen voor hun woningen in Achter de Kerken gepland staan. Dit zou een goed moment zijn om mogelijke eerste aanpassingen te doen om de woningen geschikt te maken voor de aansluiting op een warmtenet. Denk hierbij aan het verleggen van leidingen. De mogelijke daadwerkelijke realisatie van het warmtenet vindt pas plaats na 2029. Er is dus een risico in aanpassingen als die op korte termijn al uitgevoerd worden. Daarom is het verstandig als Cazas wonen laat onderzoeken welke aanpassingen precies nodig zijn en welke tijdens de huidige verduurzamingsplannen al efficiënt uitgevoerd kunnen worden. Voor sommige maatregelen kan gekozen worden om die pas in 2029 te doen aangezien het dan pas nodig is.

Verder is het belangrijk om transparant te zijn over de plannen en de fasering naar de bewoners toe. Door hier over te blijven communiceren worden bewoners betrokken. Dit kan bijdragen aan een positievere houding ten opzichte van de verduurzaming van de woningen. Dit geldt voor zowel een collectieve als individuele oplossing.

7.2.3

Vervolgstappen

Om het advies in perspectief te plaatsen en alle stakeholders handvatten te geven voor de vervolgstappen zetten we een tijdlijn uiteen. Dit is geen volledige tijdlijn maar geeft zicht op wat wanneer te doen staat. We starten hierbij met concrete vervolgstappen op dit rapport die in 2024 nog opgestart kunnen worden. Vervolgens schetsen we twee verschillende tijdlijnen op basis van het gekozen energiesysteem.

Vervolgstappen op dit onderzoek in 2024

- **Keuze voor energieconcept:** Op basis van het onderzoek en de technische, financiële en ruimtelijke implicaties moeten de betrokken partijen een keuze maken tussen een collectief of individueel energiesysteem.
- **Communicatie en participatie richting bewoners:** Het gekozen concept moet duidelijk worden gecommuniceerd naar de bewoners van Achter de Kerken. Participatie van de inwoners is cruciaal om draagvlak te creëren voor de uiteindelijke oplossing.
- **Rolneming gemeente:** De gemeente moet haar rol vaststellen in dit project. De mogelijke rollen zijn:
 - *regisseren:* De gemeente neemt de leiding en stuurt actief het proces;
 - *faciliteren:* De gemeente ondersteunt de betrokken partijen, maar treedt zelf niet leidend op;
 - *reguleren:* De gemeente stelt beleidskaders en regelgeving vast, maar laat de uitvoering aan marktpartijen over.

Na het uitvoeren van bovenstaande stappen is het duidelijk of de projectgroep voor een collectief of individueel energiesysteem gaat. Voor zowel de individuele als collectieve energiesystemen heeft een collectieve aanpak financiële en technische voordelen. Onderstaand schetsen we voor beide richtingen mogelijke vervolgstappen voor een collectieve aanpak en zetten we die uit op een tijdsplan.

Tijdelijk collectief energiesysteem

Als wordt gekozen voor een collectieve oplossing, kan de implementatie volgens het volgende tijdpad plaatsvinden:

2025 - 2026: Voorbereiding en organisatie

- **opstellen en ondertekening van intentieovereenkomst:** Betrokken partijen leggen hun intentie vast om een collectief energieconcept te realiseren.
- **oprichting energiecoöperatie:** De energiecoöperatie brengt alle partijen samen en stelt een organisatiemodel vast.
 - *betrokken partijen vastleggen:* Identificeer en bevestig de deelnemende partijen.
 - *organisatiemodel vaststellen:* Maak afspraken over het bestuur, de besluitvorming en de uitvoering.
- **afstemming met netbeheerder:** in de context van de netcongestie is het essentieel het energiesysteem af te stemmen met de netbeheerder zodat die het kan relateren aan de lokale situatie.
- **isolatie van woningen:** Start de isolatiemaatregelen.
 - *Cazas:* Voert isolatieplannen uit voor sociale huurwoningen.
 - *collectieve aanpak:* Stimuleer isolatie van overige woningen via de energiecoöperatie.
- **koppelkansen en schaalvergroting onderzoeken:** Onderzoek mogelijkheden om het collectieve systeem te combineren met andere initiatieven.
- **voorontwerp of schetsontwerp collectief systeem opstellen:** Start met de technische voorbereiding van een collectief energiesysteem.
- **actualiseren business case en financiering onderzoeken:** Breng de financiële haalbaarheid en mogelijke subsidies in kaart.
- **vergunningen aanvragen:** Start het vergunningetraject bij de relevante overheden.
- **registratie wachtrij netaansluiting:** Zorg dat de benodigde netaansluitingen tijdig worden aangemeld.

2027 - 2028: Voorbereiding op uitvoering

- **marktconsultatie of aanbestedingstraject:** Vraag offertes op of organiseer een aanbesteding voor de aanleg van het collectieve systeem.
- **subsidies en financiering regelen:** Zorg voor de benodigde subsidies, bijvoorbeeld via landelijke en Europese regelingen.

2029 - 2030: Realisatie

- **oplossen netcongestieproblematiek:** Werk samen met netbeheerders aan de uitbreiding van het elektriciteitsnet.
- **definitief ontwerp vastleggen:** Werk het ontwerp van het collectieve systeem definitief uit.
- **contractvorming:** Maak afspraken over exploitatie, inclusief de maandelijkse lasten voor bewoners en gebruikers.
- **realisatie van het energiesysteem:** Begin met de aanleg van het collectieve warmtenet of energiesysteem en sluit de woningen aan.

Tijdelijk collectieve aanpak voor individuele energiesystemen

Indien gekozen wordt voor individuele systemen, kan de collectieve aanpak gericht zijn op gezamenlijke inkoop en ondersteuning voor bewoners:

2025-2026: Voorbereiding en organisatie

- **oprichting energiecoöperatie:** De coöperatie coördineert de gezamenlijke aanpak voor individuele oplossingen.
 - *betrokken partijen vastleggen:* Breng alle relevante stakeholders samen.
 - *organisatiemodel vaststellen:* Maak afspraken over de structuur van de coöperatie.
- **afstemming met netbeheerder:** in de context van de netcongestie is het essentieel het energiesysteem af te stemmen met de netbeheerder zodat die het kan relateren aan de lokale situatie
- **isolatie van woningen:** Start de isolatiemaatregelen.
 - *Cazas:* Voert isolatieplannen uit voor sociale huurwoningen.
 - *collectieve aanpak:* Stimuleer isolatie van overige woningen via de energiecoöperatie.
- **planning individuele energiesystemen:** Onderzoek de technische mogelijkheden voor warmtepompen of andere oplossingen.
 - *netverzwaring en netcongestie:* Breng de impact op het elektriciteitsnet in kaart.
 - *voorkeurstechiek bepalen:* Kies welke techniek het meest geschikt is voor individuele woningen.
- **collectieve inkoop van technieken:** Organiseer een gezamenlijke inkoop van warmtepompen of en sluit gezamenlijke onderhoudscontracten af.
- **communicatie en participatie:** Zorg voor goede communicatie en betrokkenheid van de bewoners gedurende het hele proces.

Bijlage 1 Bepalen (toekomstige) warmtevraag

In deze bijlage wordt toegelicht hoe de huidige en toekomstige warmtevraag van het projectgebied is ingeschat.

1.1 HUIDIGE WARMTEVRAAG

De huidige warmtevraag wordt bepaald op basis van het gasverbruik. Het gasverbruik van kleinverbruikers is openbaar te raadplegen via de netbeheerder, wat een beeld geeft op postcode zes niveau. We hebben voor het projectgebied het gasverbruik inzichtelijk gemaakt. Dit aardgas wordt grotendeels door een gasketel gebruikt om water te verwarmen, ter functie van ruimteverwarming en bereiden van warmtapwater. Daarnaast kan aardgas gebruikt worden om mee te koken. Om te bepalen wat de warmtevraag van de woningen is, moet het aardgasverbruik in kuub omgezet worden naar warmtevraag in MWh of GJ. Deze omzettingfactor is in dit rapport als volgt tot stand gekomen:

- Het uitgangspunt is de veelgebruikte HR104 combiketel.
- 78% van het aardgas wordt gebruikt voor verwarming (CBS, 2018).
 - Bij de productie van ruimteverwarming is het gemiddelde rendement 104% (op basis van een HR-combiketel en de onderste verbrandingswaarde van aardgas. Bron: ACM).
- 20% van het aardgas wordt gebruikt voor tapwaterbereiding (CBS, 2018).
 - Bij de productie van tapwater is het gemiddelde rendement 72% (op basis van HR-combiketel en de onderste verbrandingswaarde van aardgas. Bron: ACM).
- 2% van het aardgas wordt gebruikt voor koken (CBS, 2018). In de toekomst vindt dit elektrisch plaats.
- Calorische onderwaarde (verbrandingswaarde) van aardgas is 31,65 MJ/m³.

Door de fracties verwarming en tapwaterbereiding te vermenigvuldigen met het rendement en de calorisch onderwaarde van aardgas ontstaat een factor waarmee de warmtevraag bepaald kan worden. Het resultaat is factor $\underline{30,3 \text{ MJ/m}^3 = 8,4 \text{ kWh/m}^3}$ voor de omzetting van aardgas naar warmtevraag.

1.2 TOEKOMSTIGE WARMTEVRAAG

De warmtevraag van woningen en gebouwen zal in de toekomst afnemen. Dit wordt veroorzaakt door twee redenen welke in de volgende paragrafen worden toegelicht:

- 1 Isolatiemaatregelen
- 2 Klimaatverandering

Deze effecten hebben alleen effect op de warmtevraag voor ruimteverwarming en niet de tapwater-vraag. De warmtevraag voor ruimteverwarming in de bestaande bouw is ongeveer 80% van de totale warmtevraag. Dit getal is gebaseerd op de vorige paragraaf waarbij er is aangenomen dat het gasverbruik voor koken ook bijdraagt aan ruimteverwarming en daarom daarbij is opgeteld. Bij het bepalen van de toekomstige warmtevraag zijn de twee genoemde maatregelen dus alleen toegepast op het deel van de warmtevraag wat gebruikt wordt voor ruimteverwarming.

Isolatiemaatregelen

Betere isolatie zorgt ervoor dat minder warmte verloren gaat en daardoor neemt de warmtevraag af. De hoeveelheid afname van de warmtevraag hebben we gebaseerd op de verwachte sprong in energielabels. Het gebruik maken van energielabels is geen perfecte methode vanwege de volgende redenen:

- De methode voor het vaststellen van een energielabel van een woning is de afgelopen jaren een paar keer gewijzigd. De beschikbare energielabels zijn daarom niet allemaal met dezelfde methode vastgesteld.
- Behalve het niveau van isolatie wordt een energielabel ook beïnvloedt door duurzame energie opwek zoals bijvoorbeeld zonnepanelen.

Ondanks dat de methode niet perfect is geeft het wel een indicatie voor de afname in warmtevraag. Dezelfde methode is ook toegepast in de Startanalyse van het PBL¹⁶.

We hebben de verwachte afname in warmtevraag bepaald voor twee scenario's:

- 1 Woningen worden verwarmd met lage temperatuur warmte (ca. 45 °C).
- 2 Woningen worden verwarmd met midden temperatuur warmte (ca. 70 °C).

Woningen moeten beter geïsoleerd zijn om met een lage temperatuur verwarmd te kunnen worden ten opzichte van midden temperatuur. Deze betere isolatie zorgt voor een lagere warmtevraag. Voor de verwarming op lage temperatuur wordt minimaal energielabel B nodig geacht en voor verwarming op midden temperatuur energielabel D. De woningen die op dit moment nog een te laag energielabel hebben zullen voor aanvang van het project verduurzaamd moeten worden. Het gaat daarbij vooral om maatregelen die effect hebben op de schil van de woning, zoals: gevel-, vloer-, spouwmuur- en dakisolatie, of vervanging van ramen. Deze maatregelen zorgen er namelijk voor dat het label verandert en de temperatuur voor ruimteverwarming omlaag kan bij een gelijkblijvend comfort. Tabel 7.1 laat de energiebesparing van de woningen zien door de sprong te maken naar energielabel B of D¹⁶.

Tabel 7.1 | Energiebesparing door woning verder te verduurzamen en daarmee een beter energielabel te verkrijgen.

Huidige energielabel	Beoogd energielabel	Energiebesparing
Verwarmen met midden temperatuur warmte		
G	D	11%
F	D	11%
E	D	8%
Onbekend	D	16%
Verwarmen met lage temperatuur warmte		
G	B	25%
F	B	27%
E	B	25%
D	B	19%
C	B	12%
Onbekend	B	26%

Voor utiliteit hebben we geen afname in warmtevraag als gevolg van isolatiemaatregelen bepaald. Het is namelijk lastig te voorspellen hoeveel de afname voor de verschillende utiliteitsfuncties zal zijn.

¹⁶ PLB, Bepaling energiebesparing door isolatie van woningen in de startanalyse 2020, 12 november 2022.

Klimaatverandering

Naast de afname in warmtevraag vanwege isolatie zal de warmtevraag ook afnemen vanwege het opwarmende klimaat. Op basis van het meest waarschijnlijke klimaatscenario wordt verwacht dat de warmtevraag tot 2050 met gemiddeld 15% afneemt¹⁷, dat komt neer op ongeveer 0,5% per jaar. Deze afname heeft alleen effect op ruimteverwarming en niet tapwatervraag.

¹⁷ Agentschap NL (2012). Pilot effect klimaatverandering op energiegebruik en besparingsconcepten bij woningen. De resultaten uit het rapport zijn gecorrigeerd voor het verstrijken van tijd sinds dat het rapport is uitgebracht.

Bijlage 2 Warmtenetten

Om collectieve duurzame warmte te realiseren is een verbindingsnet nodig, die de verschillende afnemers met de bron verbindt. Dit wordt ook wel het warmtenet genoemd, alhoewel het net niet per se op hoge temperatuur hoeft te zijn. Afhankelijk van de aanwezige bronnen en afnemers moet er een keuze gemaakt worden in het type warmtenet. In Tabel 7.2 is een overzicht gegeven van de verschillende type warmtenetten op basis van temperatuurregimes. Warmtenetten zijn in meer categorieën in te delen (zoals 'generaties' warmtenetten) maar over het algemeen geldt dat warmtenetten steeds meer modulair en lokaal ontwikkeld worden. Dit maakt de initiële investering minder groot ten opzichte van traditionele hoge temperatuur warmtenetten en maakt het mogelijk om meerdere bronnen te koppelen.

Tabel 7.2 | Overzicht verschillende warmtenetten.

Concept	Omschrijving	Temperatuur aanvoer/retour	Koudelevering mogelijk?
1	Hoge temperatuur net	120-90/80-50	Nee
2	Midden temperatuur net	75-60/45-35	Nee
3	Lage temperatuur net	50-40/30-25	Nee
4	Brontemperatuur net	25-15/15-8	Ja

Er zijn grofweg 4 temperatuur-bereiken te definiëren van warmtenetten: Hoge temperatuur (>75 °C), midden temperatuur (55-75 °C), lage temperatuur (30-55 °C) en brontemperatuur (10-30 °C). Omdat de benodigde elektriciteit voor de warmtepomp exponentieel is aan de verhoging van de temperatuur is het onwenselijk om een warmtenet boven de 75 °C te hebben indien de brontemperatuur niet in dit bereik valt. Daarom wordt in deze bijlage alleen een omschrijving gegeven van een midden temperatuur, lage temperatuur en brontemperatuur warmtenet.

2.1 MT-WARMTENET (70 °C AANVOER)

Bij een warmtenet op midden temperatuur wordt alle warmte centraal opgewekt en met water op een temperatuur van 60 °C tot 75 °C naar de woningen getransporteerd. Via een afleverset in de woning wordt tapwater geleverd en worden de ruimtes verwarmd. Traditioneel zijn afgiftesystemen van de cv-installatie op hoge temperaturen uitgelegd. Hoe hoger de afgifte temperatuur van het warmtenet hoe minder aanpassingen aan het afgiftesysteem benodigd zijn.

De minimumtemperatuur van het warmtenet is 60 °C, waarmee voldaan kan worden aan legionella wetgeving met betrekking tot het bereiden van warmtapwater. Het warmtenet blijft ook in de zomer op temperatuur zodat tapwater in de woningen geleverd kan worden. Collectieve koeling is niet mogelijk in dit concept.

2.2 LT-WARMTENET (50 °C AANVOER)

Een warmtenet met een centrale opwek en een aanvoertemperatuur van 30 °C tot 50 °C wordt geclassificeerd als lage temperatuur. Dit warmtenet is voornamelijk geschikt voor bebouwing dat over een lage temperatuur afgiftesysteem beschikt, oudere bebouwing zal verder geïsoleerd moeten worden en het afgiftesysteem zal moeten worden aangepast. Voor warmtapwaterbereiding moet de temperatuur worden opgehoogd om legionella te voorkomen, dit kan met een boosterwarmtepomp

of volledig elektrische booster. Individueel onderscheid is mogelijk door voor oudere huizen de temperatuur voor ruimteverwarming ook op te hogen door middel van een warmtepomp. Er is geen levering van koude mogelijk met het lage temperatuur warmtenet.

2.3 ZLT-WARMTENET (10-30 °C AANVOER)

Een warmtenet op zeer lage temperatuur, ook wel een net op brontemperatuur genoemd, heeft een aanvoertemperatuur van 10 °C tot 30 °C. Deze aanvoertemperatuur is niet hoog genoeg om warmtapwater mee te bereiden en gebouwen mee te verwarmen. De warmte wordt door middel van individuele warmtepompen opgewaardeerd tot bruikbare temperaturen. In dit systeem kan evenals bij LT-warmtenetten ruimteverwarming op een lagere temperatuur worden opgewekt dan het warmtapwater om de duurzaamheid te vergroten. Dit moet dan wel worden toegelaten door de isolatiegraad en het afgiftesysteem van het gebouw. Individueel onderscheid is mogelijk. Naast het leveren van warmte is een ZLT-warmtenet ook geschikt voor het leveren van koude.

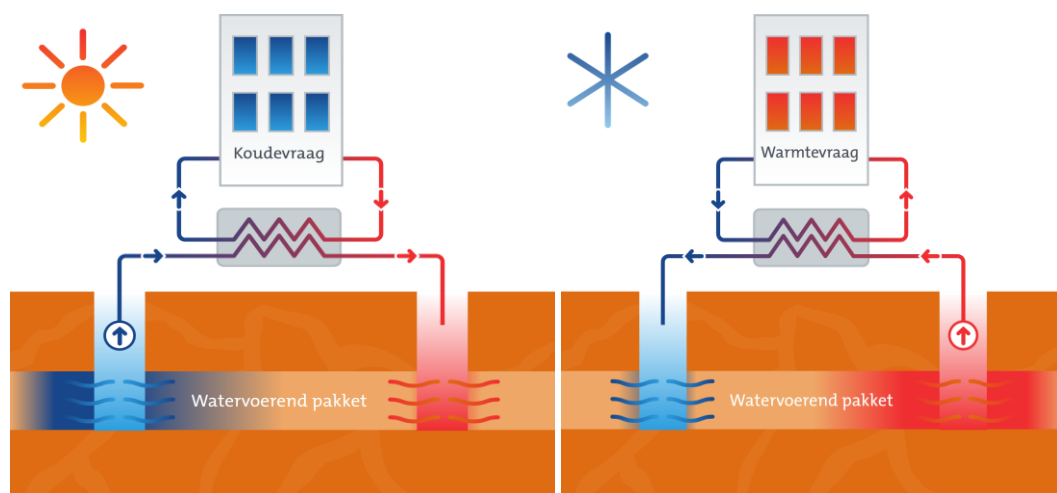
Bijlage 3 Opslagtechnieken warmte en koude

Warmte of koude uit een energiebron is niet altijd beschikbaar op het moment dat er vraag naar is. Sommige energiebronnen leveren bijvoorbeeld de meeste warmte in de zomer terwijl er juist in de winter de meeste vraag is. Andersom geldt hetzelfde voor koude. Daarom is het soms nuttig om een vorm van (seizoen)opslag toe te voegen aan een energiesysteem waardoor de vraag en aanbod van warmte en koude met elkaar in balans kunnen worden gebracht. Een vorm van seizoensopslag is WKO en deze techniek wordt hieronder verder toegelicht.

3.1 WARMTE- EN KOUDEOPSLAG (WKO)

Warmte- en koudeopslag (WKO), ook wel open bodemenergie genoemd, bestaat uit bronnen die grondwater onttrekken en infiltreren. Energie in de vorm van warmte en koude wordt opgeslagen in een ondergrondse watervoerende laag. Deze energie wordt vervolgens onttrokken om te verwarmen (in combinatie met warmtepompen) of te koelen. In Figuur 7.2 is de globale werking van een WKO schematisch weergegeven. In de winter wordt de opgeslagen warmte in de WKO gebruikt om de gebouwen te verwarmen. In de zomer wordt koeling geleverd en warmte opgeslagen in de WKO.

WKO is geen pure bron van energie. Dat wil zeggen dat alle warmte of koude die uit de bodem wordt gehaald er ook weer ingestopt moet worden. Als WKO bijvoorbeeld wordt gebruikt om woningen van warmte te voorzien in de winter dan moet er op een ander moment (de zomer) weer warmte in de bodem gestopt worden. Dit wordt ook wel regeneratie genoemd.



Figuur 7.2 | Schematische weergave van een warmte- en koudeopslag (WKO).

Bijlage 4 Omgevingsbronnen warmte en koude

In deze bijlage wordt een algemene beschrijving gegeven van verschillende energiebronnen voor warmte en koude. Ook worden voor- en nadelen van de verschillende technieken benoemd. Aardgas is meegenomen ter referentie. De volgende individuele en collectieve energiebronnen zijn beschreven:

Individuele energiebronnen

- 3 voortzetting aardgas;
- 4 groen gas;
- 5 waterstof;
- 6 hybride warmtepomp;
- 7 lucht-/waterwarmtepomp;
- 8 lucht-/luchtwarmtepomp;
- 9 ventilatie-warmtepomp(boiler);
- 10 bodemwarmtewisselaar water-/waterwarmtepomp;
- 11 PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp.

Collectieve energiebronnen

- 12 aardgas;
- 13 thermische energie uit oppervlaktewater (TEO);
- 14 thermische energie uit afvalwater (TEA);
- 15 droge koeler;
- 16 lucht-/waterwarmtepomp;
- 17 zonthermie;
- 18 geothermie;
- 19 biomassa;
- 20 groen gas;
- 21 restwarmte.

4.1 INDIVIDUEEL: VOORTZETTING AARDGAS

Het is niet voor niets dat aardgas al jarenlang wordt gebruikt als energiebron. Aardgas heeft namelijk een aantal grote voordelen ten opzichte van overige energiebronnen. Aardgas is relatief makkelijk en goedkoop te winnen, heeft een hoge energiedichtheid en is makkelijk te transporteren over grote afstanden. De hoge temperaturen die ontstaan tijdens de verbranding wordt in veel gevallen ingezet om water te verwarmen. Daarmee zijn relatief gemakkelijk grote vermogens en hoge temperaturen te behalen, wat aardgas een flexibele warmtebron maakt.

Aardgas is echter ook een fossiele brandstof, wat betekent dat bij verbranding CO₂ vrijkomt. De toename van CO₂ in de atmosfeer zorgt voor een opwarming van het klimaat, met heftige gevolgen voor mens, dier en planeet.

4.2 INDIVIDUEEL: GROEN GAS

Groen gas is de duurzame variant van aardgas en wordt gemaakt door biogas op te waarden tot het dezelfde kwaliteit heeft als aardgas. Groen gas wordt schoon geproduceerd en is hernieuwbaar. Groen gas kan worden ingevoerd op het normale gasnet en is bruikbaar voor iedereen met een gasaansluiting. Omdat groen gas dezelfde eigenschappen heeft als aardgas, is het niet nodig apparaten aan te passen.

Hoewel groengas een grote theoretische potentie kent in Nederland (tot meer dan 10 miljard m³ in 2050) is de huidige productie nog beperkt (0,2 miljard m³ in 2020)¹⁸. Afgezet tegen de 11 tot 12 miljard m³ aardgas die momenteel in de gebouwde omgeving gebruikt wordt, is dit een klein volume. De groengassector heeft de ambitie om in 2030 twee miljard m³ te produceren, waarvan het merendeel naar de gebouwde omgeving zou kunnen. Deze ambitie is echter deels gebaseerd op de doorbraak van technologieën zoals superkritisch watervergassen. Het is nog onzeker of deze technologieën goed genoeg werken. De beschikbaarheid van de biomassaströmen (zoals mest) voor de vergisting is gelimiteerd. Na 2030 wordt bovendien een groeiende vraag naar groengas verwacht vanuit industrie en mobiliteit, gezien de beperkte verduurzamingsalternatieven in deze sectoren.

4.3 INDIVIDUEEL: WATERSTOF

De productie van (groene) waterstof¹⁹ vindt plaats met behulp van de techniek elektrolyse. Bij het toepassen van elektrolyse wordt water doormiddel van elektriciteit gescheiden in waterstof en zuurstof. De vrijgekomen waterstof dient als energiedrager en kan bijvoorbeeld worden ingezet als verbrandingsmiddel. Het verbranden van waterstof levert net als aardgas veel warmte met hoog haalbare temperaturen op, waarmee stoffen of materialen opgewarmd kunnen worden. Waterstof wordt gezien als een veelbelovende duurzame brandstof omdat het aardgas kan vervangen met beperkte benodigde aanpassingen aan het gasnet, afgifteapparatuur en de gebouwde omgeving. Daarnaast komen er geen schadelijke stoffen vrij tijdens het verbrandingsproces van waterstof. Het nadeel van waterstof is dat de duurzaamheid volledig afhankelijk is van de productiewijze. Op dit moment wordt waterstof (vooral) gemaakt met behulp van aardgas (grijs), waarbij CO₂ vrijkomt. Volgens het Expertise Centrum Warmte ligt het voor de hand dat waterstof in eerste instantie vooral toegepast wordt waar andere alternatieven ingewikkeld en kostbaar zijn, zoals in de industrie en mobiliteit. Op grote schaal gebruik in de gebouwde omgeving ligt op korte termijn dus niet voor de hand.

Op dit moment wordt er vanuit het Programma Aardgasvrije Wijken (PAW) onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van waterstof in Stad aan 't Haringvliet op het eiland Goeree-Overflakkee²⁰. Er wordt onderzocht of het mogelijk is om de 650 huizen in het dorp te verwarmen met lokaal opgewekte waterstof. Het plan is om de waterstof op te wekken met duurzame elektriciteit van zonnepanelen en windmolens uit de omgeving. Daarna wordt het via het bestaande gasnet vervoerd naar de woningen. De eerste knelpunten die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen zijn dat het erg duur is, er nog geen wet- en regelgeving voor waterstof is en de beslissingsvrijheid van huiseigenaren sterk wordt ingeperkt. Als het gasnet voor waterstof gebruikt worden hebben huiseigenaren namelijk niet meer de keuze om op aardgas te blijven verwarmen.

¹⁸ Bron: <https://groengas.nl/groen-gas/wat-is-groen-gas/>

¹⁹ <https://www.shell.nl/energy-and-innovation/waterstof/waterstof-grijs-blauw-groen.html>

²⁰ <https://www.aardgasvrijewijken.nl/proeftuinen+op+de+kaart/stad+aan+t+haringvliet+goeree-overflakkee/2074963.aspx?t=PAW-in-de-praktijk-Stad-aan-%E2%80%99t-Haringvliet>

4.4 INDIVIDUEEL: HYBRIDE WARMTEPOMP

De hybride warmtepomp bestaat uit een kleine elektrische lucht-/waterwarmtepomp in combinatie met een cv-ketel op gas. De installatie bestaat uit een binnen- en een buitenunit. Tot een buitenluchttemperatuur van circa 2 °C wekt de warmtepomp de benodigde warmte op. Is het kouder of als er warmtapwater nodig is, dan springt de gasketel bij. Voordeel van dit systeem is dat het goed toepasbaar is in minder goed geïsoleerde woningen. Nadeel is dat de woningen nog steeds afhankelijk zijn van aardgas.

4.5 INDIVIDUEEL: LUCHT-/WATERWARMTEPOMP (VOLLEDIG ELEKTRISCH)

De lucht-/waterwarmtepomp gebruikt de buitenlucht als energiebron. Lucht op buitentemperatuur wordt langs een warmtewisselaar (de buitenunit, zie Figuur 7.3) geleid waar de energie onttrokken wordt. Aan de binnenkant stroomt koudemiddel vanuit een in pandig distributienet langs deze warmtewisselaar en zo wordt de energie uit de lucht overgedragen aan het koudemiddel. De energie komt vervolgens bij de warmtepomp terecht, waar de warmte verder wordt opgewaardeerd om ruimteverwarming en warmtapwater te produceren. Ook koude kan met een lucht-/waterwarmtepomp actief worden opgewekt door de warmtepomp.



Figuur 7.3 | Voorbeeld buitenunit lucht-/waterwarmtepomp, enkele woning (links) of meerdere appartementen (rechts).

Lage temperatuur of hoge temperatuur

Er zijn al veel lucht-/waterwarmtepompen geïnstalleerd in Nederland. De meeste hiervan produceren warmte op lage temperatuur, maximaal 50-55 °C. Goed geïsoleerd huizen met de juiste afgifte systemen kunnen hiermee verwarmd worden. Een geïntegreerde of losse boiler gekoppeld aan de warmtepomp zorgt voor het tapwater. Een nadeel van deze warmtepompen is dat de woningen een minimaal niveau van isolatie nodig hebben om met deze temperatuur verwarmd te kunnen worden. Er zijn echter ook lucht-/waterwarmtepompen die hogere temperaturen kunnen leveren tot wel 85 °C. Deze warmtepompen produceren warmte op dezelfde temperaturen als een cv-ketel en daarom hoeft er niets aangepast te worden in woningen met betrekking tot isolatie en afgiftesystemen. Hier hoeven dus geen hoge kosten voor gemaakt te worden als woningen slecht geïsoleerd zijn. Een nadeel van de hoge temperatuur warmtepompen is dat ze duurder zijn en minder efficiënt. Daardoor ligt het elektriciteitsverbruik hoger wat tot hogere jaarlijkse kosten in gebruik leidt.

Voor- en nadelen

Een lucht-/waterwarmtepomp heeft als voordeel dat deze flexibel en gefaseerd ingezet kan worden. Per woning kan het systeem geplaatst worden zonder dat dit voorinvesteringen zoals grootschalige

warmtenetten of collectieve warmtebronnen vergt. Aandachtspunt is dat de warmtepomp gebruik maakt van de buitenlucht als bron. Daarbij moet lucht worden aangezogen wat geluid produceert. Voor het rendement is er een directe afhankelijkheid van de temperatuur van de lucht, waarbij op erg koude dagen relatief veel elektriciteit nodig is om te verwarmen en op warme dagen juist relatief veel elektriciteit om te koelen. Dit zorgt er verder voor dat als dit scenario op grote schaal wordt toegepast er een (forse) druk op het elektriciteitsnet ontstaat.

4.6 INDIVIDUEEL: LUCHT-/LUCHTWARMTEPOMP

Een lucht-/luchtwarmtepomp lijkt erg op een lucht-/waterwarmtepomp zoals beschreven in paragraaf 4.5 in deze bijlage. Naast verwarmen kunnen lucht-/luchtwarmtepompen ook koelen. In koelstand staan lucht-/luchtwarmtepompen ook wel bekend als airco's. In verwarmingsstand werken door buitenlucht aan te zuigen en met de warmtepomp deze lucht op te warmen naar hogere temperaturen. Daarna wordt deze warme lucht in de woning geblazen om de ruimte te verwarmen. Er wordt dus geen gebruik gemaakt van warm water in radiatoren en vloerverwarming zoals bij een lucht-/waterwarmtepomp. Zoals aangegeven kunnen lucht-/luchtwarmtepompen ook koelen. Dan wordt warme lucht uit de woning aangezogen, afgekoeld en weer als gekoelde lucht teruggeblazen. De onttrokken warmte wordt de buitenlucht in geblazen.

Voor- en nadelen

Het voordeel van lucht-/luchtwarmtepompen is dat ze door de simpele werkingen relatief goedkoop zijn. Het nadeel is dat ze minder efficiënt zijn dan een lucht-/waterwarmtepomp en daardoor meer elektriciteit gebruiken. Verder moet er bij een lucht-/luchtwarmtepompen vanaf de buitenunit leidingen worden aangelegd naar alle kamers die verwarmd/gekoeld moeten worden. Dit kan veel werk en een grote investering zijn voor grote woningen met veel kamers.

Het voordeel van de lucht-/luchtwarmtepomp is dat een kamer snel opgewarmd of gekoeld kan worden. Het blazen van de lucht wordt wel als minder comfortabel beschouwd dan verwarmen met radiatoren of vloerverwarming. De lucht-/luchtwarmtepomp is daarom ook meestal niet geschikt om hele woningen van warmte en koude te voorzien. Het is wel een goede aanvulling in sommige kamers zoals een kantoor die maar een aantal momenten in het jaar kort verwarmd of gekoeld moeten worden.

4.7 INDIVIDUEEL: VENTILATIE-WARMTEPOMP(BOILER)

Dit type warmtepomp of warmtepompboiler haalt warmte uit ventilatielucht van het mechanische ventilatiesysteem in de woning. De ventilatielucht is namelijk op kamertemperatuur als het wordt weggezogen uit bijvoorbeeld de keuken of badkamer. Hieruit kan warmte gewonnen worden en daarmee wordt voorkomen dat de warmte via de ventilatie wordt geloosd in de buitenlucht. Je hebt bij deze warmtepomp dus geen buitenunit. De ventilatiewarmtepomp kan gebruikt worden voor het verwarmen van de woning en een warmtepompboiler is geschikt om warm tapwater te produceren. Of een woning geschikt is voor dit type warmtepomp is volledig afhankelijk van het ventilatiesysteem dat aanwezig is in de woning. Doorgaans kan ervan uit worden gegaan dat woningen die gebouwd zijn tussen 1976 en 2000 gebruik maken van een mechanisch ventilatiesysteem en dus geschikt zijn. Woningen die daarna gebouwd zijn hebben meestal een ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Hiermee wordt al voorkomen dat warmte in de buitenlucht wordt geloosd.

Voor- en nadelen

Voordeel van de ventilatiewarmtepomp is dat geen buitenunit benodigd is. Nadeel is dat het niet mogelijk is om met alleen een ventilatiewarmtepomp gasloos te verwarmen. De ventilatiewarmtepomp voegt namelijk geen warmte van buiten de woning toe. Alle warmte uit de ventilatielucht moet op een andere manier geleverd worden aan de woning. Een combinatie met een gasketel blijft dus noodzakelijk. Met een ventilatiewarmtepomp wordt gemiddeld 15% van de CO₂ bespaard²¹.



Figuur 7.4 | Visualisatie van de ventilatie-warmtepomp. Bron: <https://www.kemkens.nl/warmtepompen/ventilatielucht-warmtepomp/>

4.8 INDIVIDUEEL: BODEMWARMTEWISSELAAR WATER-/WATERWARMTEPOMP

Deze individuele brine-/waterwarmtepomp maakt gebruik van aardwarmte als energiebron. Doorgaans wordt een buizensysteem in de ondiepe ondergrond (tot maximaal 250 m-mv) gebracht, waarmee de warmte uit de aarde wordt onttrokken. Als dit op individueel niveau plaatsvindt dan wordt gebruik gemaakt van zogenoemde verticale bodemlussen, zie ook Figuur 7.5.

Lage en hoge temperatuur

Net zoals bij de lucht-/waterwarmtepompen geldt dat brine-/waterwarmtepompen lage en hoge temperatuur warmte kunnen produceren, zie paragraaf 4.5 in deze bijlage. De meeste toegepaste brine-/waterwarmtepompen produceren warmte op lage temperatuur van maximaal 50-55 °C maar er zijn ook warmtepompen die hoge temperaturen kunnen leveren tot maximaal 85 °C. Het voordeel van de hoge temperatuur is dat er geen isolatie of aanpassing in de afgiftesystemen in de woning nodig is. Een nadeel is dat de kosten van de warmtepomp hoger liggen en dat ze minder efficiënt zijn waardoor ze meer elektriciteit gebruiken.

²¹ <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/ventilatiewarmtepomp/>



Figuur 7.5 | Installatie bodemwarmtewisselaars. Links boring, rechts de gesloten lus voordat deze de grond in gaat.

Voor- en nadelen

De bodem als warmtebron gebruiken heeft als voordeel dat een hoog rendement gehaald kan worden (temperatuurschommelingen in de bodem zijn minder groot dus ook bij extreme buitentemperaturen kan efficiënt energie onttrokken worden) én dat het ook mogelijk is om de gebouwen zeer efficiënt te koelen. Nadeel is dat de aanleg van de bodemlussen een relatief grote investering vraagt en er ruimte moet zijn om de bodemlus te realiseren. Worden veel lussen in eenzelfde gebied gerealiseerd, zoals bij rijtjeswoningen, dan ontstaat onderlinge interferentie bij de lussen. Er ontstaat dan risico op verregaande afkoeling van de bodem en daarmee geleidelijke afname van de efficiëntie van de lussen.

4.9 INDIVIDUEEL: PT OF PVT GEKOPPELD AAN BOILER OF WARMTEPOMP

Met zonthermie wordt er warmte gegeneerd door warmte van de zon op te vangen middels thermische zonnepanelen. Er wordt hier onderscheidt gemaakt tussen Photo Thermische (PT) panelen en PhotoVoltaic Thermal (PVT) panelen. Met PT panelen kan alleen warmte opgewekt worden en met PVT-panelen kan naast warmte ook elektriciteit opgewekt worden. PVT-panelen leveren dus elektrische- en thermische energie. Een ander verschil is dat PT panelen in de zomerwarmte van wel 90 °C kunnen produceren waar PVT-panelen meestal een maximale temperatuur van 20-30 °C bereiken. Verder is het zo dat PT panelen alleen warmte produceren als de zon schijnt terwijl PVT-panelen ook in het donker werken. Dit komt doordat PVT-panelen ook warmte uit de lucht en regen halen. Vanwege de verschillen worden beide type panelen meestal op een andere manier toegepast.

PT panelen in combinatie met een boiler

PT panelen, ook wel zonnecollectoren genoemd, werken meestal in combinatie met een boiler, ook wel een zonneboiler genoemd. De PT panelen produceren warmte wat wordt opgeslagen in het boilervat. Als het nodig is wordt het water daarna verder verwarmd met een elektrisch element of cv-ketel. Het water uit het boilervat wordt gebruikt om te douchen en in de keuken. Doordat PT panelen warmte op een hoge temperatuur produceren is het in de zomer meestal niet nodig om het water extra na te verwarmen. In de winter als het langer donker is, is het niet mogelijk om zonder elektrisch element of extra cv-ketel al het warme water te leveren. Met een zonneboiler is het mogelijk om per jaar zo'n 50% van de tapwatervraag te leveren²². Daarmee wordt dus zo'n 50% op het gasverbruik

²² <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-warm-water/zonneboiler/>

bespaart dat gebruikt wordt voor tapwater. De tapwatervraag is ongeveer 20% van het totale gasverbruik.

PVT-panelen in combinatie met een warmtepomp

PVT-panelen produceren warmte met een lagere temperatuur en worden daarom vaak ingezet in combinatie met een warmtepomp. In Figuur 7.6 is een opstelling met PVT en warmtepomp gevisualiseerd. De warmtepomp verhoogt de temperatuur waarna het water gebruikt kan worden om een woning te verwarmen. Het is ook mogelijk om te koelen met dit systeem doordat de warmtepomp koel water produceert en de warmte via het PVT-paneel afgeeft aan de buitenlucht.



Figuur 7.6 | PVT-paneel gekoppeld aan warmtepomp. Bron: Qsilence

Andere opstellingen

Behalve bovengenoemde opstellingen van PT-panelen met boilers en PVT-panelen met warmtepompen zijn ook andere combinaties mogelijk. Zo kan aan een PVT-paneel een combiwarmtepomp gekoppeld worden met een geïntegreerde boiler zodat ook warm tapwater geleverd kan worden. Verder bestaan er ook zonneboilercombi's waarmee naast tapwater ook verwarming geleverd wordt met behulp van PT panelen. Afhankelijk van de situatie per woning zal onderzocht moeten worden wat de beste opstelling is.

Voor- en nadelen

Het voordeel van deze technieken is dat er geen buitenunit nodig is zoals bij een lucht-/waterwarmtepomp. De buitenunit wordt doorgaans als minder prettig ervaren, aangezien deze goed zichtbaar is en geluid produceert. Het nadeel van deze techniek is de mismatch tussen het moment van productie en vraag naar warmte. De PVT en PT panelen produceren vooral warmte in de zomer. De vraag naar ruimteverwarming is dan erg laag of afwezig. In de winter wanneer de vraag het hoogste is dan is de productie juist het laagst. Om in de winter daarom genoeg warmte te produceren zijn erg veel panelen nodig die in de zomer niet nuttig gebruikt kunnen worden. Bij de toepassing van veel panelen is er veel dakoppervlak nodig. Een nadeel is dat er een geschikt dak moet zijn met een goede huisoriëntatie voor het plaatsen van deze panelen. Verder is de techniek van PVT-panelen relatief nieuw en daardoor nog relatief duur. Zeker als er genoeg panelen geplaatst moeten worden om een woning gasloos van warmte te voorzien. Daarnaast moeten woningen vergaand geïsoleerd zijn om volledig van het gas af te kunnen. In de bestaande bouw komen dan ook vaak hybride concepten voor, waarbij bijvoorbeeld een PVT met warmtepomp wordt aangevuld door een traditionele gasketel.

4.10 COLLECTIEF: AARDGAS

Om warmtenetten financieel rendabel te krijgen worden op dit moment vaak gasketels toegepast als piekvoorziening. Dit houdt in dat de gasketel tijdens de koudste momenten van het jaar een gedeelte van het vermogen levert. Ondanks dat in de toekomst alle gebouwen gasloos verwarmd moeten worden, is het wel belangrijk om de optie aardgas mee te nemen bij de collectieve oplossingen. Net als de individuele hybride warmtepomp kan een collectieve gasketel namelijk wel een tussenoplossing bieden om collectieve systemen nu van de grond te krijgen. In de toekomst kunnen dan mogelijk andere energiebronnen (denk aan groen gas, waterstof of elektrische boiler) als piekvoorziening worden ingezet.

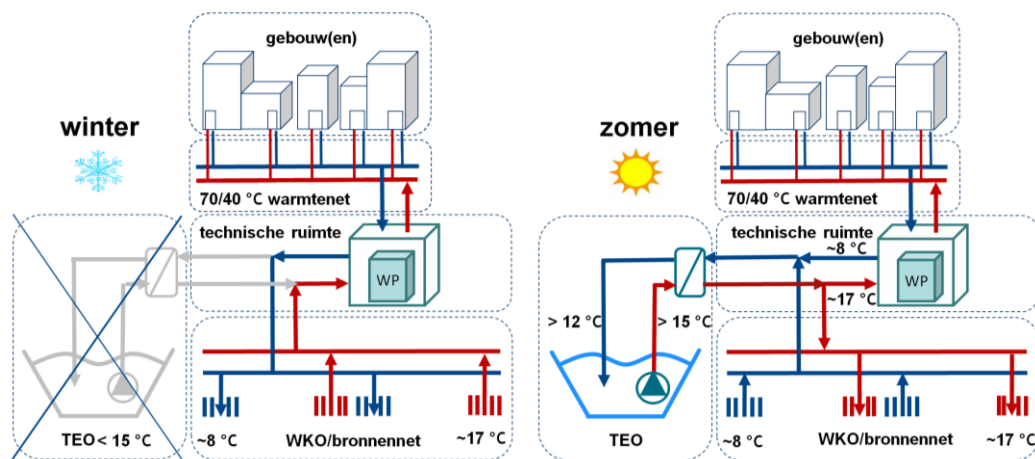
4.11 COLLECTIEF: THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER (TEO)

Met de techniek aquathermie wordt warmte gewonnen uit water. Een veel toegepaste variant is de winning van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). Een TEO-systeem kan toegepast worden in combinatie met WKO of zonder een vorm van opslag, ook wel monovalent genoemd.

In combinatie met WKO

In veel gevallen wordt de techniek TEO gecombineerd met seizoenopslag: een bodemenergiesysteem (warmte-/koude opslag, WKO). In de zomer levert het TEO-systeem direct warmte aan de woningen en daarnaast wordt warmte opgeslagen in de bodem (in het WKO-systeem). In de winterperiode staat het TEO-systeem uit en wordt de opgeslagen warmte in het WKO-systeem naar de woningen gedistribueerd.

De woningen worden bij een collectief WKO- en TEO-systeem voorzien van warm water via het distributienet. Een schematische weergave van een collectief WKO en TEO-systeem is weergegeven in Figuur 7.7. In de schematische weergaven is als uitgangspunt (MT-net) genomen, maar dit kan ook een ander type warmtenet zijn.



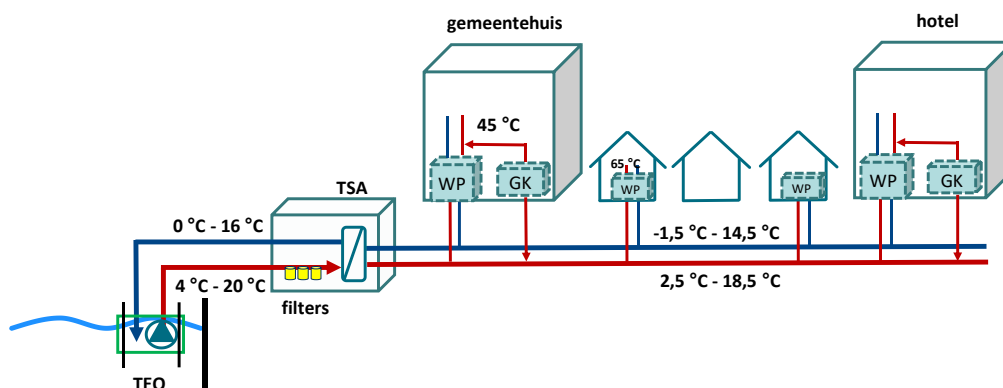
Figuur 7.7 | Principeschema collectieve WKO en TEO in de winter en zomer (grijs = niet in bedrijf). Winter: het TEO-systeem is uitgeschakeld, omdat het oppervlaktewater te koud is ($< 15\text{ }^\circ\text{C}$). Het WKO-systeem levert warmte uit de warme bronnen die door de warmtepomp wordt opgewaardeerd. Zomer: het TEO-systeem is ingeschakeld, warmte kan aan de warmtepomp geleverd worden om de gebouwen van tapwater te voorzien, daarnaast wordt de warmte uit het oppervlaktewater gebruikt om de WKO te laden/regenereren. WP = warmtepomp.

Een collectief WKO en TEO-systeem is inmiddels een bekende techniek in Nederland. Tientallen systemen van verschillende groottes zijn gerealiseerd en een veelvoud zijn in een onderzoeksfase. Aandachtspunten zijn de grote investeringen die gedaan moeten worden en de ecologische impact op het oppervlaktewater. Naast de WKO en TEO is ook het warmtenet een grote kostenpost. Ook faseerbaarheid is maar beperkt mogelijk, waarbij er bovendien een bepaalde garantie van afname moet zijn voor überhaupt tot realisatie overgegaan kan worden.

Monovalent TEO-systeem

Een monovalent TEO-systeem houdt in dat het warmtenet jaarrond van warmte wordt voorzien vanuit het TEO-systeem zonder tussenkomst van opslagsystemen zoals WKO. Monovalente TEO-systemen worden doorgaans toegepast bij grote rivieren of projecten gelegen aan de zee omdat deze waterlichamen in de winter over het algemeen hogere temperatuur hebben dan kleinere lokale wateren.

In Figuur 7.8 is een principetekening gegeven van een monovalent TEO-systeem gekoppeld aan een zeer laag temperatuur (ZLT)-net. Het is ook mogelijk om een centrale technische ruimte met warmte opwekkers te realiseren, die gekoppeld is aan een LT of MT-net.

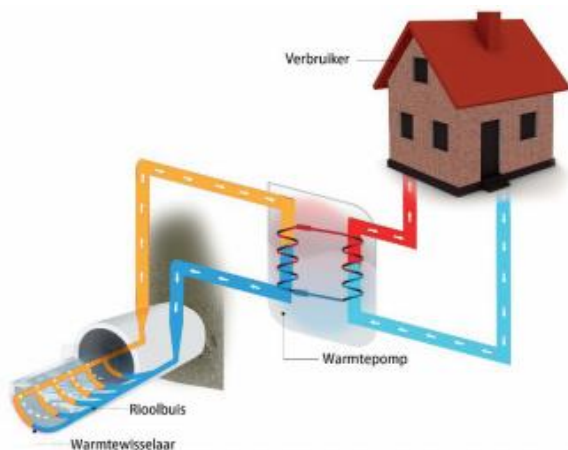


Figuur 7.8 | Principeschema monovalent TEO. In een rivier of de zee wordt water ingenomen. In een centrale technische ruimte wordt het water gefilterd en langs een tegenstroomapparaat (TSA) gepompt om de warmte over te dragen aan het distributienet. Elk pand heeft zijn eigen warmtepomp, waarmee ruimteverwarming en mogelijk warmtapwater geproduceerd kan worden. Het gemeentehuis en hotel zijn ter illustratie van utiliteit. WP = warmtepomp, GK = gasketel.

4.12 COLLECTIEF: THERMISCHE ENERGIE UIT AFVALWATER (TEA)

Een andere mogelijke toepassing van aquathermie is het toepassen van thermische energie uit afvalwater (TEA). Het concept is hetzelfde als beschreven in paragraaf 4.10 in deze bijlage alleen wordt bij TEA gebruik gemaakt van de warmte uit afvalwater. Er zijn de afgelopen jaren veel nieuwe technieken ontwikkeld om de warmte die wordt toegevoegd aan het afvalwater terug te winnen en daarmee opnieuw te gebruiken. Het principe van TEA is vrij eenvoudig. Het afvalwater stroomt over een warmtewisselaar en geeft haar warmte af aan een transportvloeistof die door de warmtewisselaar stroomt. Deze vloeistof transporteert de warmte naar de afnemer. De temperaturen zijn dan nog relatief laag, afhankelijk van het seizoen en van de afkomst van het afvalwater. Een warmtepomp brengt de temperatuur vervolgens naar een bruikbaar niveau.

Er zijn verschillende locaties om warmte uit te koppelen. De afvalwaterketen begint bij de gebouwen en eindigt bij de lozing van schoon water op het oppervlaktewater. Hiertussen bevinden zich uitgebreid stelsel van riolering, transportgemalen, rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en effluentleidingen. Figuur 7.9 geeft een illustratie van een TEA-systeem waarbij de warmte gewonnen wordt in de riolering, ook wel riothermie genoemd.



Figuur 7.9 | Principeschema TEA/riothermie. Bron: STOWA: Portfolio thermische energie uit afvalwater.

TEA met/zonder WKO

De techniek TEA kan zowel met WKO als zonder WKO worden toegepast. Als het in combinatie met WKO wordt toegepast dan liggen de investeringskosten hoger, maar is het rendement van de warmtepompen ook hoger. Ook is het mogelijk met WKO om in de winter meer warmte te leveren.

4.13 COLLECTIEF: LUCHT-/WATERWARMTEPOMP

Bij het inzetten van collectieve lucht-/waterwarmtepompen wordt de buitenlucht direct ingezet als energiebron om bruikbare warmte te produceren. Lucht op buitentemperatuur wordt langs een warmtewisselaar geleid waar de energie onttrokken wordt. Aan de binnenkant van de warmtepomp stroomt een koudemiddel vanuit het in pandig distributienet langs deze warmtewisselaar en zo wordt de energie uit de lucht overgedragen aan de warmtepomp. Afhankelijk van het type en samenstelling van de warmtepompen kunnen temperaturen van tussen de 40 tot 80 °C geproduceerd worden. Zie Figuur 7.10 ter illustratie. De lucht-/waterwarmtepomp is vergelijkbaar met de individuele lucht-/waterwarmtepomp uit paragraaf 4.5 in deze bijlage. Het verschil is dat een collectieve lucht-/waterwarmtepomp niet direct levert aan woningen maar dat de warmte wordt ingevoed op een warmtenet.

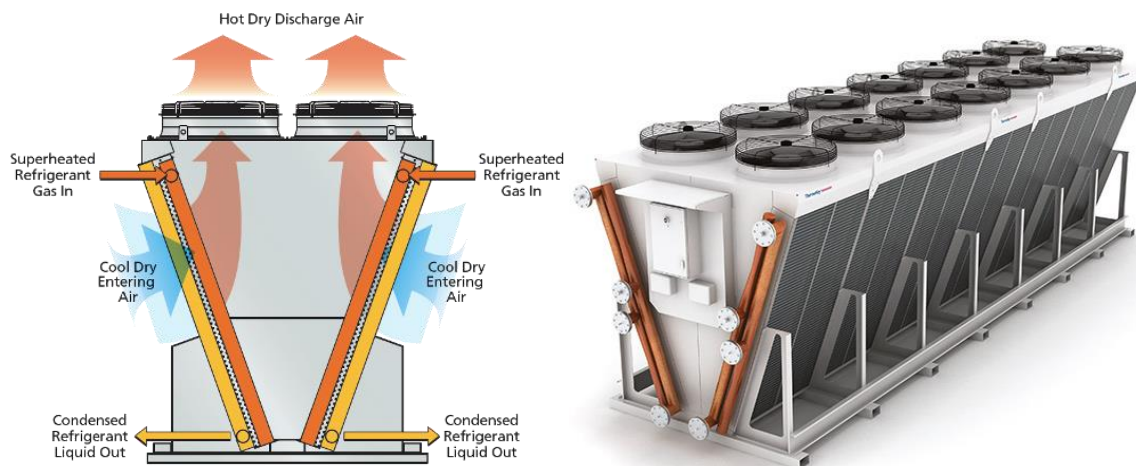


Figuur 7.10 | Plaatsing van een collectieve lucht-/waterwarmtepomp.

De collectieve lucht-/waterwarmtepomp heeft als voordeel dat deze flexibel en gefaseerd ingezet kan worden. Daarnaast kan de lucht-/waterwarmtepomp jaarrond warmte leveren, waardoor seizoensopslag niet nodig is. Het rendement van een lucht-/waterwarmtepomp is daarentegen afhankelijk van de buitentemperatuur. Daarmee is het rendement zeker tijdens piekmomenten in de winter aan de lage kant. De energetische prestaties van de lucht-/waterwarmtepomp liggen hierdoor lager dan bij de alternatieve energietechnieken.

4.14 COLLECTIEF: DROGE KOELER

Het gebruik van buitenlucht kan ook i.c.m. seizoensopslag worden toegepast. Aangezien buitentemperaturen meestal niet veel hoger dan 30 °C komen, is een koppeling op een WKO-systeem voor de hand liggend. De WKO wordt dan in de zomer geladen met een droge koeler welke warmte uit de buitenlucht invangt middels hetzelfde principe als een lucht-/waterwarmtepomp. Ook een droge koeler heeft een buitenunit waar thermische energie wordt afgevangen. In Figuur 7.11 is de werking van de droge koeler weergegeven.



Figuur 7.11 | De droge koeler: links de werking toegelicht en rechts een praktijkvoorbeeld. Let op! in de linker afbeelding wordt warmte afgegeven, terwijl in dit project juist koude lucht wordt afgezogen.

Het voordeel van een droge koeler t.o.v. een lucht-/waterwarmtepomp is dat een droge koeler een lagere geluidsproductie heeft en het energetisch rendement van de installatie hoger is door de combinatie met seizoensopslag. Nadeel is dat er dus ook seizoensopslag gerealiseerd moet worden, waardoor de kosten toenemen en meer infrastructuur in de openbare ruimte gerealiseerd moet worden.

4.15 COLLECTIEF: ZONTHERMIE

Zonthermie is het genereren van warmte door het opvangen van zonne-energie middels thermische zonnepanelen. Het verschil met de individuele techniek beschreven in paragraaf 4.9 in deze bijlage is dat er in een collectief systeem heel veel zonnepanelen bij elkaar worden opgesteld. Er zijn twee gangbare technieken om deze warmte te winnen, er kan warmte direct uit zonnestraling worden gewonnen middels Photo Thermische (PT) panelen, of er kan een thermische module achter een PV-paneel (PVT-panelen) worden opgesteld om zo indirect warmte uit de atmosfeer te halen. PVT-panelen leveren dus elektrische- en thermische energie. Daarnaast is een verschil dat PT panelen in de zomerwarmte van wel 90 °C kunnen produceren waar PVT-panelen meestal maximale een temperatuur van 20-30 °C bereiken.

Potentie

PT- of PVT-collectoren worden in groten getale opgesteld, waar een groot stuk grond voor nodig is. Voornamelijk in de zomer worden grote hoeveelheden warmte gevangen door de PT-collectoren. Deze warmte wordt dan direct geleverd aan gebouwen of bij weinig warmtevraag opgeslagen. Door het toepassen van een vorm van opslag kan het hele jaar warmte worden geleverd. De potentie van zonthermie hangt rechtstreeks samen met de beschikbare oppervlakte aan ruimte. In theorie kunnen genoeg collectoren geplaatst worden om te voldoen aan een warmtevraag, als men bereid is de openbare ruimte daarvoor te benutten. Per hectare grond is er een mogelijke opbrengst van ca. 4.320 GJ aan warmte²³. Deze opbrengst is gelijk voor PT- en PVT-panelen. Het heeft uiteraard niet de voorkeur om openbaar gebied te gebruiken voor het plaatsen van collectoren. Bestaand dakoppervlak benutten voor deze toepassing is echter alleen een realistische optie als er een groot aaneengesloten dakoppervlak beschikbaar is. Anders raakt het systeem versnipperd over meerdere daken

²³ DE Delft (april 2021). Potentieel zonthermie - RES-regio Rivierenland.

wat het organisatorisch heel moeilijk maakt voor een collectief systeem. Bij grootschalig inzet van zonthermie is het dus onontkoombaar om een aaneengesloten stuk land of dak aan te wijzen als productielocatie.

Buffer

Voor de beste benutting van de warmte uit zonnepanelen is een buffer nodig. Als de temperatuur van de geproduceerde warmte onder de 25 °C ligt, zoals grotendeels bij PVT-panelen, dan kan een WKO gebruikt worden als seizoensopslag. Bij PT-panelen liggen de temperaturen echter veel hoger en is een Ecovat een betere oplossing. Hier kan de warmte op hoge temperatuur worden opgeslagen waarna het in de winter direct toegepast kan worden in woningen of nog een klein beetje opgewaardeerd moet worden met warmtepompen.

Voor- en nadelen

Het toepassen van zonthermie is een kostbare operatie. Niet alleen moeten vele collectoren geplaatst worden, ook moet land aangekocht worden. Voordeel is dat warmte op relatief hoge temperatuur gewonnen kan worden bij PT-panelen. Afhankelijk van het energieconcept kunnen de woningen in de zomer direct met deze temperatuur verwarmd worden of moet de warmtepomp nog een kleine extra sprong maken. Doordat er minder gebruik gemaakt wordt van warmtepompen is het elektriciteitsgebruik laag. Het voordeel van PVT-panelen is dat er naast warmte tegelijkertijd ook elektriciteit geproduceerd wordt. Op deze manier wordt efficiënt met de ruimte omgegaan.

4.16 COLLECTIEF: GEOTHERMIE

Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is het gebruik van warmte uit de diepe ondergrond vanaf 500 meter en dieper voor het verwarmen van huizen, gebouwen en lichte industrie. Afhankelijk van de diepte kan geothermie een warmtenet direct voorzien van warmte met een temperatuur van circa 70-90 °C. Geothermie op dieptes tussen de 500 en 1.500 meter wordt ook wel ondiepe geothermie (OGT) genoemd. Met OGT kunnen temperaturen tussen de 30 °C en 50 °C behaald worden. Geothermie is niet op elke locatie toepasbaar. De toepasbaarheid wordt namelijk bepaald door de bodemgesteldheid en samenstelling. Een geothermiesysteem scoort erg goed op het gebied van duurzaamheid, maar is erg kostbaar om te realiseren. De potentie van geothermie vanaf ongeveer 1.500 meter ligt tussen de 160.000 en 690.000 GJ/jaar afhankelijk van de ondergrond en diepte (bron: IF Technology, 72125/JK/20221110_PR). De potentie van OGT ligt lager en is daarmee ook geschikter voor toepassingen met kleinere warmtenetten.

4.17 COLLECTIEF: BIOMASSA

Biomassa kan op collectieve schaal worden toegepast om water te verwarmen. De biomassa dient hierbij als brandstof en kan bestaan uit houtsnippers, houtpallets en afvalhout. De verbranding van biomassa levert dezelfde warmwatertemperatuur als een cv-ketel, zodat er in de gebouwen geen aanpassing nodig is van de radiatoren. De toepasbaarheid van deze techniek is dan ook het grote voordeel. Nadeel van dit systeem is dat het de biodiversiteit en voedselproductie kan bedreigen²⁴. Daarnaast is het beperkt beschikbare biomassa in Nederland hard nodig als duurzame brandstof in de industrie, omdat het een van de weinige manieren is om de zeer hoge temperaturen te bereiken die nodig zijn voor bepaalde industriële processen.

²⁴ <https://www.unitedconsumers.com/blog/energie/biomassa.jsp>

4.18 COLLECTIEF: GROEN GAS

De productie van warm water met groen gas (biogas) lijkt grotendeels op het proces met biomassa. Het verschil zit in het gebruik van de bronnen. Groen gas maakt namelijk gebruik van natte reststromen zoals mest, gft en agrarische reststromen.

De toepassing van groen gas kan op verschillende manieren in een energieconcept verwerkt worden. In paragraaf 4.2 in deze bijlage (bij de individuele concepten) wordt groengas ingevoerd op het normale gasnet, zodat het voor alle particulieren via het reguliere gasnet beschikbaar komt. In deze paragraaf (collectief concept) wordt juist aandacht besteed aan een variant waarbij op collectieve basis warmte wordt geproduceerd. Dit houdt in dat de energiebron (producent van groen gas) direct verbonden wordt aan één collectieve groen-gascentrale. Daarmee is in de woningen dus geen warmte opwekkingsinstallatie nodig. De woningen zijn aan de groen-gascentrale gekoppeld middels een warmtenet.

Net als bij biomassa is het grote voordeel van deze variant dat de woningen direct op een duurzame wijze verwarmd kunnen worden. Ondanks dit voordeel is er ook veel kritiek op groen gas. Een nadeel is bijvoorbeeld dat bij verbranding van groen gas CO₂ vrijkomt en er discussie is of het klimaatneutraal is. Daarnaast is het beperkt beschikbare groen gas in Nederland hard nodig als duurzame brandstof in de industrie, omdat het een van de weinige manieren is om de zeer hoge temperaturen te bereiken die nodig zijn voor bepaalde industriële processen.

4.19 COLLECTIEF: RESTWARMTE

Restwarmte is warmte die vrijkomt bij bedrijvigheid en die niet meer binnen het bedrijf zelf kan worden gebruikt. Denk hierbij bijvoorbeeld aan productieprocessen, datacenters, supermarkten of afvalverbrandingsinstallaties. Zonder aansluiting op een warmtenet wordt deze warmte geloosd en niet nuttig gebruikt. Vooral de industrie heeft grote hoeveelheden restwarmte beschikbaar. Het voordeel van deze restwarmte is dat het meestal warmte op een hoge temperatuur is. Deze warmte kan gelijk gebruikt worden in de gebouwde omgeving zonder dat de temperatuur verhoogd hoeft te worden met een warmtepomp.

Bijlage 5 Bodem en belangen

Conclusies en vervolg

Voor de klimatisering van de wijk Achter de Kerken in Abcoude wordt gedacht aan het toepassen van een energiecentrale in combinatie met een open bodemenergiesysteem.

5.1 CONCLUSIES

Op basis van de uitgevoerde haalbaarheidsstudie, zijn de volgende conclusies getrokken ten aanzien van de toepassing van een open bodemenergiesysteem voor dit project:

- De opbouw van de bodem op de locatie van Abcoude lijkt geschikt voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem.
- De verwachting is dat de eigenschappen van de bodem toereikend zijn voor een debiet van 250 m³/uur.
- Er zijn geen technische en juridische risico's aanwezig die de realisatie en exploitatie van het beoogde open bodemenergiesysteem op de locatie in de weg staan.

5.2 AANDACHTSPUNTEN

De aandachtspunten die uit de haalbaarheidsstudie naar voren gekomen zijn, zijn als volgt beschreven:

- Omliggende gesloten bodemenergiesystemen
- De aanwezigheid van begraafplaatsen
- De aanwezigheid van de regionale waterkering
- Inpassing bronnen i.v.m. kabels en leidingen

5.3 VERVOLGSTAPPEN

Geadviseerd wordt om het geohydrologisch ontwerp zoals omschreven in hoofdstuk 4 van het BRL SIKB Protocol 11001 op te stellen. Hierin wordt het systeemconcept en de uitgangspunten en het bronontwerp verder uitgewerkt.

Dit vormt de basis voor de verdere uitwerking van het bodemenergiesysteem en het aanvragen van de benodigde vergunningen.

Vooronderzoek en toetsing haalbaarheid

5.4 BODEMOPBOUW

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

- Grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINoloket.

De verwachte bodemopbouw op de locatie is weergegeven in Tabel 7.3.

Tabel 7.3 | Bodemopbouw

diepte [m-mv]*	lithologie	geohydrologie
0 - 7	veen en klei	deklaag
7 - 45	gestuwde afzettingen van matig tot grof zand met enkele kleilagen	gecombineerd 1 ^e /2 ^e watervoerend pakket
45 - 50	klei, leem en fijn zand	1 ^e scheidende laag
50 - 175	zeer grof tot uiterst grof zand met lokaal een kleilaagje	3 ^e watervoerende pakket
> 175	klei en matig fijn tot zeer grof zand	hydrologische basis

* het maaiveld bevindt zich op circa -1 m NAP

Bodemgeschiktheid




De bodem is geschematiseerd in twee watervoerende pakketten. Het gecombineerde eerste en tweede watervoerende pakket is niet geschikt wegens de beperkte diepte en het voorkomen van zoet en brak grondwater. In deze studie ligt de focus op het gebruik van het derde watervoerende pakket voor de toepassing van het beoogde open bodemenergiesysteem.

Er is in de directe omgeving van de projectlocatie geen informatie beschikbaar over de opbouw van het derde watervoerende pakket. Op basis van diepe boringen op grotere afstand en in verschillende richtingen van de projectlocatie wordt verwacht dat het derde watervoerende pakket een goede doorlatendheid heeft en voldoende dik is voor een bron met hoge capaciteit. Dit pakket is op basis van de verwachte bodemopbouw geschikt voor een open bodemenergiesysteem met de broncapaciteit van maximaal 250 m³/uur. Eventuele technische en/of juridische aandachtspunten kunnen de haalbare broncapaciteit beperken.

5.5 TECHNISCHE EN JURIDISCHE ASPECTEN

In Tabel 7.4 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een open bodemenergiesysteem in het derde watervoerend pakket. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten, risico's of belemmeringen nader toegelicht en is beschreven of aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Tabel 7.4 | Technische en juridische aspecten open bodemenergiesysteem

onderwerp		toelichting
bodemopbouw		
doorlaatvermogen	✓	voldoende doorlaatvermogen
dikte pakket	✓	voldoende dik
doorboren veenlagen/bruinkoollagen	✓	aanwezig, geen risico
opbarsten bron	✓	niet aanwezig bij gebruik derde watervoerend pakket
grondwater		
maaiveld	✓	-1 m NAP
grondwaterstand	✓	-1,8 m NAP (-1,9 - -1,7 m NAP) (bron: peilbuis B25G7179)
stijghoogte 1 ^e /2 ^e watervoerend pakket	✓	-2,5 m NAP (bron: Landelijk Hydrologisch Model)
stijghoogte 3 ^e watervoerend pakket	✓	-2,5 m NAP (bron: REGIS)
artesisch grondwater	✓	niet aanwezig
grondwaterstroming	✓	15 m/jaar in westelijke richting
zoet/brak/zout-overgangen	✓	zoet-/brakgrensvlak: circa 15 m-mv, brak-/zoutgrensvlak: circa 40 m-mv, geen beïnvloeding verwacht
gas	✓	geen afwijkende gasdruk
deeltjes	✓	geen verhoogd risico op deeltjes
redox	✓	geen gegevens over diepe grondwaterkwaliteit bekend. Op basis van ervaringen op het AMC terrein geen redoxovergang verwacht in opslagpakket
temperatuur opslagpakket	✓	11,5 - 13 °C (50 - 175 m-mv)
belangen		
bodemenergieplan of interferentiegebied	✓	niet gelegen in bodemenergieplan of interferentiegebied
grondwateronttrekkingen	✓	geen grondwateronttrekkingen in de omgeving
open bodemenergiesystemen	✓	geen open bodemenergiesystemen in de omgeving
gesloten bodemenergiesystemen	✓ 1	enkele gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving
zettingen	✓	noemenswaardige zetting wordt niet verwacht
grondwaterbescherming	✓	niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	✓	fort Abcoude en watergang de Gein benoemd als beschermdde natuur. I.v.m. diepte opslagpakket en hoog doorlaatvermogen worden natuurwaarden niet negatief beïnvloed
archeologie	✓	middelhoge verwachting archeologische waarden. Vrijstelling voor werkzaamheden die minder dan 500 m ² grond roeren. Geen archeologisch onderzoek plicht nodig voor realisatie open bodemenergiesysteem
aardkundig waardevol gebied	✓	niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
verontreinigingen	✓	geen verontreinigingen verwacht in het opslagpakket
waterkering	⚠ 2	secundaire waterkering aanwezig nabij de wijk
spoor	✓	circa 170 m ten oosten van de wijk openbaar spoor aanwezig, geen risico
begraafplaats	⚠ 3	begraafplaatsen aanwezig nabij projectlocatie
kabels en leidingen in de bodem	⚠ 4	moet in een vervolgfase verder uitgewerkt worden
ondergrondse infrastructuur	✓	geen ondergrondse tunnels of parkeergarages bekend
 geschikt, geen belemmering of aandachtspunt  aandachtspunt of risico  hoog risico of belemmering		

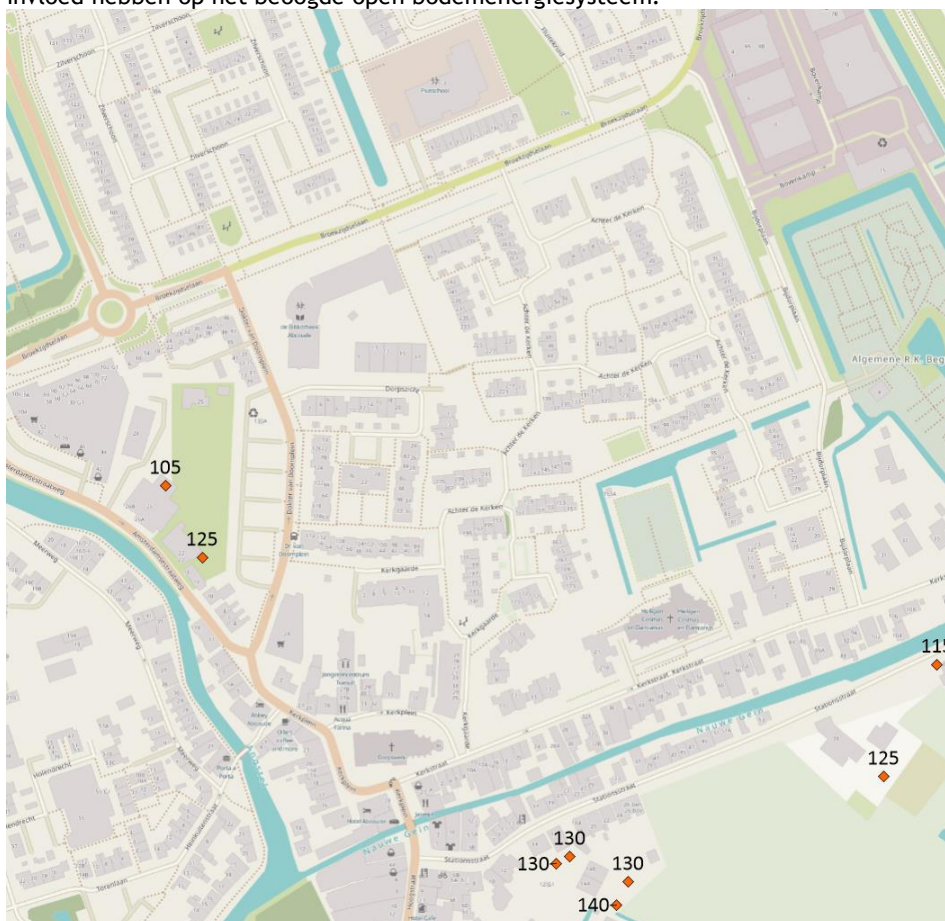
1. Gesloten bodemenergiesystemen

Uit het overzicht van de Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht (RUD) blijkt dat binnen een straal van 1.000 m enkele gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn.

Deze gesloten bodemenergiesystemen zijn weergegeven in Figuur 7.12. Een nieuw initiatief voor een bodemenergiesysteem mag een bestaand bodemenergiesysteem niet dusdanig beïnvloeden dat het doelmatig functioneren van het bestaande systeem geschaad wordt. In het geval van de wijk Achter de Kerken bevinden zich enkele gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving. Uit het overzicht van de RUD blijkt dat deze systemen een veel grotere warmte- dan koudevraag hebben en dat ze daarmee de bodem netto afkoelen.

Een open bodemenergiesysteem kan zowel een positieve als negatieve invloed hebben op een gesloten bodemenergiesysteem. Bij de inpassing van de bronnen voor het open bodemenergiesysteem moet rekening gehouden worden met de gesloten bodemenergiesystemen door de bronnen op voldoende afstand van het gesloten bodemenergiesysteem te plaatsen of aan te tonen dat er geen negatieve interferentie optreedt.

Andersom zullen de gesloten bodemenergiesystemen, omdat het enkele bodemlussen betreft, geen invloed hebben op het beoogde open bodemenergiesysteem.

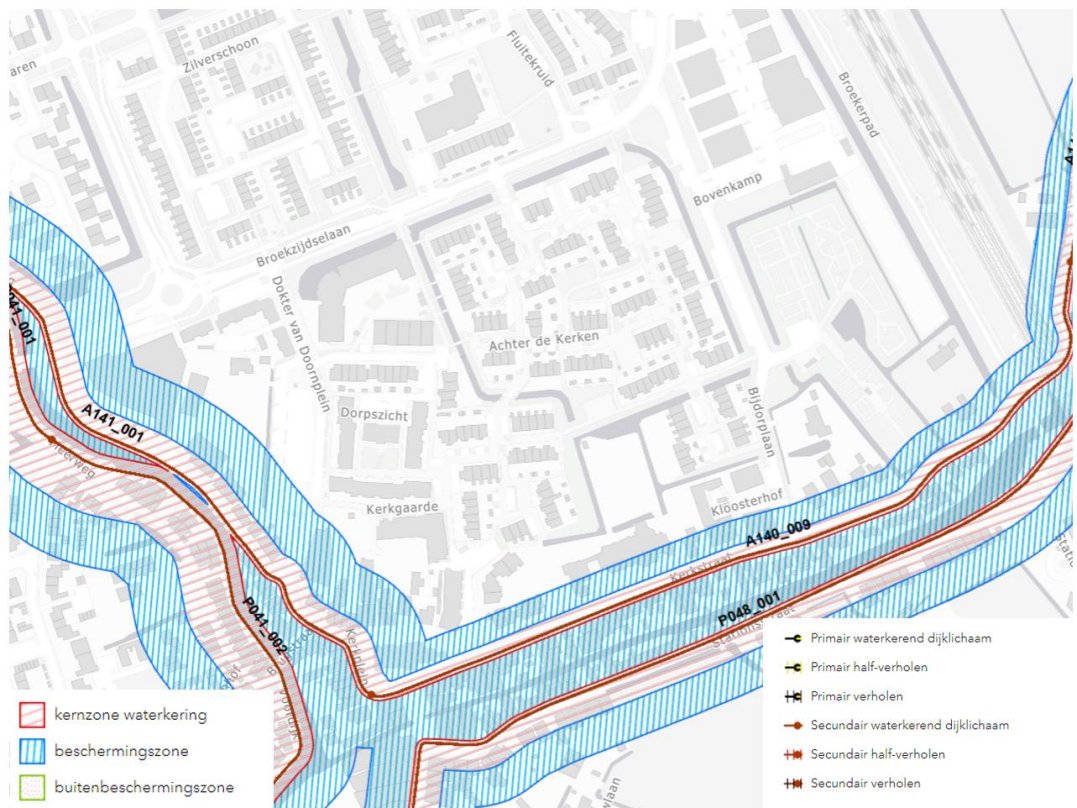


Figuur 7.12 | Gesloten bodemenergiesystemen nabij de wijk Achter de Kerken. Het getal geeft de einddiepte van de lussen weer.

2. Waterkering

Ten zuiden en ten westen van de wijk Achter de Kerken bevindt zich een secundaire waterkering in beheer bij het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht (zie Figuur 7.13). Rondom de waterkering bevindt zich een beschermingszone waarbinnen aanvullende regelgeving geldt voor werkzaamheden. Daarnaast mag de stabiliteit van een waterkering niet in het geding komen door de toepassing van een open bodemenergiesysteem. Vanwege de diepte van een open bodemenergiesysteem en het ontbreken van zettingsgevoelige lagen is niet de verwachting dat de waterkering nadelig beïnvloed wordt door de werking van een open bodemenergiesysteem.

Voor het plaatsen van bronnen wordt geadviseerd een locatie buiten de beschermingszone van de waterkering te kiezen.



Figuur 7.13 | Secundaire waterkering rondom de projectlocatie

3. Begraafplaats

Ten noorden van de H.H. Cosmas en Damianuskerk en ten oosten van de Bijdorplan bevindt zich een begraafplaats. Deze begraafplaatsen liggen direct tegen de wijk Achter de Kerken aan. Voor een begraafplaats is het van belang dat voldoende verticale afstand aanwezig is tussen de onderkant van een graf en de gemiddelde hoogste grondwaterstand. Bij de toepassing van een open bodemenergiesysteem kunnen grondwaterstandveranderingen optreden. Vanwege de diepte van het opslagpakket is de verwachting dat significante grondwaterstandveranderingen niet optreden. Deze effecten worden bij de vergunningaanvraag inzichtelijk gemaakt.

4. Kabels en leidingen

Voor de realisatie van de bronnen en het bijbehorende kabel- en leidingwerk is naar verwachting gemeentegrond nodig. Voor de inpassing van de bronnen en het kabel- en leidingwerk moet rekening gehouden worden met de aanwezige kabels en leidingen. Dit moet in een vervolgfase verder uitgezocht worden.

Bijlage 6 Beoordelingscriteria

In deze bijlage zijn de beoordelingscriteria beschreven.

- 1 **Potentie.** In hoeverre zijn de bronnen beschikbaar en toereikend om te voldoen in de energievraag in het projectgebied.
- 2 **Duurzaamheid in de vorm van CO₂ uitstoot.** Het einddoel is om met een oplossing zo min mogelijk CO₂ uit te stoten, totdat we dit terug kunnen brengen naar nul. Afhankelijk van verschillende energiestromen zal de uitstoot per oplossing verschillen. In het vergelijk op hoofdlijnen gaat het daarbij om de relatieve verschillen tussen oplossingen.
- 3 **Inpasbaarheid in de openbare ruimte.** Openbare ruimte in steden en dorpen is schaars, zowel ondergronds als bovengronds. Een duurzame warmtevoorziening gaat hier zo efficiënt mogelijk mee om en moet goed in te passen zijn in de beschikbare ruimte.
- 4 **Ruimtelijke impact in/rondom gebouwen.** Een deel van de warmtevoorziening komt terecht in woningen en gebouwen. Hoe groter dit deel is, hoe meer impact dit heeft voor bewoners en gebouwegenaren. Daarmee is dit criterium ook een belangrijke graadmeter voor het draagvlak onder toekomstige warmteafnemers.
- 5 **Betrouwbaarheid.** Er zit veel beweging in de warmtemarkt en er worden constant nieuwe technieken en oplossingen geïntroduceerd. Het is belangrijk om mee te nemen hoe volwassen een oplossing is: gaan we pionieren of gaan we voor een volwassen en bewezen betrouwbare techniek?
- 6 **Toekomstbestendigheid.** Een oplossing met veel afhankelijkheden, van beschikbaarheid van bronnen of andere omgevingsfactoren zal minder makkelijk leveringszekerheid over de gehele projectperiode kunnen garanderen en is daarmee minder toekomstbestendig.
- 7 **Faseerbaarheid scenario.** Lopen investeringen gelijk op met het aansluiten van de woningen dan beperkt dit de benodigde voorinvestering. Hoe lager de voorinvestering, des te lager het financiële risico van investerende partijen.
- 8 **Akoestiek en visueel.** De hoorbaarheid en zichtbaarheid van een oplossing zijn belangrijke aspecten over hoe de techniek gewaardeerd wordt door bewoners. Het gaat hierbij zowel om geluid en zichtbaarheid binnen en rondom de woning als in de openbare ruimte.
- 9 **Investeringskosten (CAPEX) scenario.** Kosten bepalen uiteraard hoe een oplossing scoort ten opzichte van andere oplossingen. In een vergelijk op hoofdlijnen gaat het er dan vooral om hoe de scenario's zich relatief tot elkaar verhouden met betrekking tot (orde grootte) kosten, zonder dat daarbij absolute getallen genoemd hoeven te worden. In de verdiepende vergelijking tussen oplossingen geeft een business case meer detailinzicht in de werkelijke kosten.
- 10 **Juridische en beleidsmatig.** Hiermee wordt beoordeeld of een oplossing ook juridisch en beleidsmatig haalbaar is. Is er bepaalde wet- en regelgeving of zijn er belangen van stakeholders die de realisatie van de oplossing in de weg staan? Denk bijvoorbeeld aan een natuurbelang van een oppervlaktewater waarmee wordt uitgesloten dat aquathermie toegepast kan worden of beleid van de overheid om bepaalde technieken te ontmoedigen in de toepassing voor verwarming.

Bijlage 7 Uitgangspunten business case

In deze bijlage is een overzicht van de uitgangspunten voor de business case gegeven. In Tabel 7.5 zijn de belangrijkste uitgangspunten gegeven.

Tabel 7.5 | Organisatorische en financiële uitgangspunten business case.

Parameter	Eenheid	Waarde
algemeen		
vereist rendement op eigen vermogen	%	6,0
rente op lening	%	3,0
aandeel eigen vermogen (EV)	%	30
aandeel vreemd vermogen (VV)	%	70
vermogenskostenvergoeding (WACC)	%	3,9
disconteringsvoet	%	3,9
CAPEX		
indexering investeringskosten	%	2,0
project looptijd	jaren	30
afschrijving warmtenet	jaren	50
startjaar investering	jaar	0
herinvestering warmtepomp en regelkasten	jaar	15
herinvestering afleverset	jaar	15
OPEX		
indexering operationele kosten	%	2,0
startjaar operatie	jaar	1
volloopsценario	jaren	2
Jaarlijkse afname warmtevraag	%	0,5
omzet		
startjaar omzet	jaar	1
aansluitpercentage ²⁵	%	91-92

²⁵ Er is aangenomen dat alle woningen van Cazas Wonen aansluiten op het warmtenet en 70% van de particulieren eigenaren.

Bijlage 8 Proces collectieve oplossing

8.1 ORIËNTATIE

Technisch

In deze stap worden potentiële bronnen geïnventariseerd, energetische uitgangspunten bepaald en een gebiedsinventarisatie (zaken als energielabels en woningtypes) gemaakt. In deze studie zijn deze zaken uitgevoerd.

Financieel

In deze stap wordt een eerste afweging gemaakt in de kosten van verschillende technieken. In dit onderzoek is dit gedaan tussen de drie mogelijke collectieve opties. Twee opties zijn financieel ook verder uitgewerkt.

Organisatorisch

Voor de oriëntatie fase is het belangrijk dat de verantwoordelijkheden binnen de eigen organisaties duidelijk worden en dat er rollen aan die verantwoordelijkheden gehangen worden. Denk hierbij aan een werkgroep binnen de gemeente die in deze fase kartrekker wordt. In deze fase moeten stakeholders na gaan denken over hun eigen rol in het project. Zo is een vraag voor een gemeente of ze voor de realisatie van een collectief systeem bijvoorbeeld een regisserende rol op zich nemen, zelf deelnemen in het warmtebedrijf of de vrijheid juist meer aan de markt laten? Bewoners kunnen nadenken of ze een bijdrage willen leveren aan een eventueel energiebedrijf.

Als de partijen scherp in zicht hebben wat hun eigen rol is en welke verantwoordelijkheden ze willen nemen kunnen ze de samenwerking op gaan zoeken. In samenwerking kunnen ze de eerste stappen gaan zetten richting een communicatieplan. Communicatie richting de buurt is in een ontwikkeling als dit zeer belangrijk. Bij een collectief systeem moet het aansluitingspercentage hoog genoeg liggen om het financieel rendabel te maken. Bij een individueel concept moeten bewoners zelf de keuzes maken om over te stappen. Ook dit kan via een wijkgerichte aanpak met ondersteuning van de gemeente plaatsvinden.

Juridisch

In deze stap kan een eerste afweging gemaakt worden op de juridische haalbaarheid van een concept. In dit rapport is de haalbaarheid van WKO getoetst.

8.2 VERKENNING

Technisch

Met de informatie uit de gebiedsinventarisatie kan buurt of stad opgesplitst worden in gebieden waar een collectief systeem kansrijker is of gebieden waar een individuele techniek de voorkeur heeft. Voor deze gebieden kunnen een aantal voorkeursscenario's gekozen worden die verder uitgewerkt gaan worden. Voor deze concepten kunnen eerste schetsontwerpen en inpassingstekeningen gemaakt

worden. In dit onderzoek is deze stap gezet voor WKO met droge koelers en de collectieve lucht-/waterwarmtepomp.

In gebieden waar netcongestie een probleem kan zijn, is het van belang om een inschatting te maken van de elektrische piekbelasting van het systeem. Dit geeft inzicht over de haalbaarheid van een concept en maakt communicatie en afstemming richting de netbeheerder makkelijker. Dit gesprek met de netbeheerder is voor Achter de Kerken gevoerd.

Financieel

Voor de concepten zijn business cases en TCO's doorgerekend. Deze berekeningen maken het mogelijk om de verschillende concepten tegen elkaar af te wegen. Wel moet rekening gehouden worden met het feit dat de business case meerdere gevoeligheden kent. Deze aspecten zijn belangrijk, omdat kleine aanpassingen hierin al snel kunnen leiden tot grote verschillen over 30 jaar. Door een gevoeligheidsanalyse uit te voeren op bepalende parameters wordt inzicht verkregen in de mogelijke variatie aan uitkomsten van de business case.

Uit de businesscase komt onder andere een onrendabele top naar boven. Om deze top te dekken kunnen subsidies aangevraagd worden. In deze studie is al gekeken naar de impact van subsidies zoals de WIS, SDE++ en ISDE.

Organisatorisch

Nadat nagedacht is over communicatieplan kunnen stappen gezet worden richting het participatietraject. Om tot een collectief systeem te komen is draagvlak zeer belangrijk. In dit project is het daarom goed dat er gezamenlijk met de gemeente, woningcorporatie en een deel van de bewoners wordt opgetrokken.

Het slagen van een project van deze orde grootte is van veel factoren afhankelijk. Aanbevolen wordt dan ook om deze factoren inzichtelijk te maken tijdens een risico- en kanssessie. Stakeholders kunnen dan vanuit hun eigen invalshoek risico's en kansen inbrengen en er kan bepaald worden hoe de risico's gemitigeerd en de kansen benut kunnen worden. Het opgestelde risicodossier kan vervolgens lopende het project verder uitgebreid en uitgewerkt worden. Een voorbeeld van een risico voor een collectief project is het aansluitingspercentage op het warmtenet. Als het draagvlak voor het warmtenet er niet is, zal het financieel niet rendabel zijn om een collectief systeem te realiseren.

Juridisch

Het voorkeurscenario kan opgenomen worden in een warmteprogramma. Dit plan geeft een richting voor de gekozen aanpak. Ook geeft het de andere partijen een houvast.

8.3 VERDIEPING

Technisch

Met alle informatie die in de stappen hiervoor zijn gezet wordt een keuze gemaakt in het voorkeurscenario waar de partijen mee doorwillen. Nu begint ook het echt ontwerptraject met een voorlopig ontwerp (VO). Het VO moet in voldoende mate de details van het ontwerp vastleggen waarop een gedetailleerde kostenraming gemaakt kan worden.

Financieel

Voor deze fase is het van belang dat scherp in beeld is welke subsidies/fondsen/leningen er ter beschikking zijn en of hier voor de ontwikkeling aanspraak voor gemaakt kan worden. Hiervoor kan contact opgenomen worden met de verstrekende organisaties. In deze fase kan voor een collectief systeem ook de aanvraag ingediend worden voor subsidies.

Organisatorisch

Als gekozen is voor een collectief systeem kunnen de stakeholders in overleg gaan over de governance en het vormen van een warmtebedrijf/coöperatie en/of betrekken van een warmtebedrijf. Iedere partij moet hier scherp hebben wat zijn eigen belangen zijn en wat voor verantwoordelijkheid ze willen nemen.

Binnen het participatietraject is het belangrijk om isolatie te stimuleren. De gemeente kan bijv. een subsidieregeling op gaan zetten voor isolatie en gaan kijken naar de mogelijkheden voor subsidie voor aansluiting. Ook is het stimuleren van bewoners voor aansluiting op het net belangrijk. Om naar de realisatie te gaan is een gegarandeerd aansluitingspercentage nodig.

Als gekozen wordt voor een individuele techniek moeten bewoners gestimuleerd worden om deze toe te passen. Bewoners moeten op de hoogte gebracht worden van de mogelijkheden en financiële middelen om dit mogelijk te maken. Dit kan doormiddel van bewonersavonden en flyeracties.

Juridisch

Vanuit de gemeente kan beleid opgezet worden voor verschillende subsidies. Als de partijen het eens zijn over het voorkeursscenario kunnen intentieovereenkomsten getekend worden. Dit is zeker belangrijk voor een collectief systeem omdat intentieverklaringen met woningcorporatie en eigenaren van vastgoed belangrijk zijn voor het aansluitingspercentage. In deze fase kunnen ook de eerste vergunningen aangevraagd gaan worden. Zoals vergunningen voor de WKO of TEO.

8.4 UITWERKING

Technisch

De uitvraag voor een collectief systeem (aanbesteding) kan net voor de uitwerking hebben plaatsgevonden. In dat geval ligt de opdracht bij het geselecteerde warmtebedrijf om een definitief ontwerp te maken op basis van het programma van eisen. Uiteindelijk is dit ook erg afhankelijk van de gekozen samenwerkingsvorm. Er kan ook worden gekozen om eerst een DO te maken van waaruit een aanbesteding plaatsvindt.

Financieel

In deze fase wordt de financiële doorrekening ook gedetailleerder. Van elke partij in de keten moet een aparte business case gemaakt worden, zodat de verschillende onrendabele toppen inzichtelijk worden. Daarnaast is dit nodig om leningen voor de aanleg van het systeem te kunnen aanvragen. Ook volgt hieruit de aanbieding richting de bewoners.

Voor een individueel systeem kan vanuit de gemeente een subsidie regeling opgezet worden om deze ontwikkeling te stimuleren.

Organisatorisch

In deze fase worden daadwerkelijk afspraken over rollen in de warmteketen contractueel vastgelegd.

Juridisch

In deze fase vindt het aanbestedingsproces met onderaannemers plaats voor de realisatie van het systeem. Daarnaast moeten de vergunningen voor de realisatie van het systeem geregeld worden.

IF Technology **Creating energy**



IF Technology **Creating energy**