



Review Hengstdal

Collectief warmtenet Buurt Energie Systeem (BES)



Colofon

Februari 2022

Versie: 2.0

Status: definitief

Expertteam warmte – Provincie Gelderland

Laurens Roetert Steenbruggen

Saskia Geerts

Roy Hendriks



Samenvatting en conclusies

Technische conclusie

- Het buurt energie systeem is analyseert op technische haalbaarheid. De verwacht is dat het systeem goed kan functioneren. Doordat het systeem is opgebouwd uit standaard componenten (warmtepompen, cv ketels en buffervaten) is een technisch eenvoudig realiseerbaar systeem ontworpen.
- Lucht/water warmtepompen met de buitenlucht als bron zijn voorzien als duurzame warmtebron. Doordat een hoge aanvoertemperatuur is benodigd is een seizoens Coefficient of Performance van 2.7 voorzien. Deze is aannemelijk, maar zorgt voor relatief hoge elektravraag. Bodemenergie kan zorgen voor een hogere COP.
- In het ontwerp van het buurt energie systeem is rekening gehouden met geluidsreductie. Hiervoor is een volledig en professioneel geluidsstudie uitgevoerd. De verwachting is dat hiermee voldoende aandacht is besteedt aan mogelijk geluidsoverlast van het systeem.
- Door de relatief eenvoudige opzet van het systeem is verwachting dat de betrouwbaarheid en leveringszekerheid hoog zal zijn. Echter is de duurzaamheid van het systeem op het moment van aansluiten relatief laag doordat 16% gaswarmte is voorzien en een lage COP van de warmtepomp zorgt voor veel elektravraag welke van het net afgenomen zal gaan worden.

Financiële conclusie

De uitdraai van het businesscase model van de warmteaanbieder is op hoofdlijnen marktconform en navolgbaar

Wij concluderen dat de businesscase op hoofdlijnen compleet is. Wij missen geen relevante onderdelen die een substantieel effect hebben op de businesscase. Er is uitgebreid onderzoek gedaan naar de omgeving en de inpandige situatie van de woningen. Daarnaast geeft Qirion aan de capex aan te scherpen n.a.v. de nacalculatie van de Bloemenbuurt in Didam. Dit vormt een goede referentie en daarmee een betrouwbaar uitgangspunt voor de businesscase in Hengstdal. Wij zien wel enkele verbeterpunten:

- Aanscherping aansluitplanning in afstemming met vastgoedplanning en investeringsopgave woningcorporatie.
- Onderzoek gevoeligheden inkooprijzen elektra en gas op businesscase. De stijging van de inkooprijzen die Qirion aanhoudt achten wij niet realistisch. Wij adviseren om de impact in beeld te brengen van een meer realistische curve van de inkooprijzen.
- Maak heldere afspraken over risico verdeling van de businesscase. Door de benadering van de businesscase liggen alle risico's bij de exploitatie van het net. Wij adviseren om deze risico's goed in beeld te brengen en af te stemmen wie welke risico's het beste kan dragen.

Samenvatting en conclusies

Betaalbaarheid eindgebruikers moeilijk navolgbaar, verduidelijking richting bewoners is noodzakelijk

Het is onduidelijk in hoeverre de energierekening van de particulieren en huurders er op vooruit of achteruit gaan nadat zij aansluiten op het Buurt Energie Systeem. De berekeningen in de Excel sheets en de presentatie van 1 november 2021, geven ons geen duidelijk beeld van de impact van de

betaalbaarheid voor de eindgebruikers. Wij adviseren om dit nader te onderzoeken zodat het draagvlak onder de eindgebruikers getoetst kan worden. Hierbij adviseren wij om de volgende punten te onderzoeken:

- Onderzoek impact inkooprijzen op de energierekening voor eindgebruikers. Wij adviseren om inzichtelijke te maken wat de impact is van dalende inkooprijzen van elektra en gas (t.o.v. 2022) betekenen voor het variabele warmte tarief en de hoogte van de energierekening van bewoners t.o.v. gas
- Onderzoek individueel aardgasvrij alternatief voor woningcorporatie en particulieren om propositie te versterken. De investeringskosten voor de woningcorporatie en particulieren bedragen ongeveer € 11.000,- per woning. Om de haalbaarheid hiervan te toetsen adviseren wij om na te gaan bij de woningcorporatie en particulieren in hoeverre dit aanbod interessant is ten opzichte van de eerder onderzochte alternatieven.

Twee mogelijke onzorgvuldigheden

Wij constateerden de volgende twee mogelijke onzorgvuldigheden in de businesscase:

- De bepaling van de warmtevraag n.a.v. het gasverbruik komt niet overeen met onze berekening aan de hand van de gaswarmtefactor van ACM 2021.
- In de vergelijking voor bewoners maakte Qirion mogelijk een typefout in de berekening van de gasprijs. Hier wordt € 0,0581 per m3 meegenomen aan ODE belasting, terwijl dit bedrag in 2021 is vastgesteld op € 0,0851. Wij adviseren om deze na te gaan en zo nodig aan te passen.

Inhoudsopgave

Inhoud review

1. **Aanleiding en context**
2. **Vraagstelling**
3. **Review technisch concept Buurt Energie Systeem**
 1. Technische haalbaarheid
 2. Warmtebronnen analyse
 3. Geluidsoverlast
 4. Betrouwbaarheid, leveringszekerheid en duurzaamheid
 5. Elektraverbruik en gasverbruik
4. **Review businesscase**
 1. Review uitgangspunten: juistheid, realiteit en marktconformiteit
 2. Betaalbaarheid eindgebruikers

1

Aanleiding en context



1. Aanleiding en context

Toepassing Buurt Energie Systeem technisch en financieel haalbaar?

Aanleiding review BES

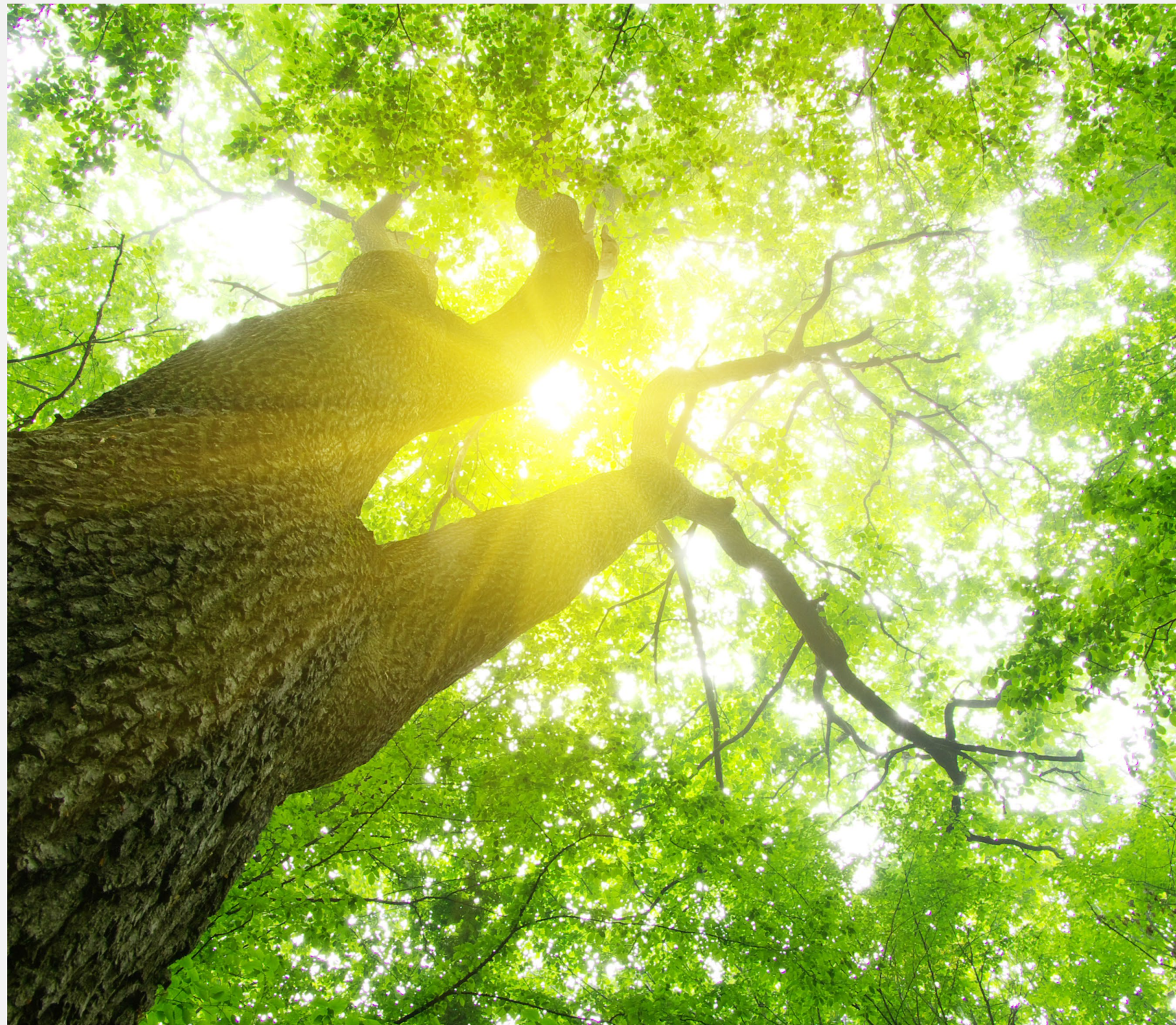
Gemeente heeft het expert team warmte gevraagd voor een review voor het in ontwikkeling zijnde Buurt Energie Systeem in de wijk Hengstdal in Nijmegen. Het bewonerscollectief Duurzaam Hengstdal is daarnaast betrokken en geïnteresseerd in deze review. Vanuit deze partijen zijn technische en financiële vragen gesteld welke in deze review zo goed mogelijk beantwoorde zullen worden.

Expertteam Warmte provincie Gelderland

- **Fakton Energy**
- Financieel expert op het gebied van collectieve warmtesystemen
- Saskia Geerts – Consultant
- Roy Hendriks- Senior consultant
- **Royal HaskoningDHV**
- Technisch expert op het gebied van collectieve warmtesystemen
- Laurens Roetert Steenbruggen - Adviseur warmtetransitie

2

Vraagstelling



2. Aanpak

Verdeling expert role Royal HaskoningDHV en Fakton

Review technisch concept ontwerp - RHDHV

Bij de review van het technisch concept zijn de volgende zaken aanbod gekomen:

- Is het beoogde systeem technisch haalbaar?
- In hoeverre is lucht hier de meest aannemelijke bron? Kan water of bodemenergie een aantrekkelijk alternatief zijn?
- Hoe kijkt RHDHV aan tegen de potentiële geluidsoverlast van het huidige ontwerp?
- In hoeverre voldoet het technisch concept aan de publieke waarden, zoals: betrouwbaarheid, leveringszekerheid en duurzaamheid.
- Is het geschatte elektraverbruik en gasverbruik reëel?

Review business case Qirion - Fakton

Bij de review van de business case zijn de volgende zaken aanbod gekomen :

- Correctheid en compleetheid van de businesscase
- Warmtetarieven en aansluitbijdragen in combinatie met betaalbaarheid eindgebruikers
- Marktconformiteit uitgangspunten zoals de CAPEX en OPEX

3

**Review technische
concept**



3. Review technisch concept BES

Review technische aspecten

Technische review

1. Technische haalbaarheid
2. Warmtebronnen analyse
3. Geluidsoverlast
4. Betrouwbaarheid, leveringszekerheid en duurzaamheid
5. Elektraverbruik en gasverbruik
6. Bewonersvragen

3. Review technisch concept BES

1. Technische haalbaarheid

Technische haalbaarheid

Het beoogde warmtesysteem wordt als technisch haalbaar geacht. De huidige opzet is redelijk simplistisch opgezet en opgebouwd uit standaard componenten (warmtepomp, cv ketels en buffervaten) welke samen zijn geïntegreerd tot een complete warmtebron. Schaalbaarheid van het systeem maakt het een goede start om op een haalbare en schaalbare manier woningen gasloos te maken. Een groot voordeel van dit technische concept is dat aanpassingen in de woningen minimaal zijn doordat een hoge aanvoertemperatuur aangeleverd zal worden. Reeds is al een uitgebreide analyse uitgevoerd naar de praktische mogelijkheden voor aansluiting van de woningen op het warmtenet. Hiermee is voldoende inzicht gecreëerd om de woningen technisch aan te sluiten.

Efficiëntie

Een groot nadeel van systeemontwerp is de lage Coefficient of Performance (COP) van het systeem. Doordat lucht/water warmtepompen ingezet worden is een COP van 2.7 verwacht. Hiermee is een relatief hoog elektragebruik gemoeid. Het hoge elektraverbruik verlegt het probleem voor gasloze verwarming deels naar externe opwek buiten de projectomvang.

Vermogen

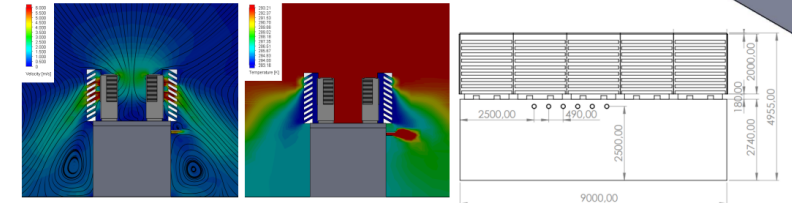
Het BES heeft een vermogen van +/-1150 kW waarmee 230 wooneenheden kunnen worden aangesloten. 900 kW van het opgestelde vermogen bestaat uit gasketels en 220-320 kW uit warmtepomp vermogen. De verhouding hier tussen is uit balans. De verwachting is dat een groot gedeelte van de warmtevraag door de warmtepompen ingevuld kan worden (circa 85%), de overige warmte wordt ingevuld door de gasketels.

In het BES ontwerp is standaard uitgegaan van een aansluitvermogen van 5 kW per woning, dit is voor het type woning aan de lage kant. Voor de kleine woningen (50-70m²) zal het vermogen voldoende zijn, echter is de verwachting dat voor grotere woningen (90-110 m²) een groter vermogen is benodigd. In het Hengstdal zijn drie BES units voorzien waarmee 510 woningen verwarmd kunnen worden. Per woning is gemiddeld 8,25 kW beschikbaar, door niet volledig gelijktijdig gebruik van dit vermogen is een hoger vermogen per aansluiting beschikbaar.

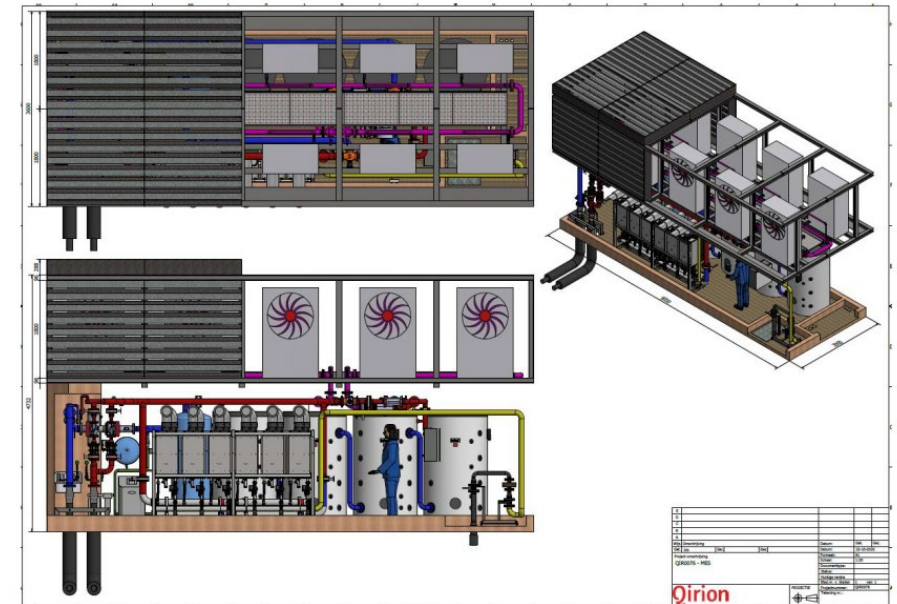
Lay-out en globaal 3D ontwerp

Dakopbouw met warmtepompen – alleen gevel dempers

- Warmtepompen worden prefab op frame opgebouwd en worden in één keer op dak van technische ruimte gehesen, door monobloc warmtepompen geen complexe installatietechnische handelingen op locatie
- Warmte lucht wordt van boven aangezogen, afgekoelde lucht wordt via de zijanten afgevoerd. Hierdoor geen recirculatie van afgekoelde lucht.
- Uitblaasluucht van warmtepompen vermengt met rookgassen ketels
- Geluiddempende roosters in uitblaas van warmtepompen



Qirion



3. Review technisch concept BES

2. Warmtebronnen analyse

Warmtebronnen analyse

Het buurt energie systeem maakt gebruik van lucht/water warmtepompen als duurzame bron. Daarnaast is momenteel een groot vermogen aan gasketels voorzien. De inzet van deze bronnen is afhankelijk van de buitentemperatuur. De huidige verwachting is dat 84% van de warmte door warmtepompen geleverd kan worden gedurende het jaar. De overige 16% van de warmte zal geleverd worden door gasketels.

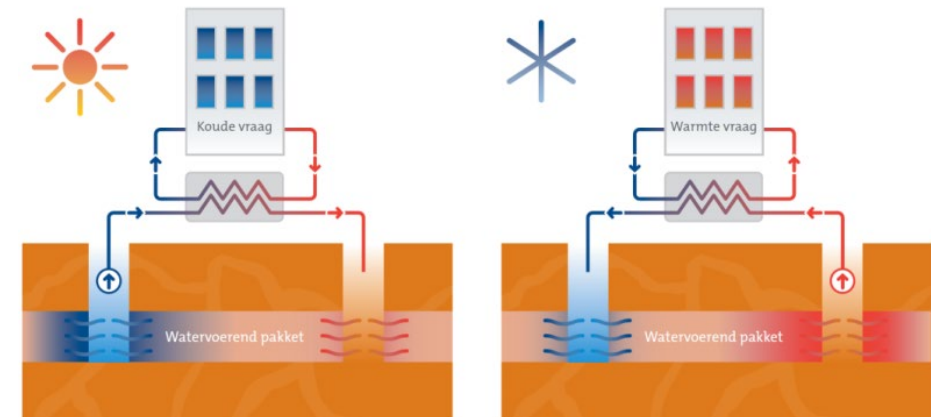
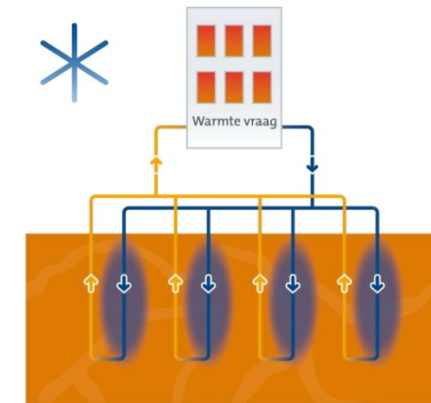
Warmtepomp

De warmtepompen moeten in dit systeem een grote temperatuurslift maken. Door de veranderde buitentemperatuur is de efficiëntie van het systeem veranderlijk. De opgegeven seizoens Coefficient of Performance (sCOP) van 2,7 is aannemelijk. Het benodigde elektravraag is voor dit systeem relatief hoog. Een andere warmtebron kan een hogere sCOP verzorgen.

Mogelijke warmtebronnen

Naast de buitenlucht kan bodemenergie als bron fungeren in dit systeem, hiervoor zijn twee opties mogelijk; gesloten en open bodemenergie. Gesloten bodemenergie maakt gebruik van bodemlussen welke tot een diepte van 50-150m geboord moeten worden. Daarnaast is open bodemenergie een optie, ook wel warmte en koude opslag (WKO) genoemd. Hiervoor worden watervoerende lagen in de ondergrond aangeboord om een constante brontemperatuur voor de warmtepomp te verzorgen. Daarnaast is een balans tussen warmte en koude vraag benodigd. Doordat in het Hengstdal alleen warmte geleverd zal worden is een 'regeneratiebron' benodigd. PVT panelen kunnen deze functie vervullen.

De investeringskosten voor deze alternatieve bronnen zijn hoger dan de voorgestelde buitenlucht warmtepompen. Echter is met een hogere COP lagere elektra kosten te realiseren.



3. Review technisch concept BES

3. Geluidsoverlast

Geluidsoverlast

Het huidige ontwerp is gevalideerd en geoptimaliseerd aan de hand van een geluidsstudie. Geluidsdempers boven op het buurt energie station zorgen voor een geoptimaliseerde geluidsreductie. De verwachting is dat hiermee een optimaal ontwerp is gecreëerd waarbij geluidsoverlast tot een minimum is gereduceerd.

Geluid

Geluid dempende maatregelen

Geluid is opgebouwd uit compressorgeluid en ventilatorgeluid. Compressorgeluid moet zoveel mogelijk direct in warmtepomp gereduceerd worden door bijvoorbeeld sound cover om elke compressor, dikwandige warmtepomp behuizing en bekleden van warmtepomp behuizing. Resterend geluid moet worden gedempt met een omkasting om de volledige warmtepompstelling.

Eerste opgave door firma Merford:

- Volledige omkasting van de warmtepompen, met aanzuig- en uitblaas dempers
- Geluidreductie 9...14 dB(A) met AKH300 roosters
- Alle dempers gemonteerd op een zelfdragende staalconstructie opgebouwd uit kokers, waarbij elk rooster afzonderlijk ge(de)monteerd kan worden voor groot onderhoud
- Zijkanten afgedicht, één zijkant voorzien van toegangsluik, te bereiken met trap van onderhoudsmonteur
- Extra drukverlies 35 Pa
- Kostenindicatie ca. 50 k€, waarvan 10 k€ engineering. (oorspronkelijk budget voor geluid demping was 20 k€).



Qirion

Geluid

Studie uitgevoerd door Peutz op basis van huidig ontwerp in Didam

Qirion

| Demping gevel | Demping dak | Beperkingen in bedrijfsvoering warmtepompen | Grenswaarde | | | Streefwaarde | | |
|---------------|-------------|--|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | | | DAG | AVOND | NACHT | DAG | AVOND | NACHT |
| Geen | Geen | Geen | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| ±300 mm | Geen | Geen | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ |
| ±300 mm | Geen | Nacht 4 uur deellast / 4 uur vollast* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ |
| ±300 mm | Geen | Avond 3 uur deellast / 1 uur vollast Nacht 8 uur deellast | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| ±300 mm | ±300 mm | Geen | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| ±300 mm | ±300 mm | Nacht 5 uur deellast / 3 uur vollast | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

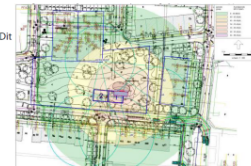
*indicatief, scenario is geen onderdeel van studie Peutz)

streefwaarde op grond van samenwerkingsovereenkomst: etmaalwaarde 45 dB(A). Dit betekent:

- max 45 dB(A) in de dagperiode (7 – 19 uur)
- max 40 dB(A) in de avondperiode (19 – 23 uur)
- max 35 dB(A) in de nachtperiode (23 – 7 uur)

grenswaarde op grond van Activiteitenbesluit: etmaalwaarde 50 dB(A). Dit betekent:

- max 50 dB(A) in de dagperiode (7 – 19 uur)
- max 45 dB(A) in de avondperiode (19 – 23 uur)
- max 40 dB(A) in de nachtperiode (23 – 7 uur)



Verdere uitwerking/engineering is nog wel noodzakelijk. Aandachtspunten hierbij zijn onder andere:

- technische randvoorwaarden (benodigde capaciteit, maximaal toegestaan drukverlies dempers, mogelijkheden geluidreductie/schermen)
- geluidbronsterkten installaties moeten gegarandeerd worden onder de beoogde/benodigde bedrijfscondities
- door geluidreducerende maatregelen zal aandeel laagfrequent geluid toenemen. Dit is een belangrijk aandachtspunt bij de keuze van de installaties en het uitwerken van geluidreducerende maatregelen

3. Review technisch concept BES

4/5. Betrouwbaarheid en leveringszekerheid

Betrouwbaarheid & leveringszekerheid

De betrouwbaarheid en leveringszekerheid van het systeem is een belangrijk aspect voor de gemeente en Duurzaam Hengstdal. Het warmtesysteem is opgebouwd uit standaard onderdelen (warmtepompen, Gasketels, buffervaten etc.), Hiermee is de technische opzet is vrij simplistisch van aard en de verwachting is dat hiermee de betrouwbaarheid en leveringszekerheid goed gegarandeerd kan worden.

De gasgestookte CV ketels kunnen ten aller tijden de warmtepompen overnemen wanneer de warmtepompen niet beschikbaar zullen zijn. De duurzaamheid van het systeem neemt hiermee wel drastisch af, echter is de verwachting dat niet snel zal gebeuren. Alleen in de koudste dagen van het jaar zal inzet van de gasketel voorzien zijn.

Duurzaamheid

Voor bepaling van de duurzaamheid van het systeem is het gemiddelde gasverbruik van 1183 m3 per woning omgerekend naar elektravraag bij gebruik van warmtepompen waarbij de verhouding 84% warmtepomp 16% gasketel warmte is meegenomen. Bij een sCOP van 2.7 is een elektravraag van 3.239 kWh voorzien en daarnaast 189 m3 gas (16%).

De aanvoer van deze elektriciteit is voorzien vanuit het elektriciteitsnet. Hiervoor zijn emissiefactoren voor de landelijk elektramix van toepassing. In de tabel op de volgende sheet is de verwachte CO2 emissie berekent. Op basis van de emissie kentallen van 2022 is een CO2 besparing van **27%** voorzien. De emissiefactor daalt naar nul wanneer de volledige elektravoorziening in Nederland CO2 vrij opgewekt zal worden. Indien aardgas voor de piek ingezet blijft worden is nog steeds CO2 emissie van toepassing.

Bodemwarmtepomp

Een vergelijk is gemaakt voor een alternatief waarbij bodemlussen zijn toegepast. Hiervoor de verwachting dat de COP kan stijgen naar 4.5. Hiervoor is ook de CO2 besparing berekent uitgaande van een zelfde verhouding tussen warmtepompen en gas van 84/16%. Een CO2 besparing op basis van dezelfde kentallen voor 2022 van 50% is voorzien bij gebruik van bodemwarmtepompen

3. Review technisch concept BES

4/5. Duurzaamheid

| | | CO2 besparing | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
| Emissiefactor Elektra | kgCO2/kWhe | 0,37 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | 0,21 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,00 |
| Emissiefactor Aardgas | kgCO2/m3 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 |
| CO2 Emissie BES WP | kg | 1.208 | 1.115 | 1.023 | 930 | 837 | 745 | 674 | 602 | 531 | 460 | 389 | 0 |
| sCOP 2.7 | | | | | | | | | | | | | |
| CO2 Emissie BES gas | kg | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 |
| CO2 Emissie BES totaal | kg | 1.548 | 1.456 | 1.363 | 1.271 | 1.178 | 1.086 | 1.014 | 943 | 872 | 801 | 729 | 341 |
| Besparing | % | -27% | -32% | -36% | -40% | -45% | -49% | -52% | -56% | -59% | -62% | -66% | -84% |
| CO2 Emissie Bodem WP | kg | 725 | 669 | 614 | 558 | 502 | 447 | 404 | 361 | 319 | 276 | 233 | 0 |
| sCOP 4.5 | | | | | | | | | | | | | |
| CO2 Emissie BES gas | kg | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 | 341 |
| CO2 Emissie BES totaal | kg | 1.065 | 1.010 | 954 | 899 | 843 | 788 | 745 | 702 | 659 | 617 | 574 | 341 |
| Besparing | % | -50% | -53% | -55% | -58% | -60% | -63% | -65% | -67% | -69% | -71% | -73% | -84% |

3. Review technisch concept BES

6. Bewoners vragen

1. Waarom gekozen voor meerdere units en niet voor één?

Het buurtenergiesysteem is ontworpen voor een gestandaardiseerd aantal woningen (230 woningequivalenten, gemiddeld 5 kW per woningequivalent). Voor toepassing voor het beoogde aantal woningen in het Hengstdal zijn meerdere buurt energie systeem units benodigd, daarnaast is het gemiddelde vermogen per buurtenergiesysteem niet hoog genoeg voor de woningen in het Hengstdal.

2. Waarom gekozen voor een lucht-warmtepomp en niet een bodem-warmtepomp?

Een lucht/water warmtepomp kan overal in principe worden ingezet, een bodem warmtepomp vraagt meer inpassingsrandvoorwaarden (bodemgesteldheid). Echter is de efficiëntie van bodem warmtepomp wel hoger, maar vraagt een bodemwarmtepomp ook een hogere investering.

3. Waarom wordt er geen (seizoen) warmteopslag gecreëerd onder de warmtepomp, zodat er minder/geen gebruik hoeft te worden gemaakt van bijstook met gas?

Een seizoensopslag wordt alleen toegepast bij een grote mismatch tussen vraag en aanbod van warmte. In het buurtenergiesysteem wordt warmte geleverd afhankelijk van de vraag. Een warmtebuffer ter vervanging van gas vraagt een hele hoge investering welke maar voor een klein deel van het jaar gebruikt kan worden. Daarnaast is gas in het warmtesysteem als piek en back-up voorziening ingezet, een warmtebuffer zou op dezelfde temperatuur als leveringstemperatuur aangelegd moeten worden voor vervanging van gas in de winter.

4. Kunnen eventueel PVT panelen worden ingepast in het ontwerp?

PVT panelen kunnen als bron van een warmtepomp functioneren, kostentechnisch is dit een duurder alternatief in vergelijking met een buitenluchtwarmtepomp. Daarnaast vraagt de inzet van PVT panelen veel ruimte, deze PVT panelen kunnen op de woningen geplaatst worden. De warmte van de PVT panelen moet dan wel naar het buurtenergiesysteem getransporteerd worden wat een extra infrastructuur vraagt.

5. Wordt bij de keuzes die gemaakt worden rekening gehouden met de mogelijkheid tot uitbreiding van het warmtenet naar bijv. heel Hengstdal?

Het systeem is ontworpen om in de toekomst uit te breiden naar een groter aantal woningen. Bij uitbreiding kan de netinfrastructuur uitgebreid worden, daarnaast moet het opgesteld warmtevermogen verhoogd worden. Dit kan gedaan worden met verschillende type warmtebronnen. Ook is de aanvoertemperatuur in het warmtenet bepalend voor de aansluitmogelijkheden. Deze aanvoertemperatuur is grotendeels bepaald door het isolatieniveau van de woningen.

6. Wordt bij de keuzes die gemaakt worden rekening gehouden met de mogelijkheid dat in de toekomst wellicht warmte wordt gewonnen d.m.v. geothermie?

In de toekomst is het warmtenet geschikt om aan te sluiten op een geothermiebron mits deze de aanvoer temperatuur van het warmtenet zal hebben. Geothermie kan meerdere buurtenergiesystemen vervangen.

7. Wordt bij de keuze van de locaties waar de warmtepompen geplaatst worden rekening gehouden met een mogelijke aansluiting in de toekomst op een gemeentelijk warmtenet?

Een combinatie met een gemeentelijk warmtenet behoort tot de mogelijkheden, echter is dit wel afhankelijk van onderhandelingen tussen de gemeente en de warmte-exploitant.

8. Wordt bij de keuze voor de diameter van de aan- en afvoerbuizen rekening gehouden met lagere temperatuurverwarming in de toekomst (bijv. verlagen van 70 naar 50/40 graden) als de huizen beter geïsoleerd zijn?

Een lagere aanvoertemperatuur in het warmtenet behoort tot de mogelijkheden echter is dit wel afhankelijk van directe tapwaterlevering. Bij een aanvoertemperatuur van 40/50 graden is directe tapwaterlevering niet meer mogelijk.

9. Is de mogelijkheid onderzocht om (in de toekomst) gebruik te maken van cascadering, waarbij goed geïsoleerde huizenblokken afvoerwarmte krijgen van minder goed geïsoleerde huizenblokken (recentelijk gebouwd)?

Cascadering is met dit ontwerp lastig realiseerbaar doordat de warmtepompen een minimale retour temperatuur nodig hebben. Indien gecascadeerd gaat worden is een andere type warmtestation benodigd welke kan werken met hoger temperatuurverschil tussen aanvoer en retour van het warmtenet. Daarnaast is cascadering van de warmtevraag niet zinvol omdat effectief een groter vermogen geleverd moet worden welke ook met een vermogen op dezelfde aanvoer geleverd kan worden.

3. Review technisch concept BES

6. Bewoners vragen

10. Wordt rekening gehouden met de mogelijkheid om in de toekomst i.p.v. op piekmomenten aardgas bij te stoken, ook gekeken naar de mogelijkheid om waterstof bij te stoken?

In de toekomst kan de vervanging van aardgas door waterstof mogelijk zijn, echter is de beschikbaarheid van waterstof op lokaal niveau in een wijk niet waarschijnlijk in de komende jaren.

11. Hoe zit het met het leidingenontwerp, is dat het meest logisch?

Leidingnet ontwerp is gedaan aan de hand van verschillende analyses a.d.h.v. het stratenpatroon met behulp van specifieke ontwerpsoftware. Optimalisaties zullen plaatsvinden tijdens het ontwerp proces.

12. Is het elektriciteitsnet zwaar genoeg om de extra elektriciteit die nodig is voor de MES ook te transporteren?

Momenteel is de keuze voor plaatsing van het buurt energie systeem bepaalt a.d.h.v. de locaties van onderstations van het elektriciteitsnet. Met deze keuze zou dit probleem ondervangen moeten zijn.

13. Zijn er schaalvoordelen te behalen als er meerdere MESsen in de wijk worden aangelegd en hoe moet het ontwerp er dan uitzien?

Momenteel zijn al meerdere MESsen voorzien omdat een systeem maar ongeveer 230 woningen van warmte kan voorzien. Mogelijk is een schaalvoordeel te behalen indien meerdere MESsen gelijktijdig gebouwd en geplaatst worden.

14. Waar moeten we ons tegen verzekeren bij ontwikkeling en exploitatie?

De verantwoordelijkheid ligt bij de warmtenet exploitant, bewoners zijn klant van dit systeem, de exploitant heeft een bepaalde leveringsgarantie voldaan welke contractueel vastgelegd zullen worden.

Update 24-03 – BES gecombineerd met WKO - Alternatief

Naar aanleiding van de review van het expertteam warmte van 17 februari maakte Qirion een extra analyse, waarbij zij het BES systeem vergelijkt met een BES systeem in combinatie met een WKO. Wij reviewden deze analyse en komen tot de volgende conclusies:

Warmte- en koudeopslag: het toevoegen van een WKO systeem zorgt voor een betere efficiëntie (COP)

Uit de technische analyse van de BES is een warmte en koude opslag (WKO) als alternatieve warmtebron aangedragen. Om te bepalen of een warmte en koudeopslag een voordeel zou opleveren ten opzichte van de lucht/water warmtepomp is een berekening uitgevoerd. Hierin is bepaald dat de COP van de warmtepomp i.c.m. een WKO hoger is ten opzichte van een buitenlucht warmtepomp. Dit is te verantwoorden door een hogere en constantere brontemperatuur. De sCOP van een warmtepomp i.c.m. warmte koudeopslag is gesteld op 3.5 ten opzichte van een COP van een lucht/water warmtepomp van 2.7.

Regeneratie: de regeneratiebehoefte van het WKO-systeem zorgt voor een grotere elektravraag

Door gebruik van een WKO opslag ontstaat een regeneratiebehoefte van de WKO bron. Een WKO bron heeft een enigszins gelijke warmte en koude vraag, doordat in het Hengstdal geen koudevraag aanwezig is dient de WKO bron op een andere manier geregenereerd te worden. Hiervoor is een drycooler de makkelijkste en goedkoopste manier, echter ontstaat hierdoor extra elektravraag. Naast de extra elektravraag van de drycooler is extra pompenergie van WKO van toepassing.

Efficiëntie: door regeneratiebehoefte is het systeemrendement van beide opties nagenoeg gelijk

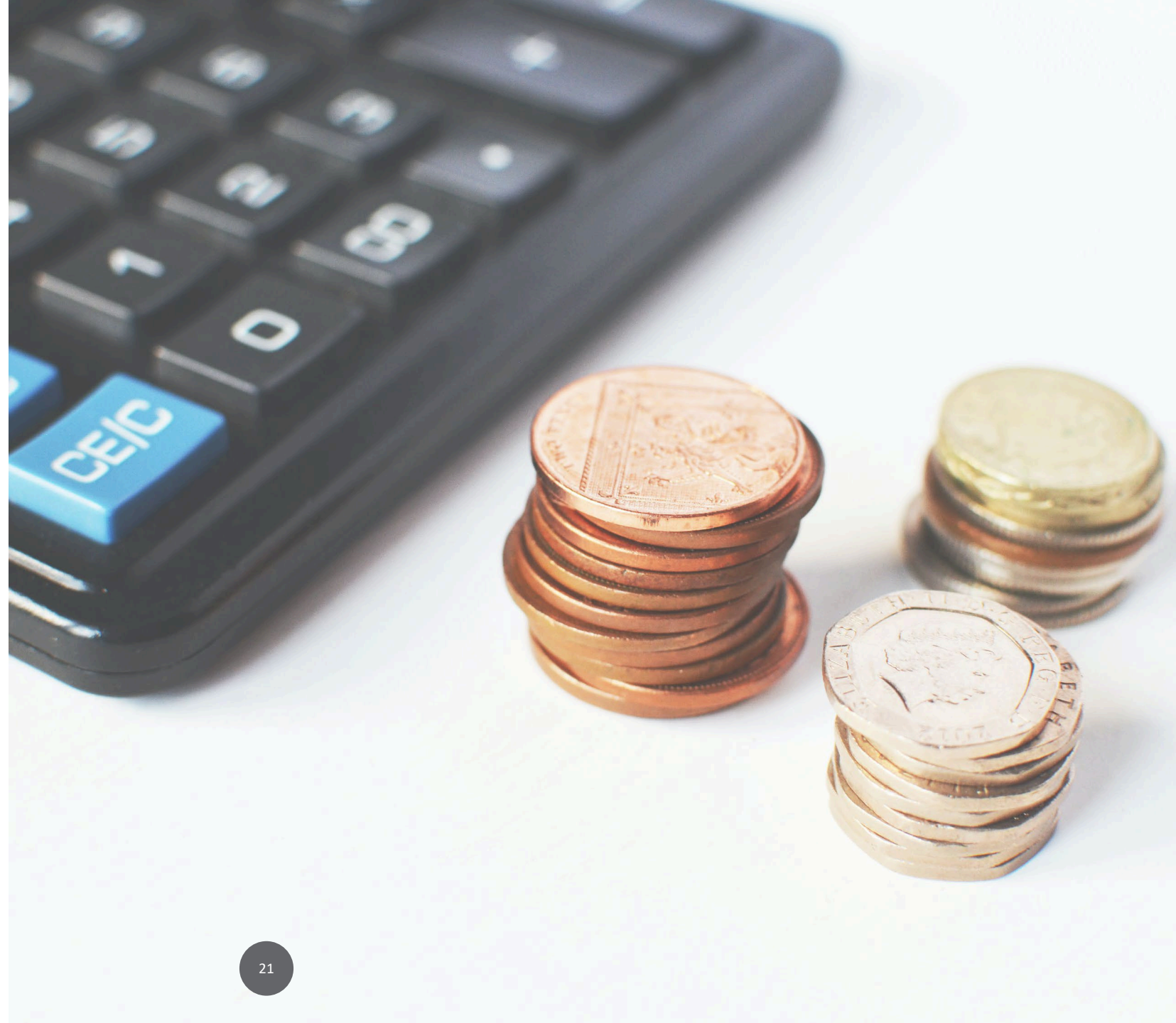
Door de inzet van een drycooler en pompenergie bij toepassing van een WKO komt de totale efficiëntie van de twee systemen op een gelijk niveau. Een hogere efficiëntie is alleen mogelijk indien koudevraag gevonden kan worden. Echter is hiervoor ook een extra investering benodigd voor het realiseren van een koude-infrastructuur. Inzet van een WKO als bron geeft daarnaast een hogere investering ten opzichte van een buitenlucht variant. Dit is niet terug te verdienen met een hogere efficiëntie.

Wij sluiten daarmee aan bij de conclusie van Qirion, dat het systeemrendement van de BES met en zonder WKO nagenoeg gelijk zijn.

| SAMENVATTING | | BES lucht water | BES icm WKO |
|---|-------------|-----------------|-------------|
| Aandeel warmtevolume door piekgasketel | percentage | 14% | 14% |
| Aandeel warmtevolume door warmtepomp | percentage | 86% | 86% |
| Waarvan direct leveren vanuit drycooler | percentage | | 15% |
| Waarvan levering vanuit WKO | percentage | | 85% |
| sCOP collectieve warmtepomp | factor | 2,7 | 3,5 |
| Elektrische energie drycooler | GJe/GJth | | 0,045 |
| WKO laden | GJe/GJth | | 0,043 |
| WKO ontladen | GJe/GJth | | 0,043 |
| elektrische energie per geleverde GJ uit de warmtepomp | | | |
| Deel warmtevolume door warmtepomp | GJth / jaar | 0,86 | 0,86 |
| Elektriciteit verbruik collectieve Warmtepomp | GJe / Gjth | 0,319 | 0,246 |
| Elektriciteitsvraag drycooler | GJe / jaar | | 0,028 |
| Elektriciteitsvraag WKO | GJe / jaar | | 0,045 |
| Totaal elektriciteitsvraag | GJe / jaar | 0,319 | 0,319 |
| Systeem sCOP van het warmte deel door de warmtepomp | | | |
| | factor | 2,7 | 2,7 |

4

Review businesscase



4. Review businesscase

Review uitgangspunten: juistheid, realiteit en marktconformiteit

Scope en aansluitpercentage

De businesscase gaat uit van in totaal 510 aansluitingen met een aansluitpercentage van 95%. De scope betreft 454 woningen van de woningcorporatie en 56 particuliere woningen. De businesscase gaat ervanuit dat 100% van de woningcorporatiewoningen aansluiten en 50% van de particuliere woningen. Gezien de mogelijkheid om met de woningcorporatie afspraken te maken over het aansluiten van de 454 woningen, achten wij een aansluitpercentage van 100% realistisch. Door de onzekerheid van de bereidheid van de particulieren om aan te sluiten, achten wij een aansluitpercentage van 50% realistisch. De bereidheid tot aansluiten van de particulieren, huurders (70% instemming van de huurders is nodig) en de woningcorporatie hangt af van de betaalbaarheid van de energietarieven en de hoogte van de aansluitbijdrage.

| | Aantal won | Aansluitpercentage | Aansluitingen |
|---------------|------------|--------------------|---------------|
| Woco | 454 | 100% | 454 |
| Particulier | 56 | 50% | 28 |
| Totaal | 510 | 95% | 482 |

Fasering: té optimistisch ingeschat vanuit het perspectief van de woningcorporatie

Alle 454 woningen van de woningcorporatie sluiten aan in jaar 1. Een kwart van alle particuliere woningen sluiten aan in jaar 1. De resterende 25% sluit aan over de daaropvolgende 10 jaar. Dit aansluittempo achten wij in theorie haalbaar vanuit het technische perspectief voor de uitrol van het warmtenet. Wij verwachten dat dit aansluittempo voor de woningcorporatie te optimistisch is ingeschat, gezien de grote renovatie en investeringsopgave voor de woningcorporatie. Wij benadrukken hiermee het belang van de afstemming tussen het aansluittempo van het warmtenet en de renovatieopgave van de woningcorporatie.

Warmtevraag en warmtevraagontwikkeling

Qirion gaat uit van een warmtevraag van 1.183 m³ per woning. Uitgaande van een gaswarmtefactor van 32,68 (ACM 2021) resulteert dit in een warmtevraag van 36,20 GJ. Qirion gaat echter uit van een warmtevraag van 33,70 GJ per woning. Dit wijkt 2,5 GJ per woning af van wat Qirion hanteert.

→ Besproken met Qirion en zij passen dit aan.

In de markt zien wij dat partijen rekening houden met een warmtevraagafname over de tijd, doordat de warmtevraag mogelijk afneemt door de isolatieopgave en de opwarming van de aarde. Qirion houdt rekening met een warmtevraagafname van 0,3% per jaar. Dit achten wij realistisch.

4. Review businesscase

Review uitgangspunten: juistheid, realiteit en marktconformiteit

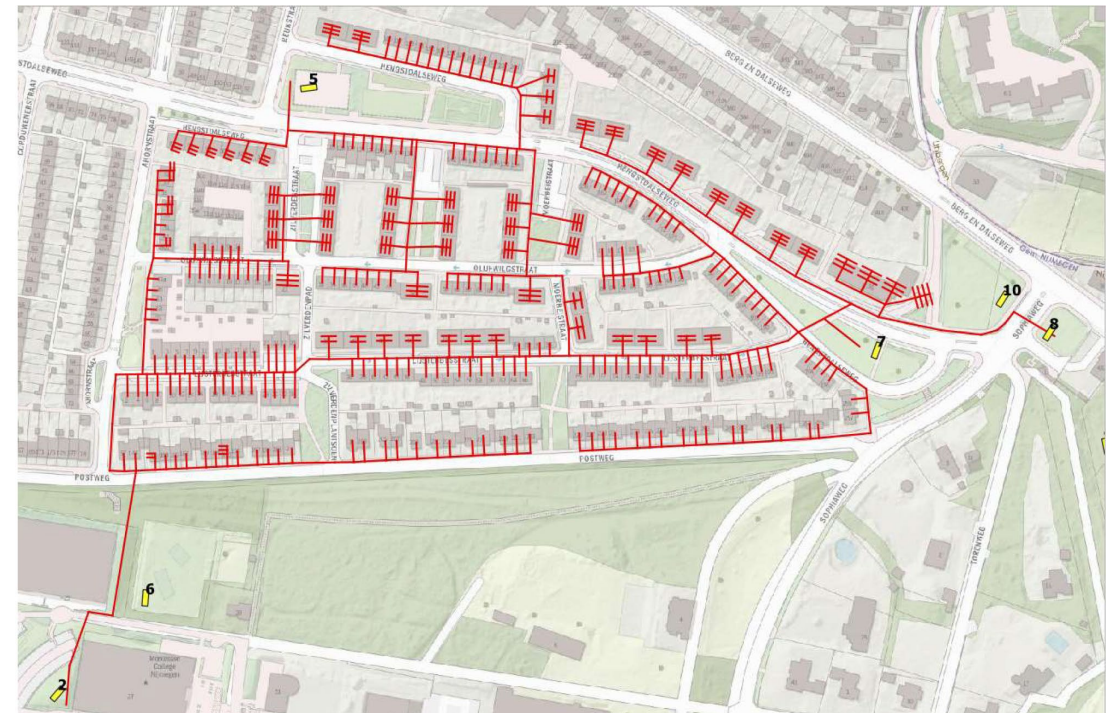
Capex net: binnen een marktconforme bandbreedte

De onderstaande tabel toont de uitgangspunten van de capex van het leidingnetwerk. Qirion hanteert € 4.612 per woning en daarboven nog 15% onvoorzien. Dit resulteert in € 5.304 per woning voor het distributienet. De hoogte van de capex is sterk afhankelijk van onder andere de dichtheid van de wijk, de ondergrond (asfalt, klinkers, groen), de dikte en het materiaal van de leidingen. Hengstdal bestaat voornamelijk uit eengezinswoningen en drie- tot vier laags meergezinswoningen. De dichtheid is hierdoor relatief laag. De ondergrond bestaat voornamelijk uit asfalt en klinkers. Gezien de karakteristieken van de wijk Hengstdal achten wij de capex voor het distributienet binnen een marktconforme bandbreedte.

Qirion gaat uit van € 2.775 per woning en daarboven nog 15% onvoorzien voor een aansluitleiding, huisaansluiting en afleverzet. Dit resulteert in € 3.191 per woning voor het distributienet. Qirion voerde een uitgebreide studie uit naar verschillende woningtypes en de locatie van de cv-ketels. Hierdoor kan Qirion een goede inschatting maken van de kosten van de aansluitleiding en het in pandige leidingwerk. Daarmee achten wij de onderstaande uitgangspunten realistisch.

| | Capex per won | Incl. 15% onvoorzien |
|------------------------------|---------------|----------------------|
| Distributienet | € 4.612 | € 5.304 |
| Afleverzet + aansluitleiding | € 2.775 | € 3.191 |

Bedragen zijn exclusief btw



4. Review businesscase

Review uitgangspunten: juistheid, realiteit en marktconformiteit

Capex opwek: binnen marktconforme bandbreedte

De naastgelegen tabel toont de capex van de verschillende onderdelen van de opwekinstallatie. De getoonde posten geven een compleet overzicht van de kostenopbouw van de opwekinstallaties. Wij vertaalden het opgestelde vermogen van de gasketels en de warmtepompen van 230 weq naar 482 weq. Daarmee gaan we uit van een opgesteld vermogen van 1.890 kW voor de gasketels en 670 kW van de warmtepomp. Gezien de uitgangspunten en de nacalculatie die Qirion voornemens is uit te voeren n.a.v. het ontwerp in Didam, achten wij de gehanteerde capex marktconform en betrouwbaar.

Het detailontwerp van Qirion gaat uit van een gebouw voor de installatie met de buitenafmetingen van 9 x 3 m2 voor 230 weq. Uitgaande van 482 weq, gaan wij ervanuit dat het gebouw 57 m2 betreft. Dit betekent dat de kosten voor het gebouw meer dan € 6.000 per m2 betreft. Deze kosten zijn hoog, maar uitlegbaar doordat drie opwekstations gerealiseerd worden op verschillende locaties in de wijk. Daarnaast is ook de geluidsdemping geïntegreerd in het gebouw en is er aandacht besteed aan de ruimtelijke inpassing van het gebouw in de wijk. Deze factoren zorgen voor deze hoge kosten.

| | Capex totaal | Capex per won |
|--|------------------|---------------|
| Warmtepomp | 421.626 | 875 |
| ISDE subsidie | -59.052 | -123 |
| Gasketel | 99.329 | 206 |
| Buffer | 20.375 | 42 |
| Expansiesysteem en waterbehandeling | 20.375 | 42 |
| Distributiepompen | 20.375 | 42 |
| W-installatie algemeen | 150.267 | 312 |
| Elektrische installatie excl. trafo | 216.486 | 449 |
| Nutsvoorzieningen | 56.032 | 116 |
| Aankleding gebouw | 96.000 | 199 |
| Gebouw incl. ventilatievoorziening | 340.560 | 707 |
| Aankoop grond | 34.320 | 71 |
| Engineering – project specifiek | 129.360 | 268 |
| Ontwikkelkosten | 132.864 | 276 |
| Correctie kosten omgevingsmanagement | -92.309 | -192 |
| Totale capex opwek | 1.586.608 | 3.292 |
| Totale capex opwek incl. 15% onvoorzien | 1.824.599 | 3.786 |

Bedragen zijn exclusief btw

4. Review businesscase

Review uitgangspunten: juistheid, realiteit en marktconformiteit

Inkoopprijs: de gehanteerde inkooprijzen voor gas en elektra geven geen realistisch beeld van de toekomstige tariefontwikkeling

De onderstaande tabel toont de inkooprijzen die Qirion hanteert in de businesscase. Deze prijzen zijn gebaseerd op de tarieven uit 2021. Door de stijging van de gas en elektraprijzen van afgelopen jaar gaat Qirion uit van een prijsstijging (inclusief belasting) van 175% voor elektra en 250% voor gas. Qirion hanteert deze stijging over de volledige looptijd van 30 jaar. Wij achten deze inschatting niet reëel, omdat de verwachting is dat de prijsstijging van het afgelopen jaar enkel een piek betreft en later weer zal afvlakken en stabiliseren. Echter, doordat Qirion ervanuit gaat dat alle initiële investeringen gedekt worden door de initiële bijdragen, kan het GJ tarief jaarlijks aangepast worden op de geldende gas en elektratarieven. De fluctuerende gas en elektraprijzen hebben geen impact op de hoogte van de BAK.

| | Elektra | Gas |
|------------------------------|----------------|---------------|
| Commodity prijs 2021 | € 0,06 per kWh | € 0,21 per m3 |
| Prijs incl. belastingen 2021 | € 0,12 per kWh | € 0,75 per m3 |
| Stijging t.o.v. 2021 | 175% | 250% |

Opex: aan de bovenkant van een marktconforme bandbreedte

De onderstaande tabel geeft de gehanteerde percentage voor de onderhoudskosten in de businesscase weer. Wij achten deze percentages aan de bovenkant van een marktconforme bandbreedte. In de markt zien wij de volgende percentages: warmtepomp 3,0% - 3,5%, afleversets 1,5% - 2%, distributienet en huisaansluitingen 0,5% - 1,0%.

Onze inschatting is dat 2,0% voor aankleding gebouw, gebouw, ventilatie en grond aan de hoge kant is. Dit betreft bijna € 11.000 per jaar.

Rendementseis: marktconform

Qirion hanteert een rendementseis van 6%. Dit achten wij marktconform.

| | Elektra |
|--|---------|
| Warmtepomp lucht/water | 4,00 % |
| Overige installaties* | 3,00 % |
| Gebouw, grond, ventilatie | 2,00 % |
| Distributienet, huisaansluitingen en afleversets | 1,50 % |

* gasketel, buffer, expansiesysteem en waterbehandeling, distributiepompen, w-installaties, elektrische installatie

4. Review businesscase

Betaalbaarheid eindgebruikers

Warmtetarieven: Bepaling warmte tarief navolgbaar en uitlegbaar, maar risico verdeling is aandachtspunt

Qirion bepaalt het variabele warmte tarief middels een benadering waarbij de volledige initiële investeringen door de initiële bijdrage gedekt wordt. Het variabele warmte tarief fungeert als de sluitpost om de businesscase rond te rekenen. De hoogte van het variabele tarief is daarmee sterk afhankelijk van de daadwerkelijke kosten van de inkoop van warmte. Wij achten deze methode navolgbaar en uitlegbaar tegenover bewoners.

Wel zien wij een aandachtspunt voor de verdeling van de risico's. Door deze methode ligt het volledige risico bij de inkoop en exploitatie van de warmte, doordat de ontwikkeling van het net en de opwek al aan het begin is afgedekt. Wij adviseren om deze risico's goed in beeld te brengen en af te stemmen wie welke risico's het beste kan dragen.

Betaalbaarheid eindgebruikers moeilijk navolgbaar, verduidelijking richting bewoners is een aandachtspunt

Het is onduidelijk in hoeverre de energierekening van de particulieren en huurders er op vooruit of achteruit gaan nadat zij zijn aangesloten op het Buurt Energie Systeem. In de presentatie maakt Alliander een vergelijking tussen gas en warmte. Deze vergelijking is echter gebaseerd op de 'Bomenbuurt', waar een tarief van € 21,13 inclusief btw wordt gehanteerd, terwijl voor de businesscase van Hengstdal uitgegaan wordt van een tarief van € 37,40.

Qirion maakte onderstaande vergelijking. Hierin worden de warmte tarieven gehanteerd zoals opgesteld in de businesscase. Uit deze vergelijking blijkt dat de energierekening van de huurder en de particulier gelijk blijft na de overstap naar warmte. In de onderstaande vergelijking kunnen wij echter de 'korting' op de energierekening ter hoogte van € 65,66 en € 48,94 niet plaatsen.

NB: In de vergelijking voor bewoners maakte Qirion mogelijk een typefout in de berekening van de gasprijs. Hier wordt € 0,0581 per m3 meegenomen aan ODE belasting, terwijl dit bedrag in 2021 is vastgesteld op € 0,0851.

2021

| Kosten bewoners per maand incl BTW | Huurders | | Particulieren | |
|---|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Huidige situatie | Nieuwe situatie | Huidige situatie | Nieuwe situatie |
| Inkoop gas incl EB | € 73,72 | | € 73,72 | |
| Vastrecht gas (leverancier, netwerk, me | € 22,67 | | € 22,67 | |
| Totaal energierekening | € 96,39 | | € 96,39 | |
| "Huurprijs" voor CV ketel en onderhoud | € 14,24 | | € 30,97 | |
| Inkoop warmte | | € 105,02 | | € 105,02 |
| Vastrecht warmte (incl meterhuur, afleverzet) | | € 71,27 | | € 71,27 |
| Totaal energierekening | | € 176,29 | | € 176,29 |
| Annuiteit voor aansluitbijdrage | | € -65,66 | | € -48,94 |
| TOTAAL | € 110,63 | € 110,63 | € 127,36 | € 127,36 |

4. Review businesscase

Betaalbaarheid eindgebruikers

Nadere uitwerking van de impact van de inkooprijzen op de energierekening voor eindgebruikers gevraagd om betaalbaarheid businesscase te valideren

De onderstaande tabel toont de warmte tarieven uit de businesscase van Qirion. Het is onduidelijk wat de impact is van deze tarieven voor de energierekening van de eindgebruikers. Bijvoorbeeld: wat gebeurt er als de gas en elektra prijzen weer dalen naar het niveau van 2021? Wat betekent dit voor het variabele tarief? Hoe verhoudt de energierekening van de eindgebruiker op gas zich tot de energierekening op warmte? Wij adviseren om dit onderdeel nader uit te werken om de betaalbaarheid voor huurders en particulieren meer inzichtelijk te maken.

| | Qirion (Hengstdal) | ACM max 2021 | ACM max 2022 |
|-----------------|--------------------|--------------|--------------|
| Variabel tarief | € 37,40 | € 25,51 | € 53,95 |
| Vastrecht | € 467,50 | € 478,60 | € 494,58 |
| Huur afleverset | € 125,50 | € 125,50 | € 131,16 |
| Meettarief | € 26,63 | € 26,83 | € 27,47 |

Bedragen zijn inclusief btw

Benodigde investeringsopgave woningcorporatie en particulier marktconform

Naast de kosten voor energie, moet de woningcorporatie en de particulier ook nog investeren in de woning en in de aansluitbijdrage. Qirion hanteert een investering van € 2.874 per woning voor 'aanpassingen in de particuliere woning' en € 2.624 voor aanpassingen in de woningcorporatie woning. Onderdeel van deze kosten zijn: aansluiten van CV installatie op afleverset, aansluiten van drinkwater en warmwaterinstallatie op afleverset, inregelen, verwijderen cv-ketel en afsluiten gas, plaatsen groep en maken aansluiting elektrisch koken en elektrisch kooktoestel en pannen. Gezien deze onderdelen achten wij de hoogte van de investeringsopgave voor de woningcorporatie en particulier marktconform.

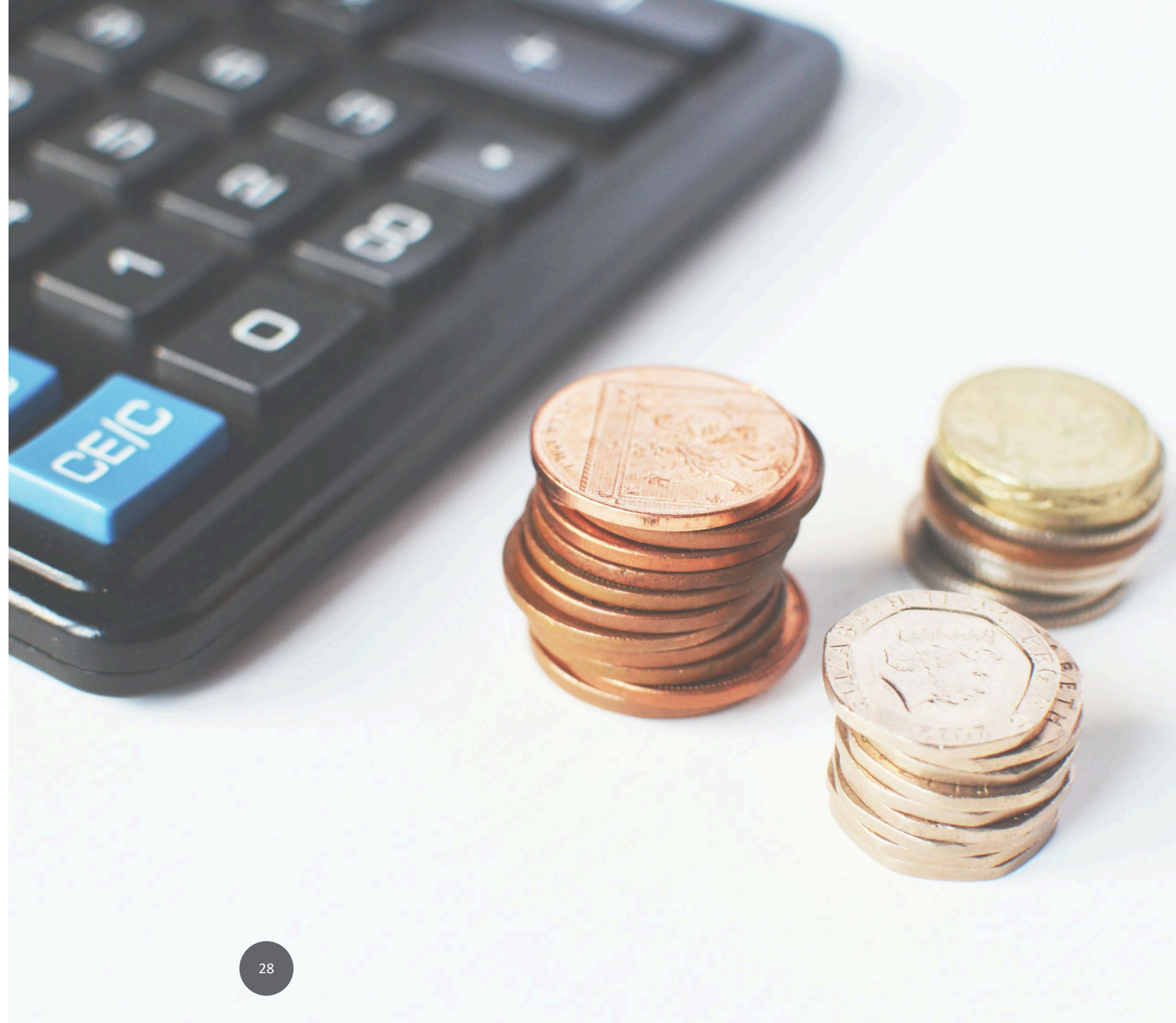
Inclusief de investeringskosten voor de aansluiting resulteert de investering in ongeveer € 11.000,- per woning. Om de haalbaarheid hiervan te toetsen adviseren wij om na te gaan bij de woningcorporatie en de particulieren in hoeverre dit aanbod interessant is ten opzichte van een alternatief en of de woningcorporatie de benodigde investeringsmiddelen tot haar beschikking heeft.

| | Particulier | Woningcorporatie |
|--------------------------------|-------------|------------------|
| BAK | € 7.616 | € 7.616 |
| Woningaanpassingen particulier | € 3.478 | € 3.175 |
| Totale investering | € 11.094 | € 10.791 |

Bedragen zijn inclusief btw

5

Review governance structuur



5. Review governance structuur

Inrichting governance en contractstructuur is logisch, maar impliceert risico's voor de coöperatie

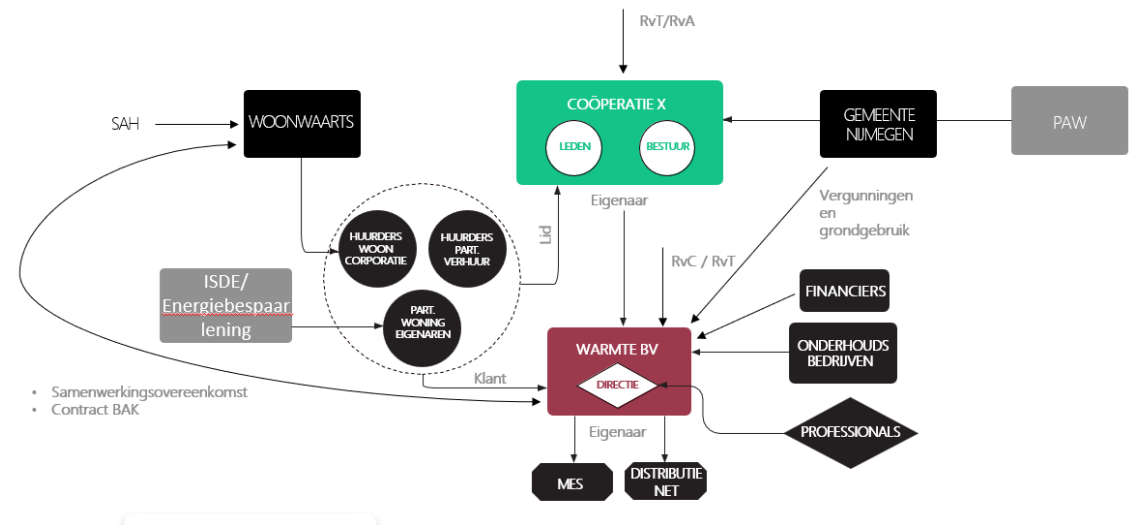
Wij onderstrepen de conclusies van VBTM Advocaten over de rol van Woonwaarts
VBTM Advocaten concludeert dat Woonwaarts géén rol kan hebben als mede eigenaar van Warmte B.V., maar dat sturing mogelijk is via een samenwerkingsovereenkomst. Wij onderstrepen deze conclusie.

De gepresenteerde governance structuur en bijpassende contractstructuur is logisch. Wij zien hierbij enkele aandachtspunten.

De schematische afbeelding op deze pagina toont de beoogde governance structuur en bijpassende contractstructuur. De lokale energiecoöperatie, met leden uit de buurt, is eigenaar van de op te richten 'Warmte B.V.', welke vervolgens integraal warmteleverancier is. Dat wil zeggen: verantwoordelijk voor de bron, netbeheer en levering. Deze structuur is haalbaar voor dit project. Wij zien hierbij de volgende aandachtspunten:

- Als integraal warmtebedrijf liggen alle exploitatierisico's bij Warmte B.V.. De ACM-verplichtingen t.a.v. leveringszekerheid zijn stevig. Om het exploitatierisico voor de coöperatie te beperken contracteert Warmte B.V. de prestatie van installaties en systeemonderdelen door aan leveranciers / onderhoudsbedrijven. Dit neemt niet weg dat de eindverantwoordelijkheid bij Warmte B.V. blijft. Hiermee liggen deze risico's dus ook bij de coöperatie en daarmee haar leden.
- Specialistische kennis en kunde wordt toegevoegd door het inschakelen van een RvT/RvA en door professionals. Het is nog onduidelijk wie dit moeten zijn, wat hun belang is en of deze personen 'skin in the game' hebben. Dit is wenselijk om te garanderen dat men handelt in het belang van de coöperatieleden.
- Vreemd vermogen zal aangetrokken moeten worden om Warmte B.V. te financieren. Gezien het ontbreken van een professionele partij met financiële draagkracht in Warmte B.V. is de bereidheid van financiers om dit construct te financieren nog een aandachtspunt.

- Deelneming van een professionele partij in Warmte B.V. verlaagt dit risico. Hier wordt een marktconsultatie voor gestart vanuit het landelijke platform rond het BES.
- De wijze waarop de PAW-gelden worden ingezet is nog niet duidelijk. Hier is de gemeente in sommige gevallen gebonden aan regels voor staatssteun / aanbestedingsplicht. Dit onderdeel wordt momenteel nader uitgewerkt. Ditzelfde geldt voor de rol van Alliander in de realisatie en/of exploitatiefase en de wijze waarop een vergoeding voor de ontwikkelkosten kan worden gedekt.



≡ provincie
Gelderland

FAKTON ENERGY 


**Royal
HaskoningDHV**
Enhancing Society Together