
Afkoppelen gasnet Benedenbuurt, gemeente Wageningen

Haalbaarheid van een warmtenet

20 november 2017

Verantwoording

Titel	Afkoppelen gasnet Benedenbuurt, gemeente Wageningen
Opdrachtgever	Gemeente Wageningen
Projectleider	Marion van Amelrooij
Auteur(s)	Harry de Brauw en Marion van Amelrooij
Projectnummer	1246856
Aantal pagina's	31 (exclusief bijlagen)
Datum	20 november 2017
Handtekening	'Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven'

Colofon

Tauw bv
Tauw Flexible Solutions
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Kenmerk R001-1246856HBA-ygl-V01-NL

Inhoud

Verantwoording en colofon	3
1 Inleiding.....	7
1.1 Doelstelling	7
1.2 Onderzoeksvragen	8
1.3 Achtergrond	8
2 Proces	10
2.1 Overzicht werkzaamheden	10
2.2 Beoordelingscriteria	11
2.3 Samenvatting gehele traject	12
3 Warmtebronnen in de omgeving en opslag.....	13
3.1 Riothermie	13
3.2 Warmte uit asfalt	14
3.3 Nederrijn	15
3.4 Buitenlucht	16
3.5 Geothermie	17
3.6 Biomassacentrale	17
3.7 Ecovat	18
3.8 Open bodemenergie	20
4 Scenario's voor warmteopwekking	21
4.1 Varianten en scenario's	21
4.2 Referentie scenario	22
4.3 Impact van varianten op de woningen	23
5 Kosten en terugverdientijd	24
5.1 Investeringskosten per variant	24
5.2 Terugverdientijd per variant	24
5.3 Gevoeligheidsanalyse	26
5.4 Marktconsultatie	28
6 Afweging scenario's	29
7 Hoe verder	31

Bijlage(n)

- 1 Kansenkaart riothermie Wageningen
- 2 Temperatuur Nederrijn en buitenlucht
- 3 Bodemenergie onderzoek
- 4 Uitgangspunten
- 5 Verslag bewonersbijeenkomst 8 november 2017

1 Inleiding

De aanstaande rioolvervangings in de Benedenbuurt is aanleiding voor onderzoek naar verduurzaming van de energievoorziening in de wijk. De rioolvervangings biedt goede kansen om een warmtenet te realiseren om de woningen in de Benedenbuurt gasloos te verwarmen. Vraag is welke bronnen de gewenste duurzame warmte kunnen leveren en welke maatregelen bewoners moeten treffen. Dit alles in samenspraak met de bewoners, tegen aanvaardbare kosten en zonder het comfort in de wijk te verlagen.

De projectgroep (bestaande uit bewonersvertegenwoordiging, coöperatie ValleiEnergie, gemeente Wageningen en de Woonstichting) heeft Tauw gevraagd dit onderzoek te begeleiden en daarbij bewoners en marktpartijen in het proces mee te nemen. De haalbaarheidsstudie moet aantonen of een haalbare business case mogelijk is voor de verschillende vastgoedeigenaren in het gebied (woningcorporatie, VvE en particuliere woningeigenaren).

1.1 Doelstelling

De doelstelling van het haalbaarheidsonderzoek is om te bepalen welke duurzame energievarianten het meest kansrijk zijn gegeven de specifieke situatie in de Benedenbuurt.

Het nieuwe energiesysteem dient te voldoen aan:

1. De kosten voor warmte (ruimteverwarming en tapwater) mogen niet hoger liggen dan de huidige kosten van de bewoners
2. Het comfort in de woningen moet tenminste gelijk blijven aan de prestaties van het huidige energiesysteem
3. De bewoners moeten via een collectief invloed kunnen uitoefenen op de exploitatie van het energiesysteem
4. Het haalbaarheidsonderzoek moet zich primair richten op een collectief warmtesysteem.
5. Het aardgasnet zal in de toekomst niet meer beschikbaar zijn. Referentie is individuele warmteopwekking

1.2 Onderzoeksvragen

Het onderzoek bestaat uit de volgende onderzoeksvragen:

1. Welk collectief warmtesysteem kan in de warmtebehoefte (ruimteverwarming en tapwater) van de Benedenbuurt voorzien en in hoeverre zijn deze energiesystemen duurzaam?
2. Wat zijn globaal de investeringskosten per woning van de energiesystemen inclusief de bijkomende kosten voor de aanpassing van de warmteafgifte, woningschil en inboedel?
3. Wat is het verwachte draagvlak bij bewoners/vastgoedeigenaren voor de verschillende energiesystemen?
4. Is het energiesysteem schaalbaar en wat is het minimaal aantal benodigde huishoudens voor een rendabel systeem?
5. Wat zijn de mogelijkheden voor een ESCo waarbij de bewoners deelnemen aan het energiesysteem? En zijn er mogelijkheden waarin de woningcorporatie, de gemeente of de netbeheerder kan deelnemen in de financiering van het systeem?

De uitkomst van deze haalbaarheidsstudie is een aanbeveling voor één of twee nader uit te werken energiesystemen. Deze aanbeveling is gebaseerd op een eerste inschatting van de technische en financiële haalbaarheid, het risicoprofiel van het energiesysteem en een inschatting van het draagvlak bij bewoners, de woningcorporatie en de gemeente Wageningen.

1.3 Achtergrond

De Benedenbuurt te Wageningen wordt gekenmerkt door de ruime opzet en de karakteristieke woningen die in de eerste helft van de vorige eeuw gebouwd zijn. De 448 woningen bestaan grotendeels uit twee-onder-een-kap- en rijtjeswoningen. Ongeveer de helft is in eigendom van De Woningstichting. Het is niet eenvoudig om deze woningen energiezuiniger te maken zonder afbreuk te doen aan het typische karakter.

De gemeente wil de riolering en rioolaansluitingen vervangen en breekt daarvoor de straten in de wijk open. Bewoners zien het als dé kans om een warmtenet aan te leggen dat gevoed wordt vanuit een duurzame bron en zijn met dit idee gaan lobbyen. Al snel vonden ze een gewillig oor bij de gemeente (die in maart ook al de Green Deal aardgasvrije wijken ondertekende) en de Woningstichting. Om de haalbaarheid van dit unieke project te onderzoeken, heeft de gemeente subsidie ontvangen vanuit het Nederlands-Duitse project WiEfm. In de hiervoor opgezette projectgroep nemen naast gemeente Wageningen, bewoner Wanka Lelyveld en De Woningstichting tevens Coöperatie ValleiEnergie, Rijksuniversiteit Groningen en Universiteit Twente deel.



Figuur 1.1 Typisch straatbeeld van de Benedenbuurt (foto door Wanka Lelyveld)



Figuur 1.2 Locatie Benedenbuurt: bovenop de Wageningsheuvel op ongeveer 2 kilometer afstand van de Nederrijn

2 Proces

De projectgroep heeft Tauw gevraagd om een brede studie uit te voeren naar de mogelijkheden voor duurzame warmteopwekking en afgifte. Aan de hand van deze analyse dient een keuze voor één of twee scenario's gemaakt te worden die in het vervolgtraject gespiegeld worden met de wensen van bewoners en marktpartijen. Uiteindelijk zal dit resulteren in een advies omtrent de haalbaarheid van deze scenario's.

Parallel aan het onderzoek van Tauw loopt een traject vanuit de projectgroep waarbij een kopgroep van de wijkbewoners (ongeveer een kwart van de buurt) intensief betrokken wordt bij de stappen die gezet worden om tot een aardgasloze wijk te komen. Tussen het traject van Tauw en het traject met de koplopers vindt regelmatige afstemming plaats; waar mogelijk versterken zij elkaar.

Gedurende het proces is Alliander DGO (Alliander) aangehaakt om in meer detail inzichtelijk te maken wat de gevolgen van een warmtenet voor de bewoners zijn en in hoeverre zij deze ontwikkeling ondersteunen. In overleg met de projectgroep is de door Tauw voorgestelde aanpak iets aangepast zodat de inbreng van Alliander meegenomen kan worden in het proces. Dit heeft ertoe geleid dat er minder tijd is besteed aan de afweging van de technische scenario's voor centrale opwekking van de warmte. In plaats daarvan is meer tijd besteed aan het bestuderen van de impact van een warmtenet op de huishoudens.

2.1 Overzicht werkzaamheden

De projectgroep heeft Tauw gevraagd om het haalbaarheidsonderzoek in een periode van ongeveer zes maanden uit te voeren. Tijdens deze haalbaarheidsstudie heeft de projectgroep aangegeven het onderzoek iets te willen vertragen in verband met de afwezigheid van projectleden gedurende de zomervakantie. Het onderzoek heeft daarom wat langer geduurd. De volgende mijlpalen zijn uitgevoerd:

1. In beeld brengen mogelijkheden en onmogelijkheden centrale warmteopwekking
2. Terugkoppeling bevindingen middels presentatie op bewonersavond (SEP)
3. Bewonersconsultatie middels Evie en bewonersavond
4. Afstemming met de projectgroep omtrent "hoe verder"
5. Rapportage

Stap 1 bestaat uit de technische en economische analyse. Doordat er in de nabijheid van de Benedenbuurt geen geschikte industriële restwarmtebronnen aanwezig zijn, is gekeken naar

omgevingswarmtebronnen. Dit is het aanbod aan warmte in bodem, water, infrastructuur en lucht. Binnen de beschikbare tijd en budget is het niet mogelijk om alle technieken in detail door te rekenen. Door met schattingen en referentiegetallen te werken is alsnog een goede indicatie van kosten en baten verkregen. Op basis hiervan is een selectie gemaakt van de meest kansrijke en wenselijke opties. Verdiepend vervolgonderzoek kan zich hierop verder toespitsen.

In het kader van het onderzoek zijn de volgende bijeenkomsten bijgewoond:

- Overleg met projectgroep en Alliander, 9 mei 2017
- Startoverleg met projectgroep, 15 mei 2017
- Marktconsultatie met o.a. Ecovat, 24 mei 2017
- Afstemming tussen Tauw en Alliander, 30 mei 2017
- Presentatie/ SEP sessie met bewoners, projectgroep en Alliander, 6 juni 2017
- Overleg met projectgroep en Alliander, 19 juni 2017
- EVIE sessie met bewoners, projectgroep en Alliander, 26 juni 2017
- Heat sessie met diverse partijen, 5 juli 2017
- Afstemming bewoners betrekken bij gemeente, 6 juli 2017
- Afstemming communicatie met gemeente, 1 augustus 2017
- Future workshop bijeenkomst, 11 oktober 2017
- Bewonersavond, 8 november 2017
- Bespreken rapportage, 15 november 2017

Tauw heeft de eerste resultaten van het onderzoek op de bewonersavond (SEP) van 6 juni 2017 in Wageningen gepresenteerd. Deze rapportage bouwt voort op hetgeen daar gepresenteerd is. Voortschrijdend inzicht heeft ertoe geleid dat sommige cijfers afwijken van hetgeen op 6 juni gepresenteerd is.

2.2 Beoordelingscriteria

De energiesystemen die in dit onderzoek als kansrijk naar voren komen zijn afgewogen op de volgende beoordelingscriteria:

- Kosten: Inschatting van de investeringskosten en de terugverdientijd ten opzichte van de huidige situatie
- Duurzaamheid: De onafhankelijkheid van fossiele energie. In welke mate is de Benedenbuurt nog afhankelijk van fossiele energie na implementatie van het nieuwe energiesysteem?
- Faseerbaarheid: In hoeverre is het mogelijk om de wijk gefaseerd van duurzame warmte te voorzien zonder direct te investeren in een warmte opwek installatie die afgestemd is op de totale warmtevraag van de wijk

- Impact op woningen: welke impact (ruimtebeslag/ benodigde aanpassingen) hebben de energieconcepten
- Draagvlak: Het draagvlak voor de energiesystemen onder de bewoners in de wijk

2.3 Samenvatting gehele traject

In april 2016 werd bij bewoners bekend dat de riolering in de Benedenbuurt vervangen zou gaan worden. Zij zagen een koppelkans om de wijk aardgasvrij te maken op basis van Ecovat technologie en contacteerden gemeente en Woningstichting. Deze partijen reageerden enthousiast en in het najaar van 2016 werd een Quicksan uitgevoerd. Ondertussen waren ook coöperatie ValleiEnergie en de RUG aangesloten als adviserende partijen. De resultaten van de Quicksan waren veelbelovend en besloten werd om, met behulp van een voucher, een bredere haalbaarheidsstudie uit te voeren. Na een tender is de opdracht voor de studie gegund aan Adviesbureau Tauw. De haalbaarheidsstudie is gestart in het voorjaar van 2017. Parallel daaraan werd een bredere bewonersgroep geïnformeerd en betrokken bij het proces door middel van drie bijeenkomsten.

Er werden naast het Ecovat zes verschillende scenario's uitgewerkt. Gedurende het onderzoek is daar in overleg met bewoners dit najaar één scenario van overgebleven. Acht november jongstleden is dit scenario gedeeld in een bijeenkomst waar alle 450 huishoudens voor waren uitgenodigd. 90 huishoudens namen deel aan de bijeenkomst en stemden in met een verdiepend onderzoek naar dit specifieke scenario. De komende twee jaar wordt dit scenario in aanloop naar de rioleringsvervanging verder uitgewerkt in samenwerking tussen bewoners, gemeente, de Woningstichting en adviesbureau's.

3 Warmtebronnen in de omgeving en opslag

In de nabije omgeving van de Benedenbuurt is geen geschikte industriële restwarmte beschikbaar. Daarom is gekeken wat omgevingswarmtebronnen voor mogelijkheden bieden. Met omgevingswarmte bedoelen we warmte dat in bodem, water, infrastructuur en lucht aanwezig is en gewonnen kan worden.

Warmte dient per medium (veelal water) door een buis getransporteerd te worden. De kosten voor het realiseren van deze leiding limiteert het bereik waarover warmte getransporteerd kan worden. Wij hebben de volgende potentiële omgevingswarmtebronnen geïdentificeerd die in de volgende paragrafen worden besproken:

- Riothermie (warmte uit het riool)
- Asfaltcollectoren
- Nederrijn
- Buitenlucht
- Geothermie via Parenco
- Biomassacentrale

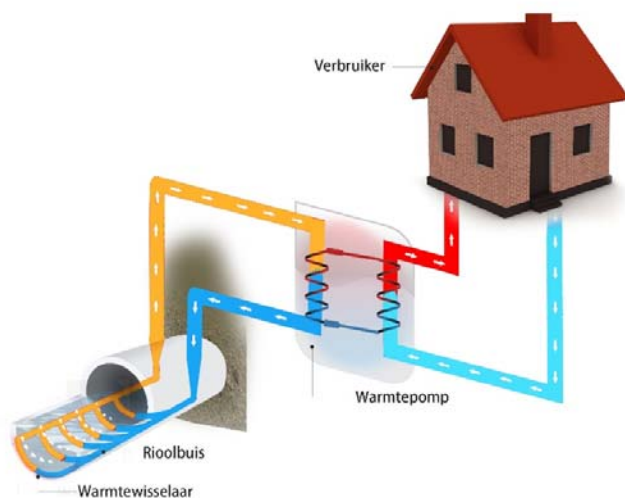
Naast de warmtebronnen hebben we twee methodes voor seizoensopslag van warmte onderzocht:

- Ecovat
- Bodemenergie (WKO)

3.1 Riothermie

Riothermie staat voor het winnen van thermische energie uit de riolering. Hiertoe wordt een warmtewisselaar in de riolering geplaatst waar het afvalwater overheen stroomt en haar warmte afgeeft. Om de Benedenbuurt te verwarmen is een zeer grote afvalwaterstroom nodig. Bij riothermie kan warmte in de winter uit het afvalwater gewonnen. De hoge zomerse temperaturen maken het echter bij grote warmtevragers (zoals de Benedenbuurt) interessant om de warmte in de zomer te winnen en middels seizoensopslag te bufferen voor gebruik in de winter.

Uit de kanskaart riothermie die wij voor de gemeente Wageningen hebben opgesteld blijkt dat de riolering in de Benedenbuurt onvoldoende vermogen biedt (zie bijlage 1). Alleen de stamriolering nabij de zuivering lijkt interessant te zijn maar bevindt zich op grote afstand. De ligging vlak voor de zuivering maakt dat het winnen van grote hoeveelheden energie een negatief effect kan hebben op het functioneren van de zuivering. Het nitrificatieproces kan hierdoor in gevaar komen. Wij achten de haalbaarheid van deze methode voor verwarming van de Benedenbuurt daarom niet groot.



Figuur 3.1 Principe van riethermie

3.2 Warmte uit asfalt

Middels asfaltcollectoren kan warmte uit het asfalt gewonnen worden. De collectoren worden in een tussenlaag van het wegdek opgenomen. De bovenste asfalt laag kan voor onderhoud vervangen worden zonder dat dit schade aan de collectoren veroorzaakt. Door de donkere kleur van het asfalt kan het systeem 's zomers relatief hoge temperaturen opwekken. Deze warmte dient opgeslagen te worden voor benutting in de winter. Doordat de wegen in de Benedenbuurt relatief weinig schaduw vangen van gebouwen en bomen, zijn veel wegen geschikt om dit systeem toe te passen. De gemeente heeft voorgenomen om na de rioolrenovatie het asfalt te vervangen voor klinkers. In dat geval is dit systeem niet mogelijk. Indien het wenselijk is om warmte uit het wegdek te winnen dient de gemeente dit mee te nemen in haar afweging voor type straatverharding.

Om voldoende warmte voor de verwarming van de woningen te winnen uit het asfalt zal ongeveer twee kilometer wegdek (bij een gemiddelde breedte van 4 meter) voorzien moeten worden van asfaltcollectoren. Dit is ongeveer 75% van het wegoppervlak in de Benedenbuurt. Hierbij is nog geen rekening gehouden met schaduwval van gebouwen, bomen en geparkeerde auto's. Indien warmte uit asfalt gewenst is dient nadere analyse het exacte oppervlak voor warmtewinning te bepalen. Voordeel van dit systeem is dat het gefaseerd uitgevoerd kan worden.



Figuur 3.2 Asphaltcollectoren tijdens en na aanleg van het wegdek (bron: Ooms)

3.3 Nederrijn

De Nederrijn stroomt op ongeveer twee kilometer afstand van de Benedenbuurt en heeft meer dan genoeg warmte om deze buurt te verwarmen. Door het Nederrijnwater door een buis naar de Benedenbuurt te verpompen kan de warmte middels een warmtewisselaar lokaal uit de waterstroom onttrokken worden. Wellicht is het tevens mogelijk om een warmtewisselaar in de Nederrijn te plaatsen en daar de warmte te winnen en via een buis te transporteren. De eerste optie is de meest gunstige omdat dit een kleinere buisdiameter vraagt. Bovendien hoeven er dan geen grote objecten (warmtewisselaar) in de Nederrijn geplaatst te worden.

Bij de keuze voor optie één is het mogelijk om het retour stromende water over het maaiveld van de berg af te laten stromen. Dit zal een kreekje vormen door het park. Dit scheelt kosten voor het boren van de retourbuis en draagt bij aan de kwaliteit van het park.

Over een aantal jaar zal de universiteitscampus rondom het Dreijenplein een nieuwe bestemming krijgen: bestaande gebouwen zullen een woonfunctie krijgen en er zullen woningen bijgebouwd worden. Mogelijk kan dit vastgoed dan tevens gebruik maken van de transportleiding uit de Nederrijn voor het afnemen van warmte. Deze zal dan wel met een grotere diameter uitgevoerd moeten worden dan waarvan in deze studie is uitgegaan.



Figuur 3.3 Globaal trace Nederrijn – Benedenbuurt. Hemelsbreed is de afstand ongeveer 2 km. Wanneer de Westerbergweg gevolgd wordt is de afstand ongeveer 500m langer. Het gebied hiertussen is grotendeels een park waardoor het waarschijnlijk mogelijk is om de korte route te nemen middels een gestuurde boring.

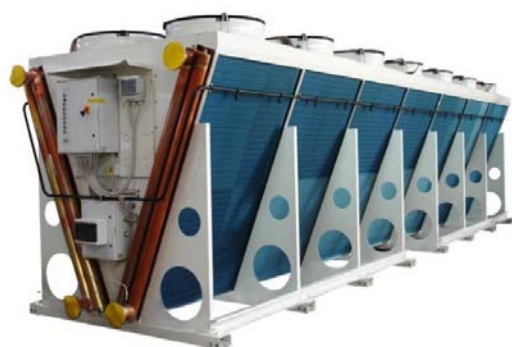
3.4 Buitenlucht

Het is mogelijk om de woningen in de Benedenbuurt te verwarmen met warmte uit de buitenlucht. Deze techniek is al vrij gebruikelijk op individuele schaal (all electric, het referentie scenario voor deze studie). Het is tevens mogelijk om dit op collectieve schaal toe te passen, hiervoor hebben wij twee varianten onderzocht:

1. Middels buitenluchtcollectoren (drycoolers) die 's zomers warmte winnen uit de buitenlucht. Hierbij geldt dat hoe hoger ze staan (veelal op een dak) hoe efficiënter ze werken. Op het maaiveld is ook mogelijk, daarbij wel de kanttekening dat er een hek omheen geplaatst moet worden en dat ze geluid produceren. Geluidsdemping is wel mogelijk. De gewonnen warmte

dient opgeslagen te worden voor benutting in de winter. Buitenluchtcollectoren kunnen gefaseerd toegepast worden.

2. Middels warmtepompen die 's winters warmte uit de buitenlucht winnen. Ook deze warmtepompen en haar ventilatoren hebben een bovengronds ruimtebeslag en kunnen zonder extra maatregelen geluidsoverlast produceren.
-



Figuur 3.4 Voorbeeld van een buitenluchtcollector: ventilatoren zuigen buitenlucht langs een lamellenpakket waar water doorheen stroomt die de warmte opneemt. Deze versie is geschikt voor zeer grote vermogens (ongeveer 1500 kW).

3.5 Geothermie

De papierfabriek Parenco te Renkum ligt op 3 km afstand van de Benedenbuurt. Parenco onderzoekt de mogelijkheden om ultradiepe geothermie toe te passen om haar industriële processen van duurzame warmte te voorzien. Hierbij zal zij water met een temperatuur van ongeveer 120 °C uit de diepe bodem oppompen. Na benutting door haar eigen processen is de vrijkomende restwarmte (80 °C) goed bruikbaar voor het verwarmen van woningen in de omgeving, waaronder de Benedenbuurt. Op dit moment is het nog onzeker of dit project doorgang zal vinden. Verder bodemonderzoek moet uitwijzen of geothermie op deze locatie haalbaar is.

3.6 Biomassacentrale

Biomassacentrale Bio-energie de Vallei te Ede produceert hoogwaardige warmte die via een warmtenet in Ede wordt afgezet. Mogelijk dat dit warmtenet doorgetrokken kan worden naar

Wageningen om daar de Benedenbuurt te verwarmen. Onduidelijk is in hoeverre dit economisch en politiek haalbaar is. Hier is nog geen onderzoek naar uitgevoerd.

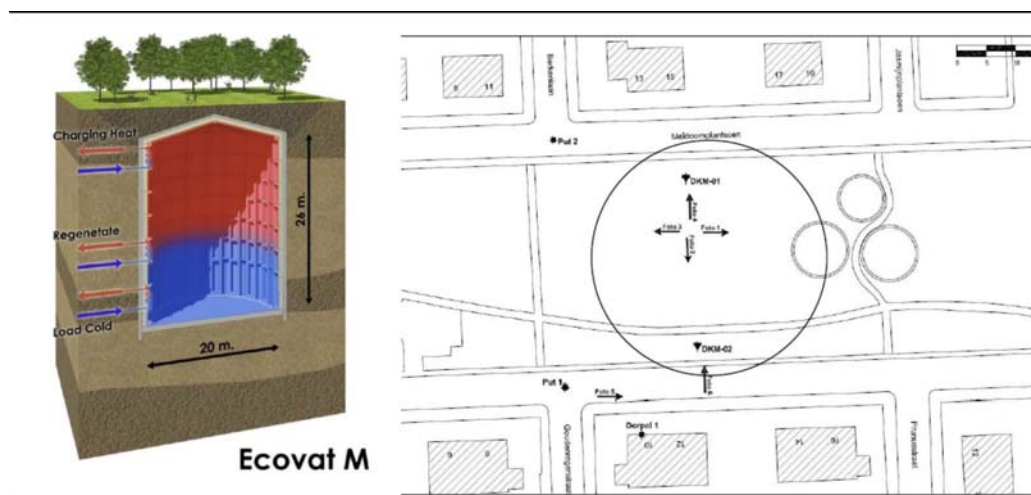


Figuur 3.5 Biomassacentrale te Ede

3.7 Ecovat

Ecovat is een Nederlandse startup die sinds een aantal jaar het Ecovat concept aanbiedt voor seizoensopslag van warmte.

Een Ecovat is een afgesloten, goed geïsoleerde ondergrondse warmwaterbuffer. Middels warmtewisselaars in de wand en warmtepompen in de bijbehorende technische ruimte kan warmte onttrokken en toegevoegd worden aan het vat. Doordat het water in het Ecovat stilstaat vindt er bijna geen warmtetransport door het vat plaats, hierdoor is het mogelijk grote temperatuurverschillen in het vat te creëren bij een zeer kleine thermocline (overgangslaag tussen de twee lagen water met verschillende temperatuur). Zo kan de temperatuur aan de onderzijde van het vat 50 graden zijn en aan de bovenkant 90 graden. De natuurlijk optredende thermocline bedraagt dan slechts 1,5 meter. Dit principe maakt het mogelijk om het vat te gebruiken voor seizoensopslag van warmte. Voor de Benedenbuurt kan dit concept benut worden voor een LT warmtenet op 50 °C. Hierbij wordt het warmtenet gedurende de winter gevoed met water op 50 °C. Het Ecovat voorziet in deze temperatuur vanuit de 90 °C voorraad. Na de winter zal de temperatuur in het vat 50 °C bedragen en dient het opnieuw opgewarmd te worden. Hiervoor gebruikt het een cascade van lucht-water warmtepomp, water-water warmtepomp en boiler. Deze combinatie warmt het water in het vat gedurende de zomer op naar 90 °C voor benutting in de winter.



Figuur 3.6 Illustratie van Ecovat M (links). Voor de warmtevoorziening in de Benedenbuurt is voorzien in Ecovat XL, deze heeft een diameter heeft van 35m bij een diepte van 40m. Rechts de voetafdruk van Ecovat XL op de voorziene locatie op het Meidoornplantsoen.

Naar verwachting zullen, door de toekomstige toename van het elektra-aanbod uit duurzame bronnen, de elektraprijzen gedurende het jaar flink fluctueren. Op zonnige, winderige dagen zal elektra zeer goedkoop zijn: er is een groot aanbod van stroom en weinig vraag. Op donkere, koude dagen zal elektra duur zijn: er is weinig aanbod en veel vraag; zeker als Nederland massaal overstapt op all electric verwarmingssystemen. Ecovat speelt hierop in doordat het juist in de zomer warmte opwekt waar andere systemen dat in de winter doen. Idealiter wordt een Ecovat volledig opgewarmd met elektra die daadwerkelijk uit groene bronnen (wind en zon) komt en daarbij tegen een gunstig tarief. Elektra die in de winter groen ingekocht wordt, is dit veelal niet: het is afkomstig uit waterkracht van stuwmeren (greenwashing van grijze stroom) of wordt gecompenseerd met overproductie van groene stroom in de zomer. Doordat een Ecovat ongeveer 2.500 uur per jaar nodig heeft om op te warmen is het (nog) niet mogelijk om alleen in te kopen bij (over)productie van duurzame stroom. Momenteel is het dan ook nog niet zichtbaar dat Ecovat profiteert van gunstige energietarieven ten opzichte van andere elektrische verwarmingssystemen. Om toch inzicht te krijgen van dit principe op de terugverdientijd van het systeem is in paragraaf 5.3. een gevoeligheidsanalyse opgenomen. Hier is voor alle scenario's bekeken wat de gevoeligheid is voor de aanpassing van energietarieven.

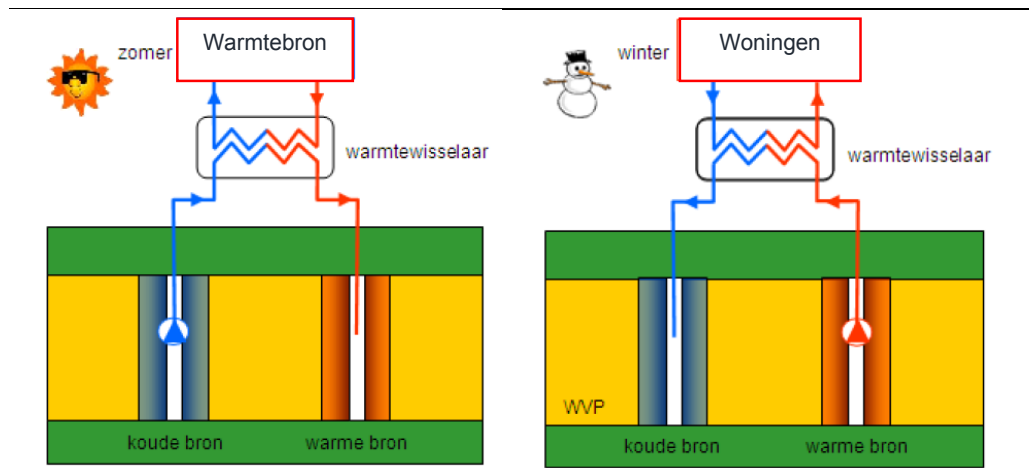
Samengevat is Ecovat een systeem voor seizoensopslag van warmte die (bij het uitblijven van methodes om groen opgewekte stroom grootschalig en langdurig op te slaan) duurzamer is dan

andere elektrische verwarmingssystemen. Het systeem heeft de potentie om in de toekomst te profiteren van goedkopere stroomtarieven doordat het in de zomer warmte opwekt.

Voor de Benedenbuurt is gekozen voor het grootste model Ecovat dat inpasbaar is in de buurt onder het Meidoornplantsoen: Ecovat XL met een diameter van 35m en een diepte van 40m. Dit vat kan voorzien in ongeveer 80% van de warmtevraag van de buurt (na toepassing van isolerende maatregelen). Het systeem kan ook in de overige 20% van de energievraag voorzien wanneer de warmtepompen ook 's winters worden ingezet om het vat te laden. Het systeem is niet schaalbaar, de aanleg zal ongeveer een jaar duren waarbij 2.200 vrachtwagens nodig zijn om de afgegraven grond te verwijderen (of het transport moet per buis plaatsvinden).

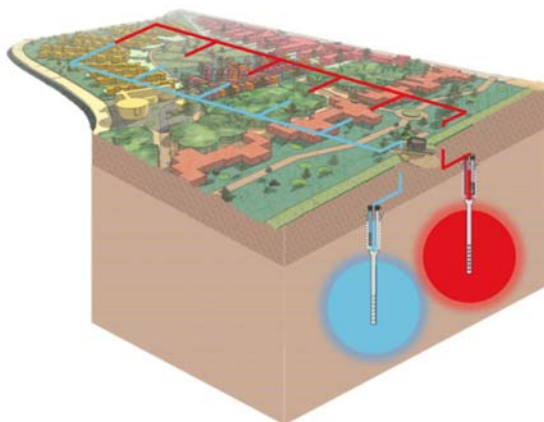
3.8 Open bodemenergie

Bovenstaande warmtebronnen bieden voornamelijk warmte in de zomer terwijl de vraag naar warmte voornamelijk in de winter optreedt. Daarom dient deze warmte over het seizoen gebufferd te worden. Open bodemenergie, ook wel Warmte Koude Opslag (WKO) genoemd, is hiervoor een beproefde methode. Het concept is dat de warmte in de zomer gewonnen wordt en ondergronds in een watervoerend pakket wordt geborgen. In de winter wordt het relatief warme water opgepompt en aan de woningen afgegeven. Een warmtepomp brengt de temperatuur naar het gewenste niveau. In onderstaand figuur is dit principe geschematiseerd.



Figuur 3.7 Principe seizoensbuffering warmte via WKO: warmte wordt in de zomer gewonnen en opgeslagen in het grondwater in een watervoerendpakket. In de winter wordt het relatief warme water onttrokken waarbij de warmte aan de woningen wordt afgegeven.

Uit ons onderzoek blijkt dat het derde watervoerend pakket onder de Benedenbuurt geschikt is voor het toepassen van WKO. Dit pakket heeft voldoende potentie om de gehele warmtevraag van de buurt gedurende een seizoen te bufferen. In bijlage 3 is het onderzoek in detail beschreven. Er zullen ongeveer 5 à 6 WKO doubletten nodig zijn om alle warmte te bufferen. Voordeel hiervan is dat het systeem gefaseerd ingevoerd kan worden en dat de warmtevoorziening van de wijk niet van één bron afhankelijk is.



Figuur 2.2 Illustratie WKO-systeem voor de Benedenbuurt. Het warmtenet zal gevoed worden door 5 à 6 WKO bronnen.

4 Scenario's voor warmteopwekking

In het onderzoek zijn drie varianten onderzocht: **BronT (12 °C)**, **LT (50 °C)** en **HT (70 °C)**. Deze varianten zijn uitgewerkt in zes scenario's en de referentiesituatie waarbij individuele verwarming wordt toegepast. Iedere variant heeft andere gevolgen voor de woningen.

4.1 Varianten en scenario's

De uitgewerkte varianten en scenario's zijn:

1. BronT warmtenet: 12 graden warmtenet

- a. **Scenario Nederrijn + WKO:** Warmte uit de Nederrijn voedt een WKO-systeem in de zomer, in de winter wordt hieruit warmte onttrokken en op 12 °C aan de woningen afgegeven door een niet-geïsoleerd warmtenet. De woningen hebben ieder een eigen water-water warmtepomp inclusief voorraadvat om de temperatuur op 45 °C te brengen en warm tapwater aan te maken.

2. LT warmtenet: 50 graden warmtenet

- a. **Scenario Nederrijn + WKO + centrale warmtepomp:** Warmte uit de Nederrijn voedt een WKO systeem in de zomer, in de winter wordt hieruit warmte onttrokken, middels centrale warmtepomp naar 50 °C opgevoerd en afgegeven aan de woningen door een geïsoleerd warmtenet. Woningen hebben een boiler als voorraadvat/ piekverwarming voor warm tapwater.
- b. **Scenario buitenlucht:** Warmte uit buitenlucht voedt een WKO systeem in de zomer, in de winter wordt hieruit warmte onttrokken, middels centrale warmtepomp naar 50 °C opgevoerd en afgegeven aan de woningen door een geïsoleerd warmtenet. Woningen hebben een boiler als voorraadvat/ piekverwarming voor warm tapwater.
- c. **Scenario Ecovat:** Lucht-water warmtepompen onttrekken in de zomer warmte uit de lucht en geven dit af aan een groot voorraadvat dat in de bodem onder het Meidoornplantsoen wordt geplaatst. In de winter wordt warmte uit dit Ecovat onttrokken en op 50 °C via een warmtenet aan de woningen afgegeven. Woningen hebben een boiler als voorraadvat/ piekverwarming voor warm tapwater.
- d. **Scenario warmtepomp op buitenlucht:** Een serie lucht-water warmtepompen onttrekt warmte uit de buitenlucht in de winter en geeft dit via een warmtenet op 50 °C af aan de woningen. Woningen hebben een boiler als voorraadvat/ piekverwarming voor warm tapwater.

3. HT warmtenet: 70 graden warmtenet

- a. **Scenario buitenlucht + WKO + centrale warmtepomp:** Warmte uit de buitenlucht voedt een WKO systeem in de zomer, in de winter wordt hieruit warmte onttrokken, middels centrale warmtepomp naar 70 °C opgevoerd en afgegeven aan de woningen door een geïsoleerd warmtenet. Woningen hebben een boiler als voorraadvat/ piekverwarming voor warm tapwater.

Variant 1 en 2 vereisen goed geïsoleerde woningen met een warmte afgifte systeem in de woning geschikt voor LT verwarming. Woningen hiervoor aanpassen vergt een forse investering die in dit onderzoek niet is uitgewerkt. Naar verwachting zullen de kosten voor de meeste woningen tussen Eur 10.000 – 40.000 bedragen. Variant 3 voorziet in hoogwaardige warmte waarmee de woningen via het bestaande warmte afgifte systeem verwarmd kunnen worden. Tevens is extra isolatie niet nodig.

4.2 Referentie scenario

Scenario luchtwarmtepomp: Een goed geïsoleerde woning die tevens is voorzien van een LT warmte afgiftesysteem kan middels een eigen lucht-water warmtepomp zelf haar benodigde

warmte en warm tapwater opwekken. Voordeel van dit systeem is dat geen warmtenet nodig is en dat bewoners onafhankelijk zijn.

Als variant op de individuele lucht-water warmtepomp bestaat ook de individuele water-water warmtepomp (zoals bij scenario 1a). Deze dient bij de individuele oplossing gecombineerd te worden met bodemlussen (gesloten bodemenergie) die warmte uit de bodem winnen. Doordat de grondwaterspiegel in de Benedenbuurt relatief diep ligt zullen de kosten voor bodemlussen relatief kostbaar zijn, deze optie is daarom niet verder uitgewerkt.

4.3 Impact van varianten op de woningen

1. Bij het BronT scenario dienen bewoners een warmtepomp ter grootte van een flinke koelkast in hun woning te plaatsen
2. Bij het LT scenario dienen bewoners een buffervat/ boiler met een capaciteit van ongeveer 200 liter in hun woning te plaatsen om te voorzien in de warm tapwater vraag
3. Bij het HT scenario zal een piekvoorziening voor warm tapwater per woning (200 liter) of centraal (groot volume) gerealiseerd moeten worden

Het is aan te bevelen dat bewoners een zonnecollector op hun dak plaatsen voor het opwekken van warm tapwater. Hiermee wordt hoogwaardige warmte efficiënt opgewerkt en de piekvoorziening ontlast.

5 Kosten en terugverdiëntijd

Alle besproken scenario's zijn doorgerekend op investeringskosten, onderhoudskosten en terugverdiëntijd ten opzicht van gas. Tevens zijn de scenario's ten opzichte van elkaar vergeleken. Dit geeft inzicht in de kosten ten opzichte van de huidige situatie en hoe de scenario's zich onderling verhouden.

5.1 Investeringskosten per variant

In onderstaande tabel zijn per scenario de investeringskosten per huishouden weergegeven. Bij deze kostenraming zijn we uitgegaan van collectieve inkoop (bijvoorbeeld voor individuele warmtepompen). Omdat in alle scenario's uitgangspunt is dat gas niet langer aanwezig zal zijn, is een besparing op de gasketel opgenomen. Te zien is dat scenario LT Ecovat en HT Lucht de grootste investeringssom kennen en scenario Individueel de laagste. De hoge investeringssom voor HT lucht mag niet direct vergeleken worden met de overige scenario's omdat hierbij geen directe investering in verbeterde isolatie en alternatieve warmteafgifte in de woning noodzakelijk is. Bij de overige scenario's is dit wel essentieel, wat een extra investering van EUR 10.000,00 – EUR 30.000,00 per huishouden vergt. Deze extra investering is niet in deze vergelijking meegenomen.

Tabel 5.1 Overzicht van investeringskosten per scenario per huishouden

	BronT, lucht	LT WP lucht	LT Rijn	LT Ecovat	LT lucht	HT, lucht	Individueel
Bron	€ 673		€ 2.287			€ 673	
Opslag	€ 3.500		€ 3.500	€ 7.800	€ 3.500	€ 3.700	
WP centraal		€ 2.619	€ 1.182	€ 373	€ 1.182	€ 4.079	
Transport	€ 909	€ 2.754	€ 2.754	€ 2.754	€ 2.754	€ 2.754	
WP woning	€ 5.700						€ 3.700
aanpassing woning							
Warm tapwater		€ 450	€ 450	€ 450	€ 450	€ 450	
Besparing gasketel	€ -1.200	€ -1.200	€ -1.200	€ -1.200	€ -1.200	€ -1.200	€ -1.200
Totaal p hh	€ 9.583	€ 4.623	€ 8.974	€ 10.177	€ 6.687	€ 10.457	€ 2.500
Totaal project	€ 4.292.973	€ 2.071.297	€ 4.020.269	€ 4.559.400	€ 2.995.595	€ 4.684.636	€ 1.120.000
Totaal per GJ	€ 225	€ 108	€ 210	€ 238	€ 157	€ 245	€ 59

5.2 Terugverdiëntijd per variant

In de toekomst zal gas niet langer beschikbaar zijn en daarom is een terugverdiëntijd ten opzichte van een met gas verwarmde woning eigenlijk niet relevant. Bewoners willen uiteraard wel weten waar ze aan toe zijn en wat de gevolgen voor hen zijn ten opzichte van de huidige situatie. Voor de verschillende scenario's is het relevant hoe ze zich ten opzichte van elkaar verhouden.

Onderstaande tabel laat zien wat per scenario en per huishouden de jaarlijkse kosten (elektra en onderhoud) en besparing (gas) is. De winst is verschil tussen besparing en kosten. Te zien is dat

scenario LT Rijn, LT lucht en HT Lucht de grootste jaarlijkse besparing realiseren. Het individuele scenario kent een zeer kleine jaarlijkse besparing.

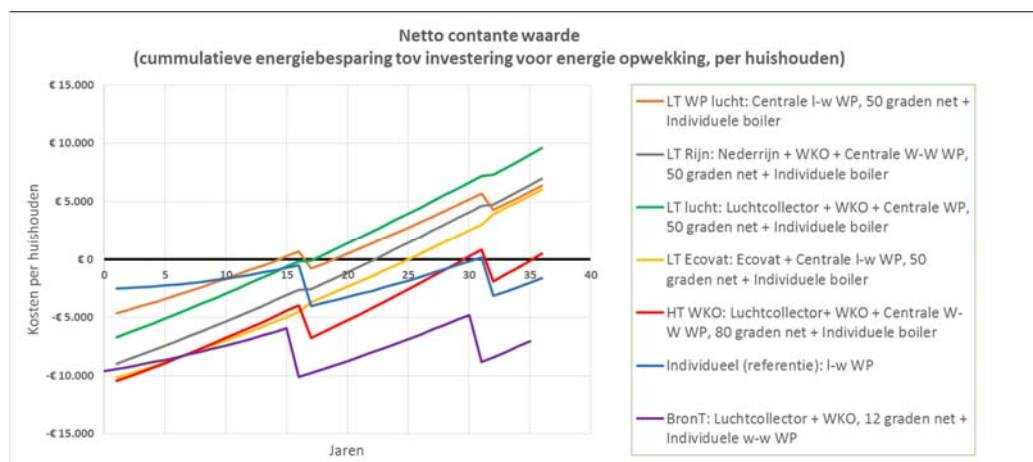
Tabel 5.2 Overzicht van besparingen en kosten per scenario per huishouden

	BronT, lucht	LT WP lucht	LT Rijn	LT Ecovat	LT lucht	HT, lucht	Individueel
Kosten WP (elektra)	€ 385	€ 425	€ 241	€ 381	€ 241	€ 294	€ 661
Kosten transport/ ventilator	€ 33	€	€ 55	€	€ 33	€ 33	€
Totaal elektra	€ 417	€ 425	€ 296	€ 381	€ 274	€ 326	€ 661
Onderhoudskosten	€ 188	€ 52	€ 97	€ 67	€ 107	€ 155	€ 74
Besparing per jaar (gas)	€ 762	€ 762	€ 762	€ 762	€ 762	€ 847	€ 762
Winst jaar 0	€ 157	€ 285	€ 369	€ 314	€ 381	€ 366	€ 27

Onderstaande grafiek geeft de netto contante waarde van de verschillende scenario's weer. Op jaar nul dient de investering gepleegd te worden om het systeem te realiseren. Daarna verdient het zich terug door de jaarlijkse winst. Zodra de netto contante waarde positief wordt is het systeem terugverdiend ten opzichte van gas. In deze berekening is uitgegaan van:

- Gasprijs: +2% per jaar
- Elektra prijs: 0% per jaar
- Rentevoet: +2% per jaar

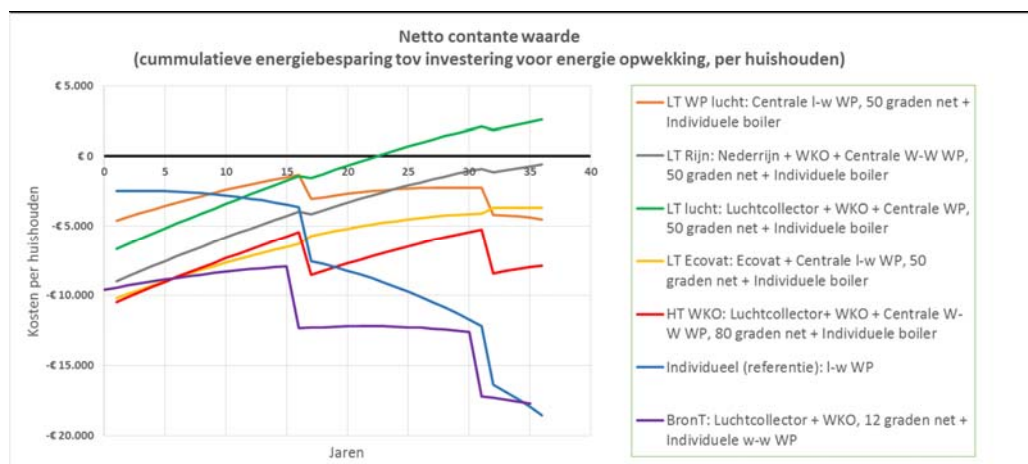
De sprong die iedere 15 jaar in de grafiek optreedt is de herinvestering in warmtepompen die na deze termijn zijn afgeschreven. Scenario's met kostbare warmtepompen (HT en individueel) zijn gevoelig voor deze herinvestering.



Figuur 5.1 Netto contante waarde: Gas +2%, Elec 0%, Rente: 2%

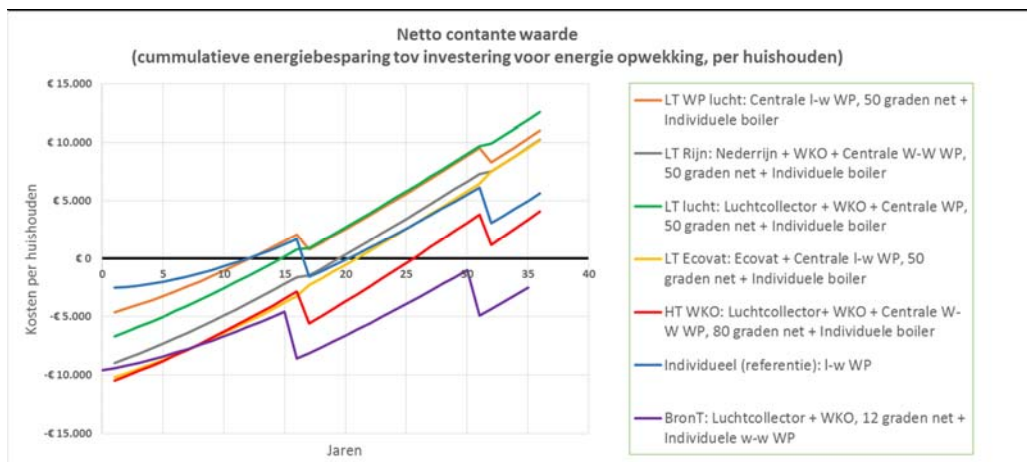
5.3 Gevoeligheidsanalyse

De tarieven van gas en elektra hebben een hele grote invloed op de netto contante waarde. Niemand weet hoe de tarieven in de toekomst zullen verlopen. Er bestaat een algemene consensus dat gas door schaarste en sturing vanuit de overheid steeds duurder zal worden (de afgelopen 2 jaar is de gasprijs door BTW verhoging met 18% gestegen) en elektra gelijk of goedkoper wordt. Waarschijnlijk zal de elektraprijs in de toekomst sterk fluctueren, dit is afhankelijk van het seizoen en de weersomstandigheden (zoals besproken in paragraaf 3.7). Het effect van een stijgende of dalende elektra- en gasprijs op de netto contante waarde is in onderstaande grafieken weergegeven. Te zien is dat ze een zeer grote invloed hebben op de terugverdientijd ten opzichte van gas. Ook ten opzichte van elkaar laten de scenario's grote verschillen zien. Dat heeft voornamelijk te maken met de inkoopprijs van energie (individueel of collectief) en hoeveel elektrische energie ze verbruiken (Bij het HT scenario is de vraag naar elektra groter dan bij de overige scenario's). Ecovat wil (in de toekomst) gebruik maken van het goedkoop kunnen inkopen van elektra. In figuur 5.3. is te zien dat dit een zeer gunstig effect heeft op de netto contante waarde. De terugverdientijd wordt verkort van 25 naar 20 jaar (onder de aangenomen energietarieven).

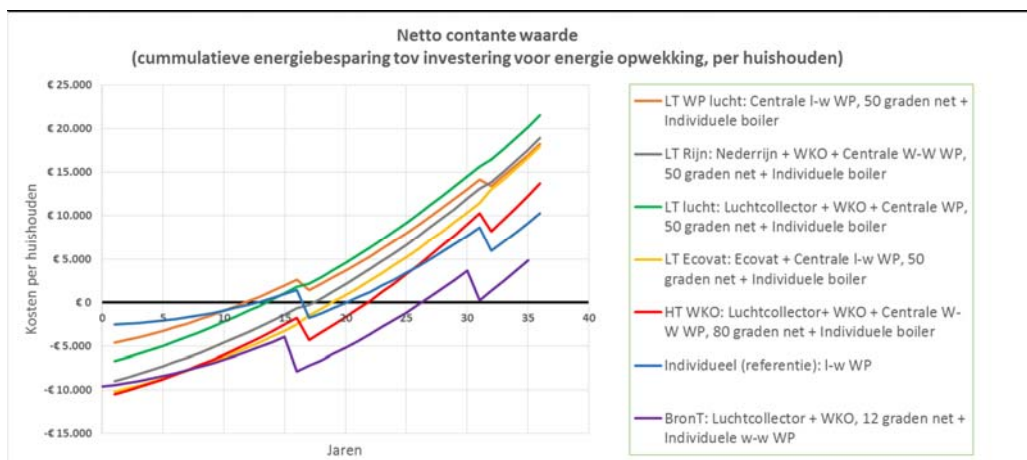


Figuur 5.2 Netto contante waarde: Gas +2%, Elec +4%, Rente: +2%

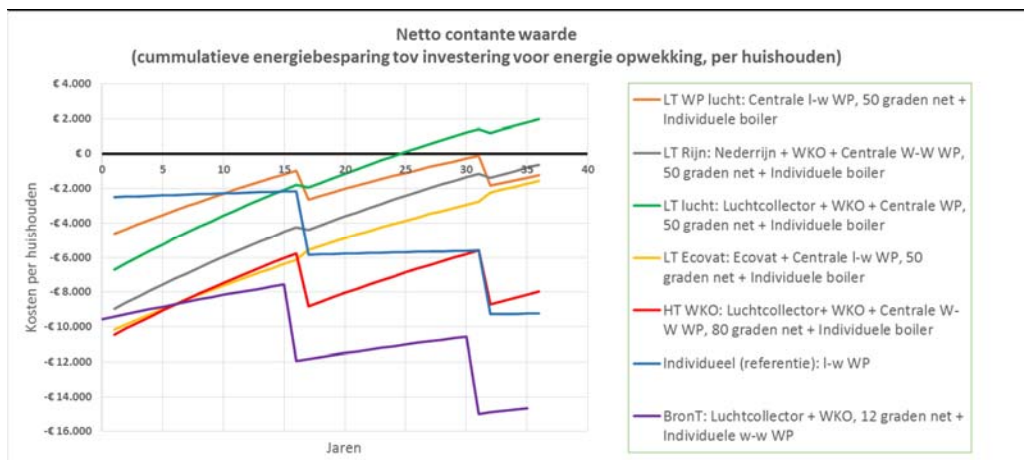
Kenmerk R001-1246856HBA-ygl-V01-NL



Figuur 5.3 Netto contante waarde: Gas +2%, Elec -4%, Rente: +2%



Figuur 5.4 Netto contante waarde. : Gas +4%, Elec 0%, Rente: +2%



Figuur 5.5 Netto contante waarde: : Gas 0%, Elec 0%, Rente: +2%

5.4 Marktconsultatie

Oorspronkelijk wat het uitvoeren van een marktconsultatie onderdeel van deze studie.

Gaandeweg het proces zijn we tot inzicht gekomen dat verder onderzoek noodzakelijk is om tot een goede uitvraag te komen. Bedrijven zullen meer inzicht in de business case wensen dan we nu kunnen bieden. Dit onderdeel zal dan ook in een vervolgstudie uitgevoerd moeten worden.

6 Afweging scenario's

De scenario's zijn afgewogen op een vijftal beoordelingscriteria zoals besproken in paragraaf 2.2. Deze zijn hieronder toegelicht en vervolgens samengevat in tabel 6.1.

- **Kosten:** Inschatting van de investeringskosten en de terugverdientijd ten opzichte van de huidige situatie. De kosten per scenario zijn besproken in hoofdstuk 5. We gaan uit van de kosten zoals weergegeven in figuur 5.2
- **Duurzaamheid:** De onafhankelijkheid van fossiele energie. In welke mate is de Benedenbuurt nog afhankelijk van fossiele energie na implementatie van het nieuwe energiesysteem? Alle scenario's gaan uit van volledige elektrificatie. Alleen van scenario HT lucht is de verwachting dat de wijk zonder additionele isolatie een te hoge piekvraag heeft om economisch verantwoord (betaalbaar) duurzaam te kunnen verwarmen. Dat kan ondervangen worden door centraal gasketels op te stellen die in deze piekvraag voorzien. Op den duur kunnen deze ketels verwijderd worden wanneer de woningen beter geïsoleerd zijn. Een eerste inschatting is dat ongeveer 30% van de energievraag door deze gasketels ingevuld zal worden. Dit is ongeveer 200.000 m³ aardgas per jaar. Verder onderzoek zal uitwijzen in hoeverre de gasketels daadwerkelijk nodig zijn. Voor het elektraverbruik gaan we er vanuit dat dit wordt opgewekt met 100% groene stroom. Qua duurzaamheid scoort alleen Ecovat echt goed omdat zij warmte opwekken in de zomer wanneer daadwerkelijk groene stroom beschikbaar is
- **Faseerbaarheid:** In hoeverre is het mogelijk om de wijk gefaseerd van duurzame warmte te voorzien zonder direct te investeren in een warmte opwek installatie die afgestemd is op de totale warmtevraag van de wijk? Faseerbare energiebronnen zijn: buitenlucht en asfaltcollectoren. Als opslagmedium is WKO faseerbaar. Warmte uit oppervlaktewater en Ecovat zijn niet faseerbaar
- **Impact op woningen:** welke impact (ruimtebeslag/ benodigde aanpassingen) hebben de energieconcepten? Alle systemen die uitgaan van BronT en LT vergen een grote aanpassing van de woning: qua isolatie, warmte afgiftesysteem en voor buffering van warm tapwater. Alleen bij HT hoeft de woning niet aangepast te worden (mogelijk dat iedere woning voorzien dient te worden van een warm tapwater buffer). Op termijn is het gewenst dat woningen worden geïsoleerd om zo tot een efficiënter systeem te komen. Dit kan op een moment dat het de bewoners goed uitkomt (natuurlijk vervangingsmoment)
- **Draagvlak:** Het draagvlak voor de energiesystemen onder de bewoners in de wijk. Er zijn diverse bijeenkomsten georganiseerd waarbij de bewoners zijn uitgenodigd om kennis te nemen of te participeren in workshops. Op 8 november 2017 was een bijeenkomst die boven verwachting goed werd bezocht door ongeveer 90 personen. In bijlage 5 is hiervan een verslag opgenomen. Tijdens deze bijeenkomst is voorgesteld om het scenario HT verder uit

te werken omdat dit (op korte termijn) de minste impact heeft op de huishoudens. Dit voorstel werd door de aanwezigen positief ontvangen. Voor alle LT varianten is geen draagvlak om dat binnen 2 a 3 jaar gerealiseerd te krijgen (de termijn waarin de rioolvervanging plaats zal vinden)

Tabel 6.1 Scoringsmatrix: De zeven scenario's onderling afgewogen op de criteria. Qua kosten heeft de HT variant een '+' gekregen omdat de woningen hierbij geen kapitaalintensieve aanpassing nodig hebben. Ecovat scoort voor impact een extra '-' vanwege de te verwachten bouwoverlast om een Ecovat midden in de wijk te realiseren.

	BronT, lucht	LT, WP lucht	LT, Rijn	LT, Ecovat	LT, Lucht	HT, lucht	Individueel
Kosten	- -	+	+/-	+/-	+	+	-
Duurzaamheid	+	+	+	+	+	-	+
Faseerbaar	+	+	- -	- -	+	+	+
Impact	-	-	-	- -	-	+	- -
Draagvlak	- -	- -	- -	- -	- -	+	-

Uit de scoringsmatrix blijkt dat scenario 'HT, lucht' het beste scoort. Belangrijkste is zelfs dat dit scenario door de bewoners gedragen wordt. Alleen op duurzaamheid scoort deze minder. Op termijn zal de score op dit vlak verbeteren wanneer bewoners hun huizen isoleren en daardoor minder piek verwarming nodig is.

7 Hoe verder

Uit dit onderzoek blijkt dat verwarming middels centraal opgewekte warmte op termijn (na ongeveer 10 jaar) goedkoper is dan via individuele systemen. Hierbij heeft een HT systeem de voorkeur, voornamelijk omdat hierbij de impact op de woningen minimaal is. De vraag is nu hoe de werkzaamheden rondom de rioolvervanging die binnen drie jaar aanstaande zijn, benut kunnen worden om een HT gevoed warmtenet te realiseren.

Als vervolg op dit project dient verder ingezoomd te worden op de HT variant. Uitdaging is om tot een transitie-model te komen waarbij de basislast gevoed wordt door een innovatieve hoge temperatuur warmtepomp, ondersteund door piekvermogen. Verder inzicht in het energieverbruik van de wijk is nodig om tot een goede balans tussen basis- en pieklast te komen. Idealiter zal de piekvoorziening zo duurzaam mogelijk zijn, bijvoorbeeld door het bufferen van hoge temperatuur warmte in buffers. Dit zal een beperkt deel van de piek kunnen afvlakken. Gezien de slechte isolatie van de woningen is het waarschijnlijk dat ondersteuning door centrale gasketels nog een tijd een belangrijke rol zal spelen om de piek in te vullen. Mogelijk dat een combinatie met WKK de business case kan versterken: warmte voor het warmtenet en elektra voor de warmtepomp. Doel is dat de fossiele voorziening een tijdelijke opstelling is. Bewoners dienen op termijn hun woningen te isoleren waardoor de piek zal afnemen en de fossiele piekvoorziening niet langer nodig is. Uiteindelijk is de wens om de aanvoertemperatuur van het warmtenet stapsgewijs te verlagen zodat de warmteopwekking en distributie efficiënter wordt. Hierbij zal het dan wel nodig zijn dat woningen een eigen warm tapwaterbuffer in de woning aanleggen.

De vervolgstudie dient nader te kijken naar de mogelijke warmtebronnen (buitenlucht en Nederrijn): kosten, ruimtelijke aspecten en praktische uitvoering dienen verder inzichtelijk gemaakt te worden. De effecten van combinatie met WKO als seizoensbuffer zal verder uitgediept moeten worden.

In overleg met de netbeheerders zal gekeken moeten worden hoe het gasnet afgeschakeld kan worden en wat voor verzwarende het elektranet vergt. De aansluiting van het warmtenet op de woningen is tevens aandachtspunt: hoe aan te sluiten en het proces dat hierbij komt kijken zal goed begeleid moeten worden. Onduidelijk is nu in hoeverre marktpartijen geïnteresseerd zijn om te investeren in dit warmtenet. Hiervoor is overleg met deze branche nodig.

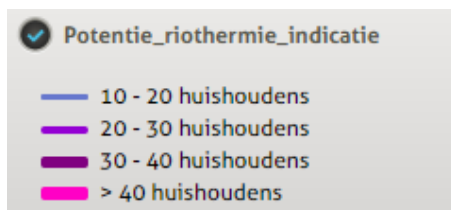
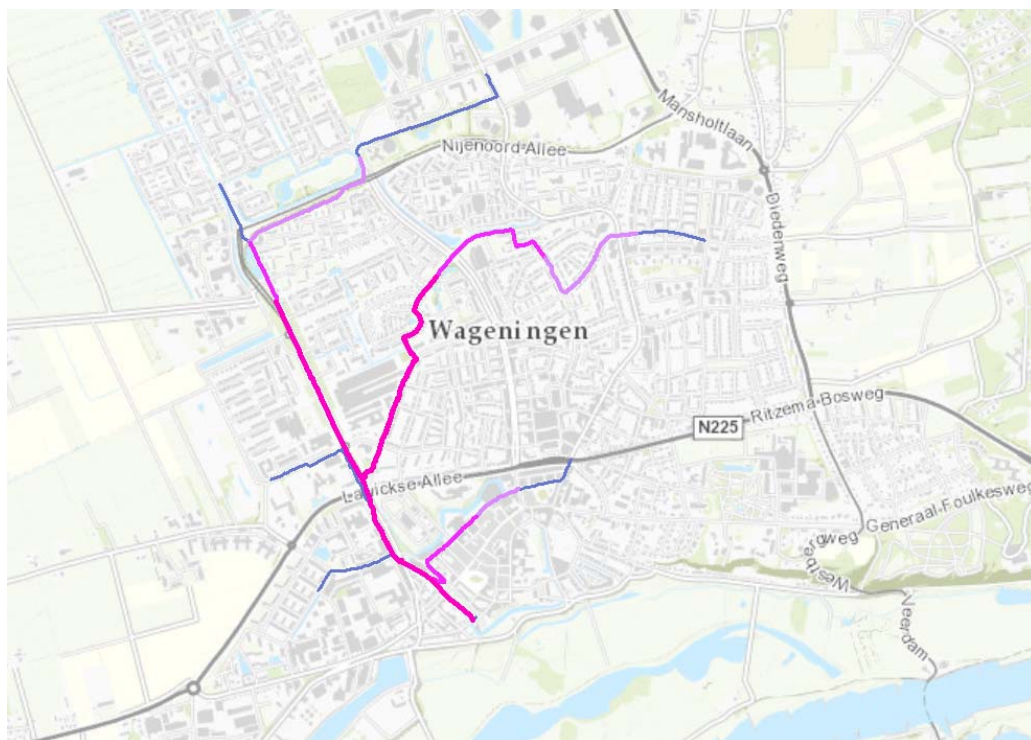
Uiteindelijk dient het transitie-model inzicht te geven in welke maatregelen wanneer (bijvoorbeeld gedurende een periode van 15 jaar) genomen moeten worden om tot een volledig duurzaam en efficiënt systeem te komen.

Bijlage

1

Kansenkaart riothermie Wageningen

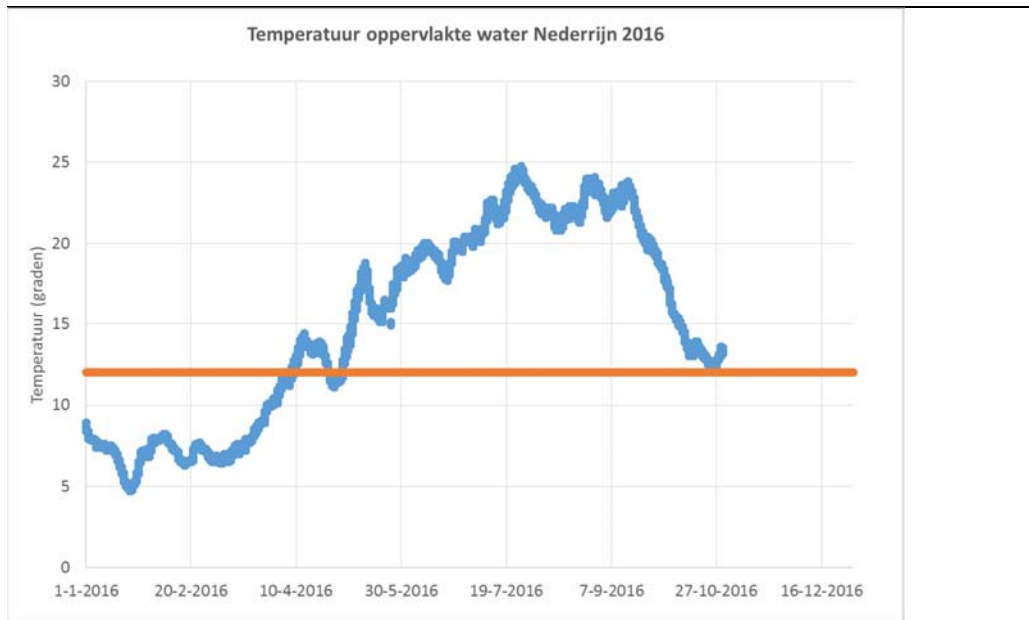
Onderstaande kaart geeft de potentie van de riolering van Wageningen weer om hier warmte uit te winnen. Te zien is dat de riolen in de Benedenbuurt geen potentie bieden. Wel biedt het riool mogelijkheden voor verduurzaming van de panden rondom de Costerweg, van Uvenweg, Kortenoord Allee en Plantsoen.



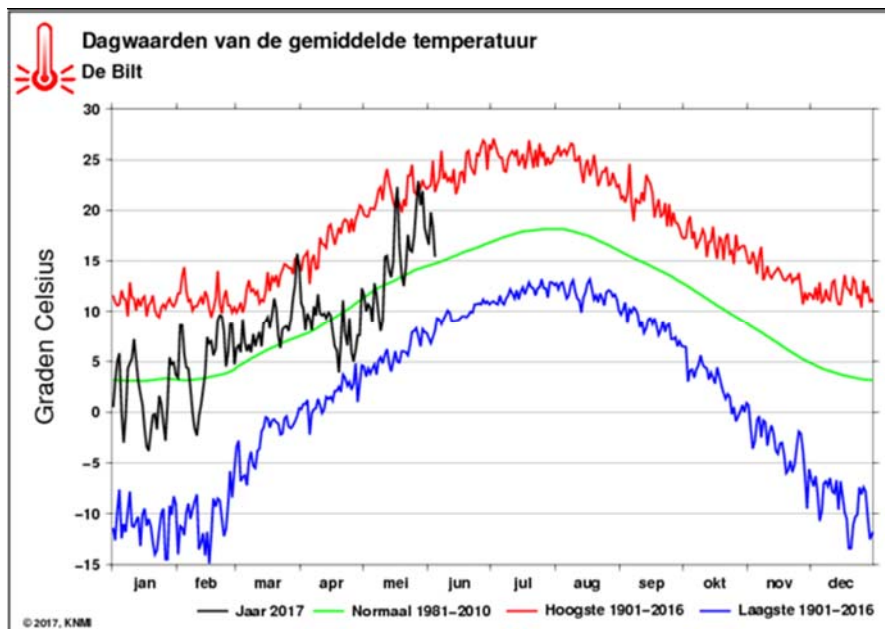
Bijlage

2

Temperatuur Nederrijn en buitenlucht



Figuur 7.1 Temperatuur van de Nederrijn in 2016 (periode oktober – december ontbreekt). Gedurende 6 maanden ligt de temperatuur boven 12 °C.



Figuur 7.2 Temperatuurprofiel van de buitenlucht in Nederland

Bijlage

3

Bodemenergie onderzoek

Bodemenergie onderzoek

Onderstaande tabel geeft de belangrijkste parameters voor het realiseren van een WKO systeem in het derde watervoerend pakket.

Tabel 7.1 Waarden voor dimensionering WKO systeem

Parameters		
Doorlatendheid	690	m ² /dag
Dikte pakket	22	m
Doorlatendheid	31,2	m/dag
Verhang	0,33*E ⁻³	-
Porositeit	0,35	-
Stroomsnelheid	11	m/jaar

De stroomsnelheid is vrij beperkt. Zeker wanneer op den duur meerdere doubletsystemen geplaatst worden zullen de thermische verliezen erg beperkt blijven.

De dikte van het pakket is volgens REGIS circa 22 m. De effectief haalbare filterlengte van de bronnen bedraagt ongeveer 18 m. De k-waarde stellen we veiligheidshalve op 25 m/dag i.p.v. 31 m/dag.

Om een vermogensvraag van 2.000 kW te kunnen leveren is bij een delta T van 6 °C een totaal debiet nodig van circa 290 m³/uur. Op basis van de maximale stroomsnelheid op de boorgatwand, een boorgatdiameter van max. 1,0 m in diameter, resulteert dit in tenminste 5 doubletten. De vraag is of vijf doubletten afdoende zijn. Dat zal uit nadere detaillering moeten blijken. Mogelijk dat zes doubletten alsnog nodig zijn, dit zal bovendien een veel robuuster systeem zijn. Eventuele storingen zijn daarmee beter op te vangen, een kleinere delta T over de bronnen is dan niet direct een probleem om het vermogen te leveren en een kortere filter is ook niet direct problematisch.

Het thermisch invloedgebied (thermische straal rondom elke bron) bedraagt ongeveer 50 à 60 meter (afhankelijk van aantal doubletten). Hieruit volgt dat de koude en warme bronnen op een onderlinge afstand van circa 150 m dienen te staan. Elke bron moet circa 70 m³/uur kunnen leveren (bij 5 doubletten). Om in de energievraag te kunnen voorzien zijn circa 1.500 equivalente vollasturen berekend. Dit betekent dat het systeem per seizoen gedurende 62 dagen (grootweg 2 maanden) op vollast zou moeten draaien. Dit is geen gek getal, maar wel een indicatie dat er vrij veel energie uit de bodem moet gaan komen. Onderstaande tabel geeft de dimensies van het WKO systeem.

Tabel 7.2 Dimensies WKO systeem

Doubletten	Bronnen	Diepte	delta T	Diameter bron	Diameter filter	Lengte filter
4	8	-75 tot -93 m NAP	5 °C	1,10 m	0,75 m	18 m
5	10	-75 tot -93 m NAP	5 °C	0,90 m	0,60 m	18 m
6	12	-75 tot -93 m NAP	5 °C	0,80 m	0,50 m	18 m

De investeringskosten voor 5 doubletten zijn ongeveer:

• Bronnen (10 stuks)	EUR	880.000,00
• Technische ruimte (5 stuks)	EUR	230.000,00
• Terreinleidingen (5 x 150m)	EUR	75.000,00
• Pompen, TSA, freq.omvormer, etc.	EUR	190.000,00
Totaal	EUR	1.375.000,00

(excl. effectenstudie, vergunning, ontwerp, bestek, etc.)

• Onderhoudskosten per jaar	EUR	33.000,00
(1,5% van aanlegkosten)		

De realisatie van 6 doubletten kost ongeveer EUR 1.650.000.

Bijlage

4

Uitgangspunten

De technische uitgangspunten in deze studie zijn hieronder weergegeven:

- Aantal woningen: 448
- Gemiddeld gasverbruik per woning: 1.500 m³/jaar
- Gemiddeld verbruik per woning voor warm tapwater: 6 GJ/jaar
- Gemiddeld verbruik per woning voor verwarming ruimte, LT variant: 5 kW
- Gemiddeld verbruik per woning voor verwarming ruimte, HT variant: 6,25 kW
- Efficiëntie gasketel, gemiddeld: 100%
- Gemiddelde energiebesparing door isolerende maatregelen LT variant: 25%
- Gemiddelde energiebesparing door isolerende maatregelen HT variant: 15%
- Verlies warmte bij duurzame opwekking en transport: 15%
- Kosten elektra, kleinverbruik (huishouden): 0,21 Eur/kWh
- Kosten elektra, grootverbruik (centraal systeem): 0,08 Eur/kWh
- Kosten aardgas, kleinverbruik (huishouden): 0,65 Eur/m³
- Stijging elektra kosten: 0% per jaar
- Stijging aardgas kosten: 2% per jaar
- Rentevoet: 2% per jaar
- Onderhoudskosten bewegende delen (warmtepomp): 2 % per jaar
- Herinvestering van bewegende delen (warmtepomp e.d.): iedere 15 jaar
- Kosten bijstook boiler: 30 Eur/woning/jaar
- Opwarmtijd warm tapwaterbuffer/boiler vanuit warmtenet: 8 uur/dag

Type warmtepompen:

- Individueel water – water 12 – 45 (BronT): Nibe, 7 kW per stuk
- Collectief water – water 12 – 50 (LT): Daikan, 672 kW per stuk
- Collectief lucht – water 3 – 50 (LT): Daikan, 318 kW per stuk
- Collectief water – water 12 – 70 (HT): Hybrid energy, 1 MW per stuk
- Individueel lucht – water 3 – 45 (Individueel): Daikan, 7 kW per stuk

Kosten warmtenet voor aansluiten alle woningen, Bton-T: EUR 407.250

Kosten warmtenet voor aansluiten alle woningen, LT & HT: EUR 1.234.000

Kosten boiler: EUR 450 per woning

Kosten Gasketel: EUR 1.200 per woning

Bijlage

5

Verslag bewonersbijeenkomst 8 november 2017

Verloop van de avond

Woensdagavond 8 november zat de grote ruimte in Ons Huis afgeladen vol met bewoners van de Benedenbuurt. Deze avond was georganiseerd door initiatiefnemers uit de wijk die afgelopen 1,5 jaar gewerkt hebben aan bestuderen van de alternatieven voor een gasvoorziening in de wijk.

Doel van de avond was om alle bewoners bij te praten over het initiatief en met elkaar na te denken over hoe de warmtevoorziening van de woningen in de Benedenbuurt er in de nabije toekomst uit kan zien. Sommige bewoners hadden al eerder een bijeenkomst bezocht, maar voor een deel van de bewoners was dit de eerste kennismaking met het initiatief.

In de zaal zaten verschillende doelgroepen:

- Huurders van de huurwoningen van De Woningstichting
- Eigenaren van appartementen, die onderdeel zijn van een VvE
- Eigenaren van eengezinswoningen

Hoewel elk van deze doelgroepen zijn of haar eigen achtergrond heeft, realiseren de aanwezige bewoners dat het aangaan van deze uitdaging een collectieve inspanning vereist. Samen doen zal goedkoper, makkelijker en beter voor het milieu zijn.

Wanka Lelieveld, licht in een verhaal zijn persoonlijke motivatie toe om dit project aan te jagen. Afgelopen jaar is technisch veel onderzocht. Dit wordt op deze avond niet gedeeld. Bewoners kunnen 28 november aansluiten bij de werkgroep om hier meer over te horen. Wel is duidelijk dat er een scheiding gemaakt wordt tussen de trajecten voor het aanpassen van de woning en de aanleg van een collectief warmtenet.

Bewoners gaan daarna met elkaar in gesprek wat zij belangrijk vinden in verduurzaming van hun buurt en welke vragen zij hebben aan de werkgroep.

In een eerste terugkoppeling blijkt dat er veel vragen zijn, maar dat bewoners van de Benedenbuurt het een goed initiatief vinden. De werkgroepen gaan aan de slag met de vragen en zorgen voor een terugkoppeling. De avond wordt besloten met een toelichting over de vervanging van de riolering in de buurt.

Ideeën voor vervolg

De opkomst en het bereik van de uitnodiging voor deze avond, is met bijna 100 mensen in de zaal heel goed. Ook het feit dat er na twee avonden (EVIE-sessie en SEP-sessie) weer nieuwe mensen zijn bereikt, wil zeggen dat de opzet van de avond (bewoners bijpraten) is gelukt. De vraag is wel hoe je deze mensen kunt blijven betrekken bij de ontwikkelingen, ook als er wellicht niet direct nieuws te melden is. En hoe het traject samen gaat lopen met de participatie rondom rioolvervanging.

Voor de communicatie is het belangrijk om het volgende in het achterhoofd te houden:

- Een groot deel van de aanwezigen zal niet actief informatie gaan zoeken over dit project.
Dat wil zeggen dat de project pagina op Wageningen woont duurzaam een goede achtervang is, maar niet het hoofd- communicatiekanaal is
- De nieuwsbrief is daarin veel belangrijker om contact te blijven houden. Gebruiken voor: wie is wie (bijvoorbeeld deelnemers werkgroep), informeren voortgang (welke keuzes zijn gemaakt, maar ook welke optie afvalt en waarom), toelichten besluiten. Geen nieuws is niet erg, maar blijf informeren. Ook goede voorbeelden uit andere wijken/gemeenten kun je in de nieuwsbrief toelichten
- Om de aandacht van bewoners de komende twee jaar vast te houden, zullen er ook luchtige/informele momenten georganiseerd moeten gaan worden, met soms een knipoog naar de transitie. Denk aan: een gezamenlijke maaltijd (pannenkoeken bakken op inductie), kerstborrel, excursies naar voorbeelden, infrarood safaritour door de wijk et cetera
- Organiseer verder aan de achterkant je ogen en oren in de wijk om signalen van bewoners tijdig op te pakken. Denk ook aan de specifieke vragen die er zijn omtrent de drie doelgroepen (huurder, eigenaar, VvE) en of je hier wellicht nog een apart informatietraject voor wilt opzetten. Bijvoorbeeld voor de VvE's kan ik me voorstellen dat je op alle VvE-vergaderingen een korte toelichting geeft van het project