

## DEI Rapportage

# Demonstratie van een innovatieve hoog temperatuur warmtepomp



**Linthorst Techniek**

d.d. december 2018

## **INHOUDSOPGAVE**

### **1. Gegevens project**

- Projectnummer
- Projecttitel
- Penvoerder en medeaanvragers
- Projectperiode

### **2. Inhoudelijk eindrapport**

- Samenvatting
- Inleiding
- Doelstelling
- Werkwijze
- Resultaten A) van het project zelf en B) mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten
- Discussie
- Conclusie en aanbevelingen

### **3. Uitvoering van het project**

- De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost
- Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan
- Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten.
- Toelichting wijze van kennisverspreiding
- Toelichting PR project en verdere PR-mogelijkheden

# 1 Hoofdstuk Gegevens project

## 1.1 Projectnummer

Referentienummer: DEI2150025  
Kenmerk RVO: DEI-15-021606AEYJU

## 1.2 Projecttitel

Demonstratie van een innovatieve Hoog Temperatuur warmtepomp

## 1.3 Penvoerder en medeaanvragers

Linthorst Techniek – Gijs Linthorst /  
Evers+Manders Subsidieadviseurs BV t.a.v. dhr. J.T.M. Flipsen

## 1.4 Projectperiode

1 november 2015 – 31 oktober 2018

## 1.5 Overige gegevens

### Contactpersoon (personen) voor meer informatie

Voor meer informatie over het rapport is contact op te nemen met Gijs Linthorst: [g.linthorst@linthorsttechniek.nl](mailto:g.linthorst@linthorsttechniek.nl). De rapportage is gratis verkrijgbaar.

### Vermelding van de verkregen subsidie op de volgende manier

Voor het project is een DEI Subsidie verkregen van EUR 1.258.893. Voor meer informatie over de opbouw van de subsidie, zie hoofdstuk 3.3.

## 2 Hoofdstuk Inhoudelijk eindrapport

### 2.1 Samenvatting

Het einddoel van deze demonstratie is het demonstreren van innovatieve Hoog Temperatuur warmtepompen inclusief een intelligente regeling. Hoog temperatuur en warmtepompen gaat in de markt vaak samen met de gedachte dat de energetische rendementen snel lager worden. 70°C is veelal nodig om bestaande afgifte systemen te kunnen blijven handhaven en om de vaak aanwezige collectieve tapwatersystemen te voeden welke op 65°C gehouden moeten worden. Ook voor nieuwbouw is veelal 65°C nodig voor collectieve tapwater systemen. Linthorst Techniek heeft hier gedemonstreerd dat het systeem rendement van een warmtepomp aanzienlijk verbeterd wordt door alle aanwezige energiestromen in een object op een slimme manier te produceren. Dit gebruik makend van energievraag voorspelling, buffermanagement en een intelligente aansturing en ontwerp.

In het **werkpakket 1** is de Hoog Temperatuur warmtepomp vanuit een prototype eerst getest. De theoretische rendementen voor warmwater bereiding van 68°C werden gehaald (COP van 4) in Lent met een WKO installatie als energiebron. Er is een goed beeld ontstaan wat de energievragen zijn en hoe het hydraulische principe geoptimaliseerd kon worden op basis van een optimaal systeem rendement voor de opwekking van alle energiestromen in het hotel.

Technisch hebben we in deze fase ook meerdere verbeteringen doorgevoerd in de hardware. Zo is er voor een andere trillingsdemping gekozen, zijn er problemen met warmteopbouw in de omkapping opgelost, zijn er doorontwikkelingen geweest qua systeembouw en techniek op meerdere fronten om de betrouwbaarheid te verbeteren. In Lent was de koppeling met een bodem energiesysteem en in Enschede met meerdere restwarmtestromen zoals de afvoer van warme keukenlucht, koel en vries energie en interne koeling.

De software voor de aansturing moest nog ontwikkeld worden en zal op basis van de voorspelde energiepatronen, rendementen van de warmtepomp en prijsinformatie een optimale productieplanning aansturen naar de warmtepomp. Hiervoor is een samenwerking met een leverancier niet succesvol gebleken en zijn we zelf software gaan schrijven om de benodigde data uit de installaties zo effectief en overzichtelijk mogelijk uit deze systemen te halen en te presenteren. Dit is uiteindelijk zelf ontwikkeld op het Skysparks platform. Voor de echte smartgrid koppeling hebben we geconcludeerd dat om dit effectief te kunnen doen er een partner uit de energie sector gezocht moest worden. Het is namelijk de kunst om day forward prijzen te kunnen inschatten voordat de beurs (EPEX) deze definitief vaststelt op basis van vraag en aanbod. Deze samenwerking is opgezet met de firma Scholt uit Nederland en de firma Enervalis uit België.

In samenwerking met deze bedrijven zijn de mogelijkheden en de exacte businesscases van deze software scherper geworden. Voldoende flexibiliteit in warmtebuffering en omvang van de installatie is noodzakelijk om deze smartgrid sturing effectief te laten zijn. Vandaar dat wij deze software hebben toegepast in Leiden (WP2) en Haarlem (WP3) waar we veel buffering hebben met een grote installatie.

In het **werkpakket 2** is de techniek als eerste op grote schaal toegepast. Dit om de bestaande afgifte van een gasgestookt Hoog Temperatuur net naar 450 wooneenheden zoveel mogelijk te voeden door een HT warmtepomp aangevuld met een warmtekracht installatie. De techniek was in 2015 geschikt om 70°C te maken en voor Leiden was er bij -10°C buiten een maximale temperatuur van

85°C noodzakelijk. De techniek heeft zich in de jaren hierna ontwikkeld en de noodzaak om sneller van het gas af te gaan door de situatie in Groningen werd urgenter. Zodoende is er door middel van een wijzigingsverzoek een omschakeling gemaakt om te kiezen voor een 1.500kW Hoog Temperatuur warmtepomp die 100% kan voorzien in de warmtebehoefte.

Deze warmtepomp maakt maximaal 85°C en heeft bij een retourtemperatuur van 55°C nog een rendement van 3.2. Voor dit project is ook de intelligente software voor de aansturing van de warmtepomp voor het eerst toegepast. Uit de resultaten is gebleken dat het belang van voldoende flexibiliteit hoog is om effectief te kunnen sturen op basis van beursprijs informatie van de energiemarkt. In de warmtepatroon voorspelling zitten onzekerheden en ook in de voorspelling van de toekomstige energieprijzen. De warmtevraag moet echter altijd geleverd worden op het moment dat deze gevraagd wordt. Maar als er posities zijn ingenomen dat er elektriciteit afgenomen moet worden tegen een bepaalde prijs moet de buffer wel voldoende ruimte hebben. Hoe hier de juiste strategie in te volgen heeft een leercurve gehad waarin we nog steeds aan het optimaliseren zijn. De aansturing heeft tot op heden geleid tot een bezuiniging ten opzichte van de reguliere EPEX beursprijzen dat er 10 a 14% goedkoper is ingekocht.

De stap die er gezet is om deze temperaturen met deze rendementen te kunnen maken is groot geweest. En heeft onze techniek nog verder op de kaart gezet. De spin off van deze referentie is groot en heeft naast vele presentaties en bezichtigingen op locatie tientallen nieuwe leads en al concrete werken in uitvoering opgeleverd.

Het **werkpakket 3** is een 800kW HT warmtepomp die geplaatst is in de nieuwbouw van hotel Van der Valk Haarlem Zuid en welke ook de bestaande bouw van energie zal voorzien. Wat deze referentie uniek maakt is dat er al een bestaande 230KW WKK unit is. Met deze twee warmte opwekkers is er veel meer flexibiliteit gegenereerd voor de elektriciteitsafname. Zo kan er gekozen worden om 100% elektrisch alle energie te leveren met de HT warmtepomp en kan er gekozen worden om alles met de WKK te maken en zo ook nog eens 230kW eigen stroom op te wekken. Zodoende kan het elektriciteit afnamepatroon met 400kW elektrisch ten alle tijde worden beïnvloed. Dit zal er voor zorgen dat de Smart grid koppeling meer waarde zal krijgen. Wat hier ook uniek is, is dat de warmtepomp volledig flexibel op 3 temperatuurniveaus gelijktijdig energie kan leveren. Op 75°C, 55°C en 40°C. Zo blijft het rendement altijd maximaal op basis van de gevraagde temperatuurniveaus.

Het **werkpakket 4** In hotel Utrecht is voor het eerst het volledige principe met hoog en laag temperatuur warmtepomp gebouwd volgens het principe uit bijlage 7 van de DEI aanvraag. Door dit principe te hanteren kunnen er tapwater productie rendementen van 5,1 worden gehaald bij gelijktijdige warmteproductie op 45°C. Als we de extra opgenomen energie voor tapwater productie op 70°C bij de productie van warmte op een niveau van 45°C toewijzen alleen aan de tapwaterproductie zijn er rendementen van 8,0 voor tapwaterproductie. Kortom is het zeer efficiënt om tapwater te produceren met dit principe bij gelijktijdige warmteproductie op midden temperatuur. In de TT45 zijn wel veel modificaties geweest om te kunnen anticiperen op persgastemperaturen boven de 100 °C bij gelijktijdige warm tapwater productie en bij functioneren op alleen warmtevraag. Om deze reden moeten de duurtesten / testprogramma's voor de TT45 nog worden afgerond. Voor het ontkoppelen van de energiestromen is het noodzakelijk veel warm tapwater te kunnen bufferen. Zo rond de 10.000 liter wat ongeveer een factor 4 meer is dan wat er conventioneel geplaatst wordt.

Het **werkpakket 5** heeft als doel om een garantieconcept te ontwikkelen om de verkoopbaarheid te vergroten. De grootste doelgroep en ook het unique sellingpoint van deze techniek is dat er met hoge temperaturen en rendementen bestaande conventioneel hoog gestookte installaties van het gas af gehaald kunnen worden. Vandaar dat het ontwikkelde concept genaamd 'Wij Maken Energie'

([www.wijmakenenergie.nl](http://www.wijmakenenergie.nl)) zich gericht heeft op bestaande gebouwen en de variabelen die daar een rol spelen op de te behalen businesscase.

De variabelen welke het rendement en het totaalpakket bepalen aan verduurzamingsmaatregelen zijn enorm en zeer situatie afhankelijk. Subsidies zijn zeer situatie afhankelijk. Als voorbeeld zijn er wijken gemodelleerd die met een hoog temperatuurnet met onze techniek van het gas gehaald kunnen worden met de volgende samenstelling. Particuliere eigenaren, corporatie woningen, particuliere huur met grooteigenaren, zorgcomplexen en commercieel vastgoed in 1 straat of wijk. Subsidies, financiering en besluitvorming zijn zeer talrijk en divers. Ook heeft iedere woning, appartement, of bedrijfsgebouw zijn eigen bouwkundige status en natuurlijke investeringsmomenten in de tijd. Er was dus software noodzakelijk waarin alle variabelen gemodelleerd konden worden. Dit is gemaakt waardoor wij zeg maar als spin in het web een adviserende rol hebben om het optimale pakket aan verduurzamingsmaatregelen te kunnen bepalen waarin onze Hoog Temperatuur warmtepomp tot het beste rendement komt. Als geschikt project om hier het concept en de software voor te kunnen ontwikkelen is een VVE flat met 105 appartementen genomen waar wij als 'Wij Maken Energie' een intentie overeenkomst mee hebben gesloten.

**Een van de belangrijkste conclusies uit dit traject en ook uit ons marketingplan is dat een concurrerende propositie van deze techniek zeer afhankelijk is van overheidsbeleid / subsidiebeleid.** Warmtepompen worden in tegenstelling tot bijna alle andere duurzame technieken niet gesubsidieerd. Er is wel ISDE voor kleinere warmtepompen die voor individuele gebruikers kan worden aangewend. Maar niet voor grote collectieve. In dit speelveld is er sprake van zeer nadelige oversubsidiëring van concurrerende technieken zoals Geothermie, houtstookinstallaties, warmtekracht installaties en restwarmte uit de industrie met de SDE plus regeling. Maar ook met regelingen voor blokverwarming welke het mogelijk maakt dat gasverbruik met conventionele cv ketels maar 1 x door de staffeling van de energiebelasting tot 170.000m3 hoeft te lopen bij een duurzame opwek boven de 50%. Dit geldt niet voor warmtepomp technieken. En deze regelingen zijn in de laatste jaren alleen maar verbeterd waardoor onze positie is verslechterd. Op dit moment moeten we ons dan ook focussen op een kleine niche markt. Dit is veelal in situaties waar er sprake is van veel koelvraag en nieuwbouw en/of grote renovaties. Als voorbeeld hebben wij als Linthorst Techniek het gemeentehuis te Zoetermeer gerenoveerd en voorzien van een 400kW Hoog Temperatuur warmtepomp. Hierbij hebben we naast het gemeentehuis ook alle aangrenzende kantoren, museum, winkels en woningbouw voorzien van hoog temperatuur warmte. De investeringen hiervoor heeft Linthorst Energie Services (opgezette BV voor energie diensten) gedaan en is er met alle individuele gebruikers een energieleveringscontract afgesloten. Deze case kon uit omdat er ook een zeer grote koelvraag voor het gemeentehuis is. Deze minderinvestering op de te leveren koelvermogen maakte het dat deze case financieel kon renderen. Zo zijn er in deze lijn ook opdrachten gescoord voor 3 zorgcentra waar we nieuwbouw gecombineerd hebben met verduurzaming van aangrenzende bestaande bebouwing. Specifiek voor VVE's zorgt juist de SVN lening ervoor dat VVE nu veelal kiezen om zelf te investeren. Met rentes van 2,9% over 15 jaar kunnen we vaak niet concurreren.

In het **werkpakket 6** disseminatie zijn tal van activiteiten ontplooid om bekendheid te geven aan de techniek en concepten die we voeren vanuit 'Wij Maken Energie'.

Van alle presentaties, openingen en rondleidingen was het hoogtepunt wel dat we samen met de burgemeester van Leiden symbolische de gaskraan hebben dicht gedraaid bij de opening van de energiecentrale voor de Wijk met 450 wooneenheden in Leiden die met onze Hoog Temperatuur warmtepomp van het gas is gehaald. En dit als eerste wijk in Nederland met een dergelijke techniek.

## 2.2 Inleiding

De energietransitie in de gebouwde omgeving verloopt traag en resultaten voor de bestaande bouwvoorraad blijven uit ondanks landelijke en regionale initiatieven om de transitie op gang te helpen. Daarbij wordt de bestaande markt gedomineerd door een gefragmenteerd aanbod aan technische producten.

- Bestaande warmteafgifte installaties voor op hogere temperaturen zoals HR CV ketels;
- En duurzamere HT varianten welke nog steeds gepaard gaan met grote emissies (houtstook, warmtekracht, restwarmte uit industrie en afvalverbranding);
- Relatief laag rendement (COP 2,5-3) van warmtepompen en lage capaciteit op het elektriciteitsnet;
- De benadering vanuit individuele producten en voorzieningen i.p.v. een integrale systeem benadering die wordt versterkt door de leveranciers van deze producten.

De grote uitdaging is dan ook het ontwikkelen van een technische oplossing, welke 100% duurzaam is en met een acceptabele business case voor de eindgebruiker. Linthorst Techniek biedt hiervoor een integrale oplossing, gericht op de gebouwde omgeving. Deze bestaat uit verschillende sectoren waaronder de zorg, ziekenhuizen, hotels, kantoren, onderwijs, collectieve woonvoorzieningen, individuele woningbouw, sportcomplexen, zwembaden en bedrijfsgebouwen.

Sectoren met al bestaande HT warmteafgifte en met relatief veel warm tapwatervraag hebben de overhand. Met de huidige stand der techniek is het lastig om tot een efficiënte verduurzaming te komen, maar ook de noodzaak om 65°C warm tapwater te moeten maken in collectieve systemen draagt hieraan bij.

Om deze problemen op te lossen heeft Linthorst Techniek een innovatieve, elektrische HTWP ontwikkeld met bijbehorende regel- en stuursystemen die kunnen worden ingezet voor gelijktijdige verwarming (op diverse temperatuurniveaus), warm tapwaterproductie en koeling met flexibele productiesturing voor het minimaliseren van overbelasting van het elektriciteitsnet.

Linthorst Techniek heeft een volledig elektrische HTWP ontwikkeld (de TT68), die in combinatie met slimme stuur- en regeltechniek en bufferstrategieën ten grondslag ligt aan een energiebesparing binnen de gebouwde omgeving van 40%-60% ten opzichte van state of the art warmteconcepten. Men behaalt deze energiebesparing doordat de innovatieve HTWP een veel hogere COP behaalt dan beschikbare alternatieven (COP 4,5 vs. 3,0) en gecombineerd wordt met een geïntegreerd verwarmingssysteem dat zowel warm tapwater als warmte (CV) produceert (COP 8,2). De hoge COP maakt niet alleen de hoge energiebesparing mogelijk, maar zorgt er ook voor dat het elektriciteitsnet niet wordt overbelast door de inzet van de innovatieve technologie.

De ontwikkelde en te demonstreren technologie sluit in dit opzicht naadloos aan bij de doelstellingen van de energiesector waarbij de nadruk ligt op de transitie naar een duurzame energievoorziening waarbij duurzame energieproductie, een efficiënter gebruik van bestaande energiebronnen en het verder terugdringen van het energieverbruik centraal staan.

### ***Vier uitdagingen volgens de Overlegtafel Energievoorziening september 2015***

1. *zorgen dat ook in langere periode van windstil, koud en mistig weer voldoende energie beschikbaar is om aan de (piek)vraag te voldoen;*
2. *zorgen dat er voldoende flexibiliteit in het systeem aanwezig is om plotselinge fluctuaties in aanbod op te vangen;*
3. *zorgen dat het elektriciteitssysteem de verdere groei van decentrale opwek, elektrisch vervoer en warmtepompen efficiënt en effectief kan accommoderen;*
4. *zorgen dat de verduurzaming van de warmtevraag in de gebouwde omgeving gestimuleerd wordt.*



De transitie naar een energie neutrale gebouwde omgeving blijkt met de huidige technologie, energie infrastructuur, wetgeving, energie belastingstructuren en belangen van alle stakeholders een zeer complex speelveld te zijn waarin de gewenste radicale veranderingen niet snel tot stand komen. Linthorst Techniek biedt hiervoor een oplossing en sluit daarbij nauw aan bij de programmalijnen 3, 4 en 5 van iDEEGO. Met deze demonstratie wil Linthorst Techniek komen tot een snelle marktintroductie in binnen- en buitenland. Hiermee wil Linthorst Techniek de energietransitie voor de gebouwde omgeving versnellen door het behalen van 50-60 % energiebesparing. Maar ook een technische mogelijkheid introduceren welke dit snel en op basis van bestaande infrastructuur kan bewerkstelligen.

## 2.3 Doelstelling

De doelstelling betreft het realiseren van een succesvolle demonstratie van het technische concept en moet onder verschillende omstandigheden aantonen dat de innovatieve HTWP en regeltechnologie zal leiden tot:

1. Een energiebesparing van 40-60% voor de demonstratielocaties;
2. Een emissie reductie van 239 kton CO<sub>2</sub> (4,44PJ) gemiddeld per jaar door het uitsluiten van fossiele brandstoffen voor verwarming in de gebouwde omgeving;
3. Een omzet stijging van 10% per jaar voor Linthorst Techniek;
4. Ontwerpeisen, knelpunten en ontwerp toolbox voor drie verschillende warmte huishoudingen.

Het technische concept van Linthorst Techniek betreft een innovatief geïntegreerd warmteconcept dat bestaat uit een zelf ontwikkelde HTWP en bijbehorende intelligente stuur- en regeltechniek die zorgt voor optimale energie-efficiëntie in gebouwen door geïntegreerd in te spelen op de vraag voor hoge temperatuur tapwater (65°C), verwarming (40°C 70°C) en als nodig koude (6°C).

- De HTWP direct (zonder buffering) tapwater (65°C) kan produceren met een COP van 4,5;
- De HTWP een gecombineerd warmte/hoge temperatuur tapwatersysteem kan aandrijven met een COP die oploopt tot 8 en dus de energiebehoefte halveert;
- Slimme sturing en buffering pieken in het verbruik kunnen opvangen en opwekking afgestemd kan worden op de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit;
- Het gedemonstreerde warmtesysteem daardoor het elektriciteitsnet niet overbelast.

## 2.4 Werkwijze

Demonstratie van deze technologie onder verschillende omstandigheden is noodzakelijk voor brede acceptatie door de markt. Daarom is gekozen voor drie demonstratielocaties:

1. Leiden: Renovatie collectieve warmtevoorziening van 2 flats (338 wooneenheden) en 2 zorginstellingen.

Dit een omvangrijke markt met redelijk vergelijkbare afnamepatronen, veel warm tapwater, verwarming maar geen koeling, beperking in het grid. Hier demonstreren we dat in de moeilijkste markt het mogelijk is een acceptabel rendement de complete energievoorziening duurzaam / all electric in te vullen.

2. Haarlem: Renovatie van een groot hotel. Hier willen we aantonen dat door combinatie van een kleine WKK en Smart grid oplossing met zeer minimale tot geen investeringen in de bestaande Nederlandse elektrische openbare infrastructuur de energietransitie te bewerkstelligen is.



3. Utrecht: Nieuwbouw van een hotel van 20.000m<sup>2</sup> te Utrecht. In een nieuwbouw situatie is het mogelijk het complete afgifte systeem en alle opwekkers integraal en optimaal te ontwerpen om het maximaal theoretische rendement uit deze techniek te halen.

Het demonstratieproject wordt hieronder schematisch weergegeven:

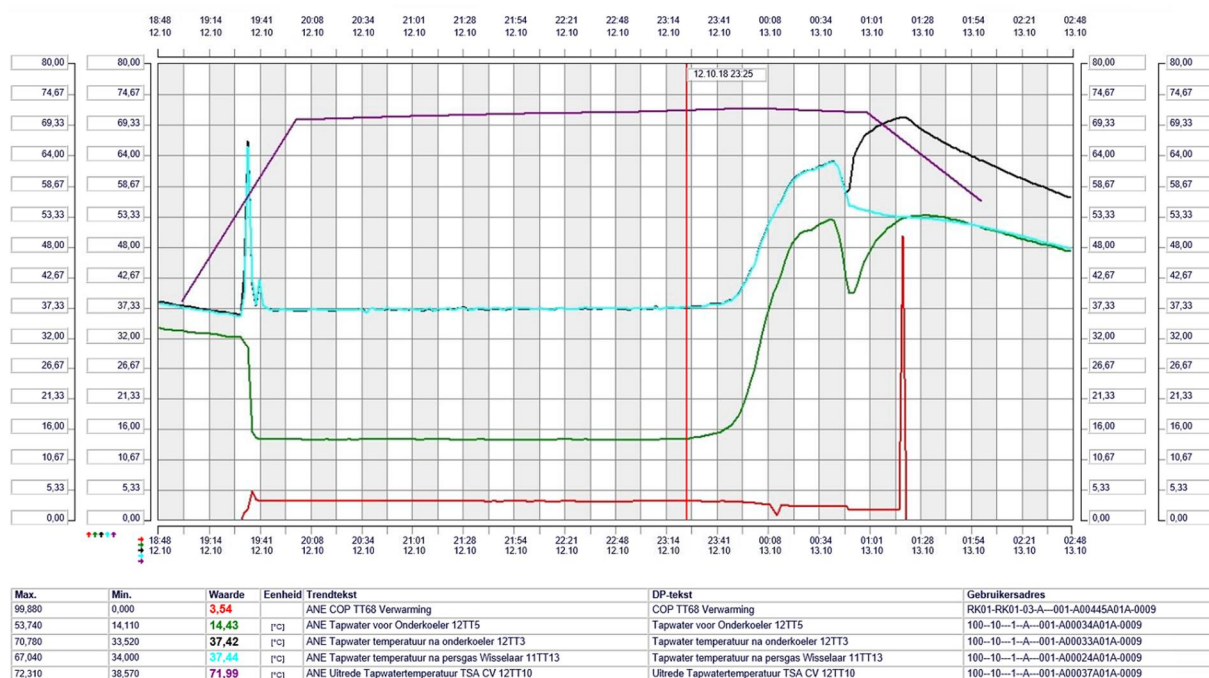
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>WP 1 Onderzoek ontwerpparameters</b><br><br>Monitoring pilot installatie met TT68 warmtepompconcept voor het vaststellen van ontwerpparameters: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onderzoek naar regeling van de TT68 en koppeling Smart grid functionaliteit;</li> <li>• Vaststellen van patronen in warm tapwatervraag, verwarmingsvraag en koude vraag;</li> <li>• Capaciteit van warmtebronnen, WKO omgevingswarmte en warmte koude opslag</li> </ul> De resultaten worden in een ontwerp-toolbox verwerkt voor validatie binnen de demonstraties.                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>WP 2 Demo Leiden bestaand</b><br><br>1. Warmte-afnamepatroon tapwater irt cv warmte ligt relatief ver uit elkaar;<br>2. Warm tapwaterdistributienet boven 60°C met relatief groot circulatie warmte verliesaandeel;<br>3. Hoge temperatuurvraag voor ruimtewarmte, controle over retourtemperatuur cv water;<br>4. Geen collectieve koudevraag;<br>5. Relatief grote warmte-opslagbuffer voor dag-opslag;<br>6. Relatief grote WKO nodig voor seizoenverschillen;<br>7. dry-cooler levert in de zomer warmte voor WKO;<br>8. Elektriciteit van WKK irt smart grid oplossing, opheffen van relatief klein warm tapwateraandeel en creeren hogere aanvoertemperatuur in winter ;<br>9. Ketels voor back-up warmte. | <b>WP 3 Demo Haarlem bestaand</b><br><br>1. Stabiël patroon voor warmte- en koudevraag;<br>2. Warm tapwatervraag met hoge piek in de ochtend;<br>3. Relatief lage verwarmingsvraag op lage temperatuur dus relatief grotere warm tapwatervraag op hoog temperatuurniveau;<br>4. Grote vraag gekoeld water;<br>5. Een WKO bron voor koudelevering en energievoorziening TT68;<br>6. Bestaande WKK voor testen Smart grid oplossing en 100% flexibele energievoorziening. | <b>WP 4 Demo Utrecht nieuwbouw</b><br><br>1. Volledig nieuwbouw en nieuw te ontwerpen afgifte technieken<br>2. Relatief grote warm tapwatervraag<br>3. Ruimtewarmte kent betrekkelijk lage vraag op een lage tempratuur;<br>4. Grote vraag gekoeld water<br>5. WKO installatie;<br>6. Koppeling met andere energiebronnen naast de WKO zoals KAT systeem en koppeling centrale koel en vries systeem. |
| <b>WP 4 Ontwikkeling energieprestatie-garantieconcept</b><br><br>Garantie en marketingtool om totaalconcept in de markt te kunnen zetten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>WP 5 Disseminatie</b><br><br>Verspreiding van de resultaten om herhalingspotentieel en marktkansen te maximaliseren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>WP 5 Management</b><br><br>Coördinatie en rapportage van het project.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| <b>WP of Fase</b> | <b>Korte beschrijving</b> | <b>Uitvoerders (met namen)</b> | <b>Resultaat</b>                                                                              |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                 | Ontwerp parameters        | Linthorst                      | Tool Box Ontwerpparameters                                                                    |
| 2                 | Demo Leiden               | Linthorst<br>VVE               | Validatie woningbouw en zorg met grote centrale WKO en uitsluitend warmte afname              |
| 3                 | Demo Haarlem Zuid         | Linthorst<br>Van der Valk      | Validatie renovatiemarkt hotels met WKO en koppeling Smart grid (flexibele energieopwekking)  |
| 4                 | Demo Utrecht              | Linthorst<br>Van der Valk      | Validatie maximale rendementen nieuwbouw hotel met KAT, met wko en diverse restwarmtestromen. |
| 4                 | Garantieconcept           | Linthorst,<br>HAN              | Marktacceptatie en benodigd gezien integraliteit van de oplossing                             |
| 5                 | Disseminatie              | Linthorst                      | Bekendheid bij potentiële klanten in binnen en buitenland, m.n. Duitsland                     |
| 6                 | Management                | Linthorst                      | Coördinatie en rapportage                                                                     |

## 2.5 Resultaten A) van het project zelf en B) mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

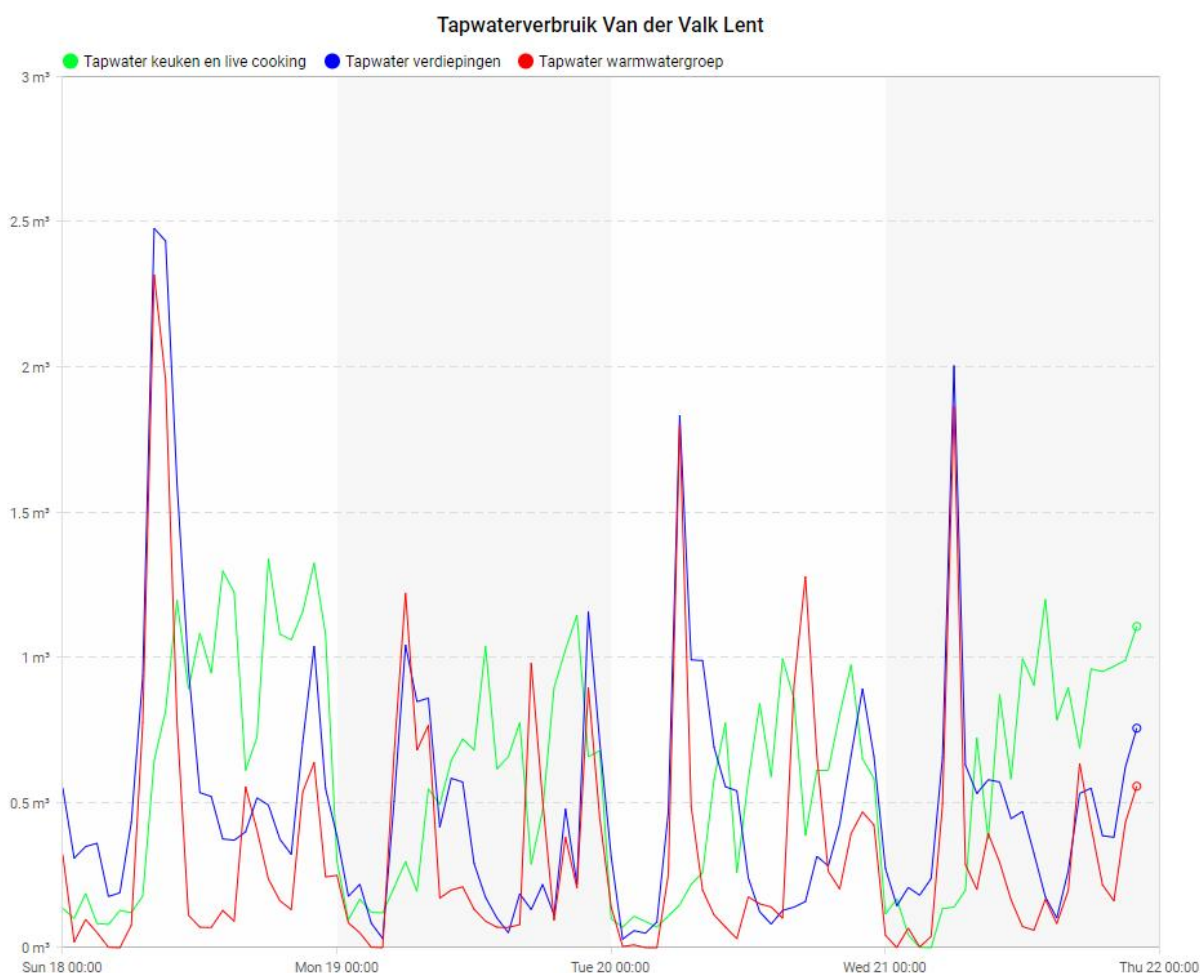
### 2.5.1 Ontwerp parameters

In de onderstaande grafiek een voorbeeld van de eerste TT68 welke in Lent is toegepast als prototype. Te zien is dat de warmtepomp op vollast en bij een intrede temperatuur van koud tapwater van 14,4°C een COP van 3,54 maakt bij een gerealiseerde uittrede van warm tapwater van 71,99°C. Bij hogere intrede temperaturen van het op te warme tapwater (doordat de tapwaterbuffer vol loopt) zien we de COP teruglopen naar 3 bij de 50°C tapwater aanvoer naar de warmtepomp toe. De relatie tussen de in en uittrede temperatuur maar ook het % van het vollastvermogen waarop de warmtepomp draait en het rendement van de warmtepomp zijn hier goed inzichtelijk geworden. Bij 68°C uittrede, 10°C intrede en op 50% van vollast werd uiteindelijk een COP van 4 gehaald. Theoretisch zou dit bij 100% ook zo moeten zijn. Echter bleken de interne warmteverliezen substantiëler te zijn mede door het feit dat we problemen ondervonden door de te hoog oplopende temperatuur in de omkasting waardoor er diverse storingen waren in de elektronica. Hierdoor waren we genoodzaakt om meer energie uit de omkasting af te zuigen en weg te blazen wat ten koste gaat van het rendement.



Om de maximale rendementen te halen uit de warmte en koude opwekking is het dus van belang om de productie gelijktijdig te doen. Om die reden is buffering een vereiste om de productie los te kunnen koppelen van de vraag. Hiervoor zijn er uitgebreide metingen gedaan naar de warmte, koude en warm tapwater vraag patronen in hotel Lent en Enschede.

Hieronder een voorbeeld van de water afname patronen van 4 dagen. Voor warm tapwater blijken de patronen van afname goed te voorspellen en constant genoeg om hier goed mee te kunnen rekenen. De doelstelling is namelijk om voor de werkpakketten 2, 3 en 4 een juiste strategie te kunnen bepalen om tot een optimaal principeschema te kunnen komen.



De conclusies uit de metingen en analyse zijn als volgt:

- Buffering van warm tapwater zal ongeveer een factor 2 à 3 groter moeten zijn ten opzichte van reguliere tapwaterbuffering. In Utrecht is bijvoorbeeld 8.000 liter geselecteerd ten opzichte van 3.000 wat regulier gekozen zou zijn. Op deze wijze kan gedurende de gehele dag warm tapwater geproduceerd worden gelijktijdig met de MT en HT warmtepomp.

- Installaties met WKO: buffering van midden temperatuur en hoog temperatuur warmte is dan behoudens de reguliere buffering om pendelgedrag te voorkomen en om de piekvraag van de warmtepomp te reduceren niet van veel toegevoegde waarde. Uiteindelijk is bufferen aan de tapwaterkant effectiever en goedkoper.
- Installaties zonder WKO zoals in Enschede hebben in theorie meer baat bij grotere buffers aan de cv kant. Dit omdat de restenergie waaruit laagwaardige energie uit kan worden onttrokken vooral in de nachtelijke uren minder voorradig is. Maar dan nog blijkt het vanuit economisch perspectief lastig om deze echt van een omvang te krijgen dat deze dan zorgen voor een stijging in de dekkingsgraad van de warmtelevering. Kortom zijn de energietarieven nog te laag om de investering in deze buffering economisch te laten renderen.
- Voor de smartgrid software zijn we uitgekomen op een samenwerking met Scholt energie en Enervalis. Hier is na afweging van alle variabelen geconcludeerd dat directe aansturing vanuit te ontwikkelen smartgrid software pas interessant wordt bij substantieel meer flexibiliteit en grotere afname volumes. Om deze reden heeft deze software ontwikkeling zich meer geconcentreerd op werkpakket 2 en 3. In Leiden wordt er namelijk 200 m3 water gebufferd en in hotel Haarlem 25m3 met hiernaast nog de mogelijkheid om flexibiliteit te halen uit de samenwerking met een al bestaande warmtekracht installatie.

Het technische ontwerp van de unit is geanalyseerd. Hieruit bleek al snel dat de interne temperaturen in de omkasting te hoog opliepen. Hiervoor is er ventilatie aangebracht door een gat in de bodemplaat te maken en op de unit een afzuigventilator te plaatsen. Dit zorgde uiteindelijk nog niet voor het gewenste effect. Hierdoor is de unit door ontworpen en is er in de nieuwere modellen een apart compartiment gemaakt voor de elektronica en deze is buiten de omkasting in een apart compartiment geplaatst. Ook wordt er in plaats van ventilatie een overstap gemaakt naar interne koeling met een ventilator convector.

Het ontwerp van de machine is geoptimaliseerd op het gebied van trillingen om geluid en trilling overdracht te beperken en de ontwikkelde kracht op de componenten te reduceren. Om deze reden zijn er nieuwe types trillingsdempers getest in Lent en zijn de persgasaansluitingen vanuit de compressor aangepast. Dit met een detail inclusief RVS flexibele aansluitingen die ervoor moeten zorgen dat de trillingen van de compressoren beter worden weg gedempt.

## 2.5.2 Demonstraties

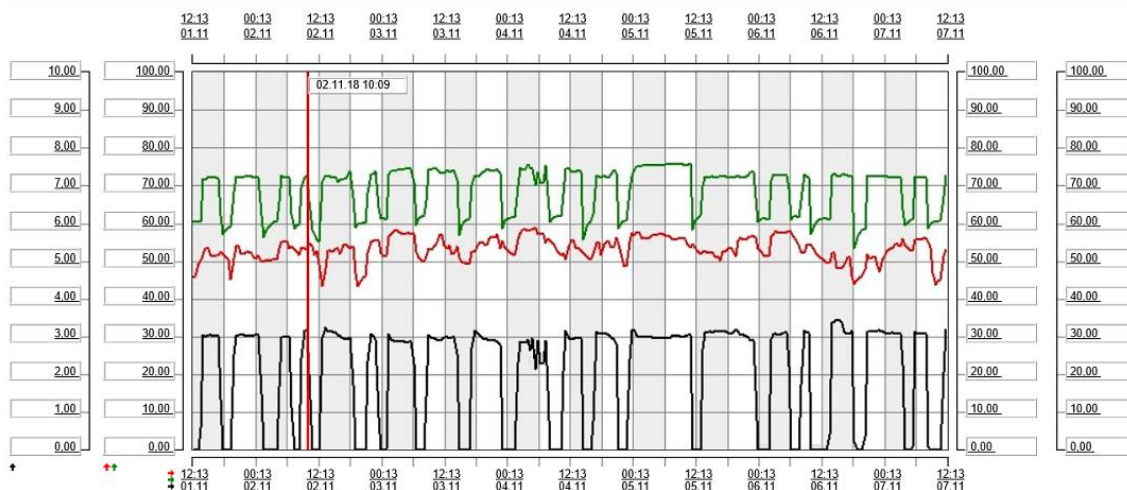
### Algemeen

In de werkpakketten 2, 3 en 4 is de techniek daadwerkelijk gedemonstreerd. Op basis van de kennis welke opgedaan is uit werkpakket 1.

### WP2 Leiden

In Leiden is de techniek als eerste op grote schaal toegepast voor verduurzaming van de bestaande bouw. Dit om de bestaande afgifte van een gasgestookt hoog temperatuur net naar 450 wooneenheden zoveel mogelijk te voeden door een HT warmtepomp aangevuld met een warmtekracht installatie. De techniek was in 2015 geschikt om 70°C te maken en voor Leiden was er bij -10°C buiten en maximale temperatuur van 85°C noodzakelijk. De techniek heeft zich in de jaren hierna ontwikkeld en de noodzaak om sneller van het gas af te gaan door de situatie in Groningen werd urgenter. Zodoende is er door middel van een wijzigingsverzoek een omschakeling gemaakt om te kiezen voor een 1.500kW Hoog Temperatuur warmtepomp die 100% kan voorzien in de warmtebehoefte.

Deze warmtepomp maakt maximaal 80°C en heeft bij een retourtemperatuur van 50°C nog een rendement van 3.2. Hier onder is een grafiek te zien met hierin de uittrede temperatuur uit de warmtepomp en de retour temperatuur naar de warmtepomp toe. Hier zien we bijvoorbeeld temperaturen retour van 55°C tot 60°C en aanvoer temperaturen van ongeveer 73°C tot 75°C met een COP tussen de 3 en de 3,3.



De wko installatie en de dry cooler zijn hierbij fors groter geworden om de energie te kunnen leveren voor dit vermogen. Boven de 8°C willen we zoveel als mogelijk energie kunnen onttrekken aan de buitenlucht in plaats van het bodem energie systeem. In het ontwerp blijkt alleen de selectie van de dry cooler een aandachtspunt. Door de mate van condensatie van de buitenlucht blijkt het vermogen in extreme situaties sterk terug te lopen omdat de lamelpakketten “vollopen” met water. Op dit moment wordt dit regeltechnisch ondervangen door de ventilator kortstondig uit te zetten bij een teruggang in vermogen wat wordt veroorzaakt door deze ophoping van water tussen de lamellen. In



toekomstige ontwerpen vraagt dit specifieke aandacht om deze lamelafstanden te vergroten en dus ook deze dry coolers in zijn geheel groter uit te voeren.

Vooraf in de zomer betekend dit dat het te laden vermogen aan warmte in de praktijk nu +/-15% minder is dan hetgeen theoretisch doorgerekend.

Technisch zijn er ook de nodige modificaties doorgevoerd volgend op de inbedrijfstelling. Door de grote drukverschillen in het systeem waren er problemen met drukvereffening in de circuits. Hier zijn met kleinere aanpassingen oplossingen voor gevonden. Er zijn diverse opnemers van druk en temperaturen anders bevestigd zodat deze beter bestand blijven tegen trillingen en temperatuurniveaus. De installatie draait nu stabiel en qua vermogen lijkt het erop dat deze ook daadwerkelijk 100% van de energievraag kan voorzien.

Voor dit project is ook de intelligente software voor de aansturing van de warmtepomp voor het eerst toegepast. Uit de resultaten is gebleken dat het belang van voldoende flexibiliteit hoog is om effectief te kunnen sturen op basis van beursprijs informatie van de energiemarkt. In de warmtepatroon voorspelling zitten onzekerheden en ook in de voorspelling van de toekomstige energieprijzen. De warmtevraag moet echter altijd geleverd worden op het moment dat deze gevraagd wordt. Maar als er posities zijn ingenomen dat er elektriciteit afgenomen moet worden tegen een bepaalde prijs moet de buffer wel voldoende ruimte hebben. Hoe hier de juiste strategie in te volgen heeft een leercurve gehad waarin we nog steeds aan het optimaliseren zijn. De aansturing heeft tot op heden geleid tot een bezuiniging ten opzichte van de reguliere EPEX beursprijzen dat er 10 a 14% goedkoper is ingekocht.

Technisch is een accuraat meetsysteem om de buffervulling te kunnen bepalen ook complexer dan dit in eerste instantie lijkt. Op verschillende niveaus van de grondbuffers van ieder 100m3 inhoud zitten 5 voelers. Echter blijkt dat de bepaling van de energie niveaus in de buffer op basis van de temperaturen die gemeten worden nog vrij onnauwkeurig is. Op dit moment compenseren we dit met de data van de energiemeters in combinatie met de temperatuurvoelers.

Geconcludeerd kan worden dat de techniek werkt en de rendementen worden gehaald in de praktijk. De installatie draait technisch nu stabiel.

### **WP3 Valk Haarlem**

Hier is een 800kW HT warmtepomp geplaatst in de nieuwbouw van hotel Van der Valk Haarlem Zuid en welke ook de bestaande bouw van energie zal voorzien. Wat deze referentie uniek maakt is dat er al een bestaande 230KW WKK unit is. Met deze twee warmte opwekkers is er veel meer flexibiliteit gegenereerd voor de elektriciteitsafname. Zo kan er gekozen worden om 100% elektrisch alle energie te leveren met de HT warmtepomp en kan er gekozen worden om alles met de WKK te maken en zo ook nog eens 230kW eigen stroom op te wekken. Zodoende kan het elektriciteit afnamepatroon met 400kW elektrisch te allen tijde worden beïnvloed. Dit zal er voor zorgen dat de Smart grid koppeling meer waarde zal krijgen. Wat hier ook uniek is, is dat de warmtepomp volledig flexibel op 3 temperatuurniveaus gelijktijdig energie kan leveren. Op 75°C, 55°C en 40°C. Zo blijft het rendement altijd maximaal op basis van de gevraagde temperatuurniveaus.

In grote renovaties is er vaak een mix van hoog temperatuur afgifte systemen in de gebouwdelen die blijven bestaan en laag temperatuur systemen in de nieuw te bouwen delen. Hier is dat een hotelvleugel met 220 hotelkamers die op 70°C-50°C draaien. En een nieuw hoofdgebouw welke op 45°C – 40°C functioneert. De volledige warmte en koude opwekking zou medio september operationeel moeten zijn nadat deze al fors was vertraagd. Echter bouwkundig is dit weer 6 maanden vertraagd gezien de complexiteit van renoveren in een bestaand hotel. Voor de techniek betekent dit dat de inbedrijfstelling van de opwekking ook pas februari / maart 2019 kan gaan



plaatsvinden. Dit omdat er geen warmteafgifte kan worden aangesloten tot die tijd. Technisch gezien zijn wij als Linthorst techniek nu op 85% van de realisatie zoals gepland. De Smart grid software voor deze variant met warmtekrachtkoppeling is ook qua regeltechnische omschrijving uitgedacht. Het is nu dus afwachten totdat het hotel zover is om in bedrijf te gaan en dat we warmte kunnen gaan leveren met de installatie.

#### **WP4 Valk Utrecht**

In hotel Utrecht is voor het eerst het volledige principe met hoog en laag temperatuur warmtepomp gebouwd volgens het principe uit bijlage 7 van de DEI aanvraag. Een TT68 Hoog Temperatuur warmtepomp van 120kW en een TT45 45°C warmtepomp van 200kW. Deze warmtepompen worden gevoed door een bronsysteem van 60m<sup>3</sup>/h. Door dit principe te hanteren worden er tapwater productie rendementen van 5,1 gehaald bij gelijktijdige warmteproductie op 45°C. Als we de extra opgenomen energie voor tapwater productie op 70°C bij de productie van warmte op een niveau van 45°C toewijzen alleen aan de tapwaterproductie zijn er rendementen van 8,0 voor tapwaterproductie. Technisch zijn er nu echter nog verbeteringen noodzakelijk om de TT45 goed te laten functioneren. Vanuit de theorie gaan we uit van gelijktijdig leveren van 45°C warm cv water met 120kW waarbij er direct ook 80kW aan warm tapwater gemaakt wordt van 70°C. Zonder deze tapwatervraag maakt de warmtepomp 160kW cv water met een COP van 4. Dus 40kW intrede aan elektriciteit levert 160kW warm cv water van 45°C. Bij gelijktijdige tapwater productie levert de warmtepomp 120kW cv water waarvoor 30kW elektriciteit nodig is als deze conventioneel functioneert. Met de 10kW aan extra elektriciteit wordt er nu 80kW aan warm tapwater geproduceerd. Dus een COP van 8. Echter als de tapwater boilers vol zitten en er geen warm tapwater flow water flow meer over de wisselaars gaat worden de persgas temperaturen te hoog. En gaat het water koken. Om namelijk 65°C water te maken moet de condensatie temperatuur rond de 50 °C zijn. Anders is het vermogen aan onderkoeling en persgas energie te laag. Echter is de persgas uittrede bij deze condensatie temperatuur dan te hoog. Regeltechnisch en koude technisch hebben we dus modificaties moeten maken die het persgas omleiden zodat de warmtepomp te gebruiken is als er geen tapwater geproduceerd hoeft te worden. De warmtepompen zijn omgebouwd en regeltechnisch hierop aangepast. De stabiliteit van de regeling was echter nog niet optimaal en zijn er schades ontstaan aan wisselaars waardoor de machine weer opnieuw moest worden opgebouwd. Op het moment van schrijven staan we op het punt om de installatie van de TT45 voor de derde keer in bedrijf te stellen en nu met alle verrichte modificaties. In de kortstondige metingen worden de theoretische rendementen bevestigd en we zijn nu nog druk doende de installatie te monitoren en hier op basis van langere draaitijden de beoogde meetdata uit te kunnen halen.

Ook is er laag temperatuur warmtevraag nodig om met deze rendementen tapwater te kunnen maken. Is er geen laag temperatuur warmtevraag kan de warmtepomp ook geen tapwater maken. Dan is de TT68 noodzakelijk om alle tapwatervraag te voorzien met een rendement van 4. Op basis van de huidige tapwater vraag en warmtevraag patronen schatten we in dat tussen de 40 en 50% van al het tapwater met de TT45 gemaakt kan worden en tussen de 50 en 60% door de TT68. Dit zou betekenen dat de warm tapwaterproductie gemaakt wordt met een COP van rond de 6.

De TT68 draait hier stabiel. En produceert nu een groter aandeel in de tapwatervraag dan beoogd in de situatie dat de TT45 volledig operationeel is.

Wat we ook goed terug zien is dat als de warm tapwatervraag volledig met warmtepompen kan worden ingezet er ook substantieel meer koude kan worden geladen in de bodem. Veel panden kampen met een warmteoverschot. Wat we nu zien is dat dit in Utrecht nu neigt naar een koude overschot. En dit is technisch veel beter te sturen. Dit door bijvoorbeeld meer energie uit interne restbronnen te onttrekken zoals de centrale koel en vriestechiek en / of de restenergie uit het KAT systeem (restwarmte uit keukens afzuiglucht).

Om deze gelijktijdigheid in de opwekking van al deze energiestromen te kunnen garanderen is er vooral meer gebufferd in het warme tapwater. Hier is 10.000 liter aan opslag geplaatst wat ongeveer een factor 4 meer is dan wat er conventioneel geplaatst wordt.

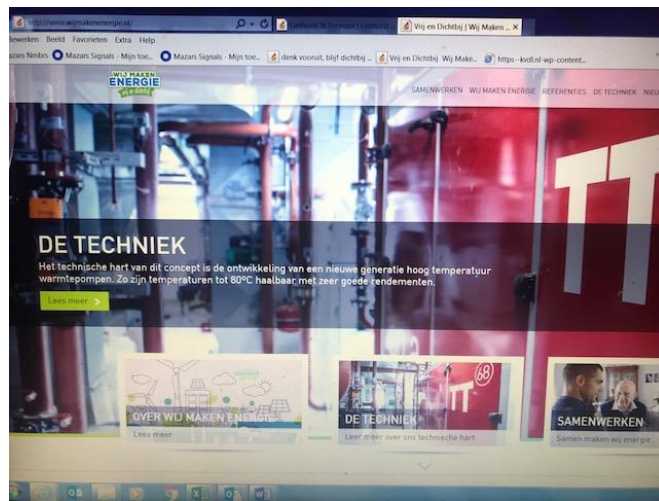
### 2.5.3 Garantieconcept

Wij hebben een concept ontwikkeld voor Collectieve Woningbouw (voorkeur hoogbouw) van meer dan 75 wooneenheden. Met name geschikt voor een homogene klantgroep per locatie (Corporatie, Zorginstelling, VVE's). Dit alles onder de merknaam 'Wij Maken Energie'.

- Eigen merk en marketing, separaat in de markt gezet met eigen merkbeleving zoals website, kaartjes, presentaties, logo's, presentatie template, folder, etc.

Website <http://www.wijmakenenergie.nl/>

#### Indruk Website



- Intake & business development proces met eigen intake vragenlijst-templates.
- Opzet Quick scan haalbaarheidsanalyse
- Opzet business case & financieringsconcept (ESCO), tevens toegepast bij Leiden.
- Juridische contracttemplates (incl. juridische toetsing)
- Interne organisatie opgezet 'Wij Maken Energie' bestaande uit 5 ½ FTE:
  - o 2 FTE Technische Innovatie warmtepomp en regelsysteem
  - o 3 FTE Commercieel en ontwikkelen basis ontwerp
  - o ½ FTE Marketing
  - o ½ FTE Finance

- Samenwerking met Netwerkbedrijf - Alliander DGO voor de samenwerking in de ontwikkeling van verduurzaming.
- Sales funnel met 20 concrete leads waaruit 3 concrete aanbiedingen lopen.

Disseminatie is in onderstaande paragraaf toegelicht.

#### 2.5.4 Discussie

Qua techniek en organisatie zijn we klaar om deze unieke warmtepomptechniek op grotere schaal naar de markt te brengen. Vooral de techniek in Leiden uit werkpakket 2 heeft veel potentie voor de verduurzaming van de bestaande bouw. Echter is er een zeer belangrijke factor welke de introductie van deze techniek op grotere schaal fors belemmert. En dat is het huidige subsidiebeleid en wet- en regelgeving. Deze is de afgelopen jaren alleen maar nadeliger geworden voor deze collectieve warmtepomptechniek.

- 1) De concurrerende technieken met de SDE plus regeling worden steeds beter gesubsidieerd waardoor onze concurrentiepositie er in alle situaties, als een van deze technieken toepasbaar is, er eigenlijk niet is.
- 2) Regelgeving voor blokverwarming die het concurrerende technieken mogelijk maakt maar 1 maal de energiebelasting staffel te doorlopen voor restgasverbruik bij een verbruik van gas kleiner dan 50% van de totale energiebehoefte. Dit is een zeer groot concurrentievoordeel voor deze technieken die hier op de lijst staan. En dus een nadeel voor onze techniek wat vooral speelt in de grotere stadsverwarming trajecten.
- 3) De concurrentie van de ISDE regeling voor kleinere individuele warmtepompen. Voor een renovatie van een flat met 200 wooneenheden kan het zo zijn dat je al € 600.000,- aan subsidie achterstand hebt omdat de warmtepompen boven de 70kW niet meer gesubsidieerd worden (Behoudens EIA wat een relatief gezien zeer lagere netto subsidiewaarde heeft).

Verder is het zo dat veel regelingen afhangen van energie indexen en labels die met software worden gemaakt waar onze techniek of überhaupt grotere collectieve systemen met warmtepompen niet in voor komen. Zoals de STEP subsidies voor corporaties. We zijn hier bezig geweest om onze techniek hierin te krijgen wat testrapporten van bijvoorbeeld TNO vereiste. Echter die waren niet toegerust op dergelijke grote technieken te testen/certificeren.

Dit zijn een aantal hoofdredenen waardoor de commerciële doorbraak achterloopt op de verwachtingen.

Hierdoor blijft er nu alleen een veel kleinere niche over waar onze techniek wel kan concurreren. Hieronder zijn een aantal van deze omstandigheden benoemd waar we nu wel concurrerend kunnen zijn:

- 1) Er is ook een substantiële koelvraag aanwezig. Deze kunnen we namelijk invullen met de Bron warmtepomp en dry cooler combinatie. Met deze minderprijs op het geleverde koelvermogen en de exploitatie van de koude zijn de omstandigheden voor een renderende energie opwekking gunstiger.
- 2) Als we nieuwbouw koppelen met omringende oudbouw. Ook hier is het dan mogelijk om een al benodigde bron en warmtepomp (veelal voor EPG normen te halen) uit te breiden

met een HT warmtepomp. En voorbeeld hiervan is het gemeentehuis in Zoetermeer waar we veel kantoren, winkels en woningen in of tegen het complex van het gemeentehuis hebben aangesloten op een HT warmtepomp.

- 3) Als er vanuit de betrokken stakeholders weerstand is voor alternatieven zoals hout / afvalverbranding of restwarmte uit de industrie. Als voorbeeld de Benedenbuurt in Wageningen waar 'Wij Maken Energie' de businesscase geschreven heeft om een wijk met 500 woningen van het gas te halen met een HT warmtepomp. Hier zou een bio energie centrale met hout kunnen echter was hier vanuit de buurtcoöperatie en gemeente weerstand tegen vanuit hun overtuiging dat dit geen lange termijn duurzame alternatieven zijn.

Procentueel gezien is dit een zeer klein percentage van de potentiële markt. De verwachting is dat de stijging van de energiebelasting en opslag duurzame energie onze case iets verbetert. Echter het gat wat door het huidige subsidiebeleid wordt getrokken met de concurrerende technieken blijft nog volledig in stand.

Naast wet- en regelgeving is er veel sprake van kennisachterstand over warmtepomptechniek en de potentie hiervan bij beleidsbepalers maar ook in de markt zelf bij adviseurs en leveranciers. Zo komt het voor dat er beleid in gemeentes ontstaat met verboden op hoog temperatuur warmtenetten. Die dan bang zijn vast te blijven zitten aan netten die niet duurzaam gevoed kunnen worden. Dat het technisch mogelijk is om bijvoorbeeld 70°C met 30°C te maken met onze technologie met gelijke rendementen als de huidige wp techniek op 45°C en 40°C retour is niet bekend in de markt.

Technisch is er de afgelopen 2 jaar veel gebeurd op het gebied van koudemiddelen en dan vooral het uit faseren van die koudemiddelen met hoge GWP's. In onze zoektocht naar alternatieven voor onze koudemiddelen zijn er ook veel nieuwe ideeën en technieken bedacht in theorie. Theoretisch denken we nu een technologie te kunnen maken als opvolger van de huidige technologie die weer een sprong kan maken in het te behalen rendement. Zo denken we 80 °C -40°C te kunnen maken met een COP van 4.1 ten opzichte van de 3.2 die we nu halen. Dit echter dan wel bij grotere industriële warmtepompen (> 1.5MW thermisch vermogen).

### **2.5.5 Conclusie en aanbevelingen**

Het is gelukt om alle doelstellingen van de werkpakketten te halen en deze dus ook allemaal gerealiseerd te krijgen. Technisch zijn de rendementen vanuit de techniek ook binnen een bandbreedte van 10% gehaald. En in Leiden is het zelfs gelukt om de techniek nog verder te verbeteren dat er geen 70° maar 85°C gemaakt kan worden met de warmtepompen. En dit nog met zeer goede rendementen. Qua opbouw van de techniek zijn we wel tot veel modificaties gekomen. Belangrijke aandachtspunten zijn geweest: trillingen, geluid, interne temperatuur in de omkasting en te hoge temperaturen in de TT45 voor de tapwaterbereiding. Vooral met de TT45 (WP4 volgens principe 7 uit aanvraag) zijn we lang druk geweest om hier alle problemen uit te halen die zich technisch voordeden. De aansturing van de warmtepomp met de Smart grid koppeling functioneert. Er is hier veel kennis opgedaan hoe nu een prijs van energie in de toekomst wordt bepaald en hoe hier met je ontwerp mee om te gaan. Het gevoel voor de benodigde thermische buffercapaciteit in relatie tot het vermogen van de warmtepomp en de benodigde flexibiliteit die er moet zijn voor effectieve Smart grid sturing is nu veel beter ontwikkeld. De software die is ontwikkeld om data uit

de installaties te ontsluiten, maar ook die is ontwikkeld om de businesscases met deze technologie door te kunnen rekenen zijn operationeel. De stap om een deel van deze software zelf te ontwikkelen was noodzakelijk en heeft zich goed uitgekocht.

Met 'Wij Maken Energie' staat er al een merk die snel aan bekendheid heeft gewonnen. Dit mede door de gerealiseerde demonstratieprojecten zoals hier omschreven. En de vele presentaties en events die we hieromheen georganiseerd hebben.

Wat erg jammer is, is het verslechterde subsidielandschap. Of eigenlijk het groter geworden verschil tussen concurrerende technieken die meer subsidies hebben gekregen in de tijd ten opzichte van de collectieve grotere warmtepomp techniek die in z'n geheel nog niet worden gesubsidieerd (op de EIA na).

## **2.6 Uitvoering van het project**

### **2.6.1 De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost**

Organisatorisch is de software ontwikkeling uit WP1 een dossier geweest waar we erg veel energie in hebben moeten steken om hier een goede start mee te kunnen maken. De leverancier die we hadden geselecteerd kwam ondanks herhaaldelijke toezeggingen niet tot de beoogde resultaten zoals die vanuit ons gewenst waren. Om deze reden hebben we ons eerst moeten oriënteren op alternatieve pakketten. Die hebben we niet gevonden. Echter wel een softwareplatform Skysparks waarmee we voldoende fundament hadden om op een goede manier hier zelf software omheen te schrijven en zelf tot een op maat gemaakt pakket te kunnen komen. Dit heeft geleid tot een aanzienlijk langere periode voordat we hier concreet mee konden werken in de demonstraties. Het vinden van de juiste persoon die de capaciteiten had om dit met kennis van de techniek en van de programmeertaal is zeer bepalend geweest dat we dit traject zo in konden zetten.

Wat goed ging is dat alle projecten doorgingen. Leiden heeft echter wel 1,5 jaar nodig gehad om contractueel alles met alle stakeholders in het warmtenet rond te krijgen. Dit heeft zeer veel energie gekost. En is een goede leerschool geweest om een beeld te krijgen van de complexiteit om te komen tot goede contractuele afspraken. En dit met veel verschillende partijen met verschillende belangen en kennisniveau van deze technieken.

In Haarlem was het probleem dat de renovatie planning zeer fors is uitgelopen. Dit heeft ervoor gezorgd dat we hier nog niet operationeel konden zijn met de techniek. Zonder afgifte konden we echter niet draaien. En dit was voor ons ook niet te versnellen. We maken het onderzoeksprogramma echter gewoon af.

Technisch waren er diverse problemen / uitdagingen die we hebben moeten oplossen. Dit waren zaken als te hoog oplopende temperaturen in de binnen omkapping. Dit is eerst met ventilatie opgelost wat niet optimaal werkte en ook te koste ging van het rendement. Later is dit opgelost door de machines te voorzien van interne koeling.



De gehele opbouw van de machine op het stalen frame en de wijze van trilling demping zijn aangepast om nog vrijer te zijn in de mogelijke opstelruimten.

Intern zijn de aansluitingen van diverse sensoren / opnemers aangepast in verband met lekkages door trilling in combinatie met de hogere temperaturen.

Ook de compressoren zijn anders aangesloten in de latere projecten om risico's op lekkages door trilling te voorkomen. Zo is de wijze van aansluiting en de toepassing van flexibele slangen geoptimaliseerd.

De grotere ontwerpaanpassingen en aanpassingskosten hebben in de TT45 gezeten uit werkpakket 4 hotel Utrecht. Zoals eerder gemeld in dit verslag zijn er problemen geweest met de hoge temperatuurniveaus van het persgas in relatie tot de gelijktijdige warm tapwater productie. Dit heeft geleid tot relatief veel aanpassingen en kosten om die te verhelpen.

## 2.6.2 Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Zoals reeds besproken in 2.5 is er in werkpakket 2 een wijziging in de techniek geweest. Hiervoor is er ook een wijzigingsverzoek ingediend. Er was een doorbraak in de techniek waardoor we 85°C konden maken ipv 70°C. Dit zorgde ervoor dat we volledig van het gas konden en dus all electric de warmtevoorziening konden overnemen. De installatie werd zo wel fors groter. Dit is ook te zien in de budgetoverschrijding op deze demo uit werkpakket 2. (Zie tabel onder 2.6.3.)

Verder is het projectplan inhoudelijk exact volgens plan uitgevoerd. De planning ten opzichte van de inschatting 3 jaar geleden is her en der wel wat verschoven. Dit gezien de afhankelijkheden van het bouwproces van de referentiewerken. En vanwege het feit dat we bijvoorbeeld zelf software zijn gaan maken. Hier is dan ook in het proces melding van gedaan.

## 2.6.3 Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten.

| Financieel totaal overzicht DEI Uitgaven |            |                  |                  |                |
|------------------------------------------|------------|------------------|------------------|----------------|
| Onderdeel                                | Onderdeel  | Werkelijk        | Begroting        | Vershil        |
| Ontwerp parameters                       | Fase 1     | 267.140          | 522.700          | -255.560       |
| Demo Leiden                              | Fase 2     | 1.814.105        | 1.086.858        | 727.247        |
| Demo Haarlem                             | Fase 3     | 764.389          | 943.812          | -179.423       |
| Demo Utrecht                             | Fase 4     | 911.942          | 859.827          | 52.115         |
| Garantieconcept                          | Fase 5     | 103.607          | 36.000           | 67.607         |
| Disseminatie                             | Fase 6     | 59.209           | 60.000           | -791           |
| Management                               | Fase 7     | 23.249           | 69.600           | -46.351        |
|                                          | <b>Tot</b> | <b>3.943.641</b> | <b>3.578.797</b> | <b>364.844</b> |

In totaal zijn er EUR 365K meer kosten uitgegeven dan begroot. Dit betreft een overschrijding van de begrote kosten van 10%. Overall zijn hiermee de totale uitgaven in lijn met de verwachting.



Zoals reeds in tussentijdse rapportages vermeld hebben er wel verschuivingen plaatsgevonden tussen verschillende fasen. Hieronder wordt een nadere toelichting gegeven op deze verschuivingen.

#### Fase 1 Ontwerp parameters

In deze fase zijn de ontwerpparameters onderzocht en vastgesteld. Hierop is een onderschrijding van het budget gerealiseerd van EUR 255.560. De onderschrijding is met name veroorzaakt doordat wij de ontwikkeling van het software om te komen tot de juiste ontwerpparameters niet hebben ingekocht bij een derde maar zelf hebben ontwikkeld door een interne software programmeur. Hierdoor konden we de bouw specifiek afstemmen op onze behoefte en waren de uitgaven lager (meer kosten efficiënt in eigen beheer te bouwen).

#### Fase 2 tot en met 4 - Demonstratie projecten

Bij de demonstratieprojecten zien wij een grote overschrijding bij Demo Leiden en een matige tot geringe afwijking bij de Demo projecten Haarlem en Demo Utrecht.

De demo's Utrecht en Haarlem betreft een demonstratie bij een hotel. Wij hebben als bedrijf veel ervaring met het ontwerp en realisatie van opwekinstallaties in hotels. Hierdoor zijn de ontwerp principes voorafgaand aan het project vrij goed ingeschat en is een redelijk realistische inschatting gemaakt van de te besteden realisatie kosten. De verschuiving van een geringe overschrijding bij demo Utrecht naar een matige onderschrijding bij Haarlem is met name te wijten aan het feit dat Haarlem nog niet geheel is afgerond. Onze inschatting is dat we hier nog €100.000,- aan kosten moeten maken en zo onder de begroting uitkomen. Dit heeft uiteindelijk ook met de leercurve te maken in de realisatie.

Op het demo project Leiden is een grote kostenoverschrijding gerealiseerd. Door de wijziging naar een 100% elektrische energievoorziening met warmtepompen in plaats van de combinatie met de warmtekracht zijn de kosten gestegen. Maar ook ten opzichte van deze begrotingen zijn de kosten hoger uitgevallen. De uitwerking van de techniek was complexer dan verwacht en ook de beschikbare technische ruimte was klein wat in hogere kosten resulteerde.

Hiernaast hebben in wij in de realisatie fase meer uitgaven gedaan omdat het installatiewerk omvangrijker was dan ingeschat ten tijde van het opstellen van de begroting. Dit is met name te wijten aan de onbekendheid met deze technologie ook bij de calculators. Dit is dus ook onderschat.

#### Fase 5 Garantieconcept

De uitgaven van fase 5 garantieconcept zijn EUR 67.607 hoger dan de begroting. Dit is met name veroorzaakt door hogere uitgaven voor de ontwikkeling van intake tooling voor het garantieconcept (gezien de complexiteit van verduurzaming van bestaande hoogbouw met vele aspecten zoals diversiteit tussen verschillende woningen in één hoogbouw complex t.a.v. technische staat, individueel verbruik en financiële parameters).

#### Fase 6 Disseminatie

De uitgaven van de fase 6 disseminatie zijn vrijwel gelijk aan de begroting.

## Fase 7 Management

De uitgaven voor fase 7 management zijn EUR 46.351 lager dan de begroting. De interne begeleiding van het project is efficiënter verlopen dan ingeschat ten tijde van het opstellen van de begroting. Dit is mede veroorzaakt doordat het project goed is verlopen.

### **2.6.4 Toelichting wijze van kennisverspreiding**

De snelle bekendheid en inpassing van de technologie (disseminatie) vindt plaats middels:

- a. Website 'Wij Maken Energie' & marketing/folder materiaal
- b. Media aandacht: zie hierna paragraaf 2.6.5.
- c. Site visits en vakbeurzen
- d. Sales trajecten en vervolg technische toepassingen in Nederland

Er is een uitgebreide sales funnel met diverse leads en offertes. Middels deze trajecten wordt inherent kennis verspreid onder afnemers, adviseurs en gemeentes. Gezien de grote aantallen leads die in Nederland beschikbaar kwamen is ervoor gekozen om dit nog niet te vertalen naar marketing acties in het buitenland.

### **Overzicht Workshops & Site visits**

Organiseren van een workshop bij Van der Valk Haarlem om de resultaten onder de aandacht te brengen van potentiële klanten en andere stakeholders;

- Q1 2017 : presentatie gemeente Zoetermeer over 'Wij Maken Energie' en case voor gemeentehuis Zoetermeer
- Q1 2017 : Hogeschool Arnhem Nijmegen energiec colloquium gegeven voor lectoraat Duurzame energie over 'Wij Maken Energie' en HT warmtepomptechniek
- Q2 2017: presentatie Vivare en volkshuisvesting (corporaties gemeente Arnhem)
- Q3 2017: presentatie woningcorporatie Ons Doel te Leiden
- Q4 2017 presentatie en discussie HT warmtepomp technologie met de tafel industrie van het Gelders energieakkoord
- Q4 2017 TKI congres Nieuwegein. Presentatie over het DeI traject, 'Wij Maken Energie' en HT technologie
- Q4 2017 en Q1 2018: 2 presentaties en uitwerkingen businesscase voor de Benedenbuurt in Wageningen voor een HT warmtepomp oplossing voor die wijk die meedoet aan greendeal aardgasloze wijken (We hebben uiteindelijk 5 miljoen rijkssubsidie gekregen met idee van HT warmtepomp voor de wijk).
- Q1 2018: Van der Valk Haarlem in combinatie met site visit naar demo Leiden. Aanwezig: grote afvaardiging Tauw Adviseurs / Gemeente Velzen en twee woningcorporaties.
- Q1 2018: presentatie Bouwend Nederland regio Oost. (Bij Van der Valk Apeldoorn)
- Q1 2018: Grouwels vastgoed presentatie over de HT warmtepomp en 'Wij Maken Energie'
- Q2 2018: Business club event van ondernemers waarin verduurzaming is gepresenteerd
- Q2 2018: presentatie SSH (studentenhuisvesting regio Utrecht) in Van der Valk Utrecht
- Van Q1 2017 t/m Q3 2018 4 à 5 presentaties voor de VVE Henri Dunant (105 wooneenheden) voor de realisatie van een HT warmtepomp (Geresulteerd in een intentie en verwachte realisatie in Q3 2019).

### Organiseren van site visits voor geïnteresseerde derde partijen

- Eind 2017: Site Visit bij Valk Lent met samenwerkingsverband Vysyn van diverse woningcorporaties en zorginstellingen.
- Q2 2018: Opening Leiden: Aanwezig onder meer grote afvaardiging Gemeente Leiden waaronder wethouder en burgemeester.



- Q3 2018: Site visit Leiden met geïnteresseerde leads.
- Oktober 2018: Rondleiding Ministerie van Binnenlandse Zaken (2 \* 25 FTE) in Leiden incl. presentatie
- Oktober 2018: Rondleiding Wethouder Gemeente + 2 Coöperaties uit Gemeente incl. presentatie

### **Overzicht Vakbladen**

De Hoog Temperatuur warmtepomp staat vermeld in de volgende artikelen in vakbladen. Het betreft ook artikelen van andere projecten waarbij de Hoog Temperatuur warmtepomp inmiddels is toegepast.

#### **Vakblad warmtepompen**

<https://www.vakbladwarmtepompen.nl/techniek/nieuws/2018/08/hoogtemperatuur-warmtepomp-voor-bestaande-gebouwen-1013601>

<https://www.vakbladwarmtepompen.nl/techniek/artikel/2018/08/hoogtemperatuur-warmtepomp-kan-zonder-na-isolatie-1013580>

## **Stedenbouw**

<https://www.stedenbouw.nl/artikel/wij-maken-energie-op-basis-van-duurzame-opwekking/>

<https://www.stedenbouw.nl/artikel/stadhuys-forum-zoetermeer-forse-upgrade-voor-pand-met-potentie/>

<https://www.stedenbouw.nl/artikel/stadhuys-forum-zoetermeer-installaties-van-label-g-naar-a-met-vijftien-jaar-onderhoud-en-instandhouding/>

<https://www.stedenbouw.nl/artikel/nieuwbouw-hotel-van-der-valk-apeldoorn-nadert-zijn-voltooing/>

## **Installatie en bouw**

<http://www.installatieenbouw.nl/stadhuyscomplex-zoetermeer-g-naar-a-label/>

<http://www.installatieenbouw.nl/hotel-valk-apeldoorn-statig-stoer-en-duurzaam/>

## **Bouwen in het noorden**

Editie 84 – Van der Valk Leeuwarden

## **Van der Valk**

<https://www.valknijmegen.nl/over-ons/duurzaamheid/hoe-duurzaam-is-ons-hotel>

[https://issuu.com/industrialbouw/docs/industrialbouw-editie-33\\_P41/42](https://issuu.com/industrialbouw/docs/industrialbouw-editie-33_P41/42)

## Vervolg Kennisdeling en Vervolgontwikkeling Markt propositie

Een vervolgontwikkeling van de product propositie is gericht op verbreding van de focus naar individuele laagbouw woningbouw.

Belangrijk vervolg waarmee significante kennisgeving kan plaatsvinden is het project Benedenbuurt Wageningen als **landelijk pilot project 'gasloze wijken'**. Met als inschrijving uiteraard de Hoog Temperatuur Warmtepomp techniek heeft de Gemeente Wageningen met succes de landelijke RVO subsidie ontvangen. In dit project wordt de hoog temperatuur techniek ingezet voor individuele laagbouw woningbouw in een wijk.



[https://www.youtube.com/watch?v=1U\\_s6Soh17g](https://www.youtube.com/watch?v=1U_s6Soh17g)

<https://www.rvo.nl/initiatieven/green-deal-aardgasvrije-wijken/gemeente-wageningen>

### **Quote RVO Website:**

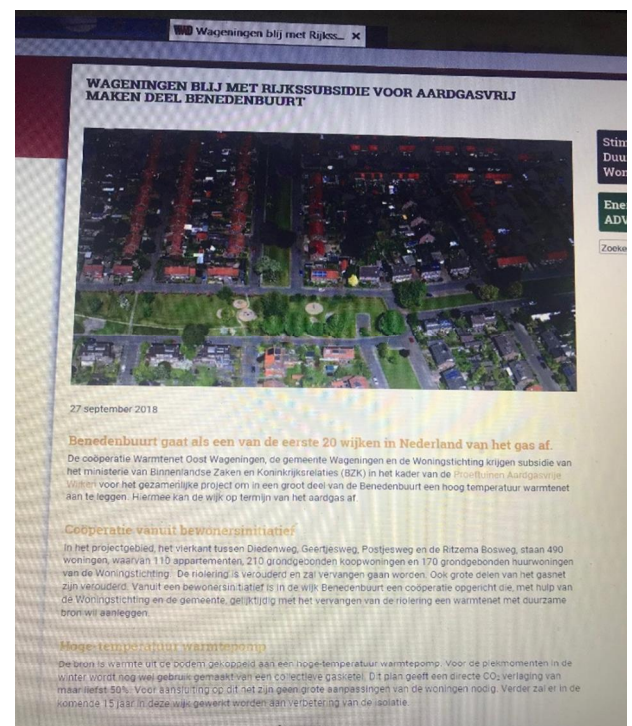
*In de Beneden buurt, ca 470 woningen, heeft een bewoner de gemeente geprikkeld om de kansen voor aardgasvrij na te gaan omdat rioleringvervanging op korte termijn aan de orde is. In een 1e studie zijn diverse opties bekeken en gepresenteerd aan bewoners. Door tijdsdruk, i.v.m. vervanging riolering, wordt in 1e aanzet uitgegaan van een **Hoog Temperatuur warmtenet** gevoed door industriële **warmtepompen in combinatie met een warmte koude opslagsysteem**.*

<http://wageningenduurzaam.nl/wageningenwoontduurzaam/wageningen-blij-met-rijks subsidie-voor-aardgasvrij-maken-deel-benedenbuurt/>

### **Quote Duurzaam Wageningen**

#### **Hoge-temperatuur warmtepomp**

De bron is warmte uit de bodem gekoppeld aan een hoge-temperatuur warmtepomp. Voor de piekmomenten in de winter wordt nog wel gebruik gemaakt van een collectieve gasketel. Dit plan geeft een directe CO2 verlaging van maar liefst 50%. Voor aansluiting op dit net zijn geen grote aanpassingen van de woningen nodig. Verder zal er in de komende 15 jaar in deze wijk gewerkt worden aan verbetering van de isolatie.





## 2.6.5 Toelichting PR project en verdere PR-mogelijkheden

De propositie 'Wij Maken Energie', Demo Projecten Van der Valk Utrecht en Demo Project Leiden heeft zeer veel publiciteit gehad waaronder zelfs op Landelijke TV op prime-time uitzendtijd NPO2 om 20:30.

### Screenshots van:

TV Uitzending NPO2 – 20:30

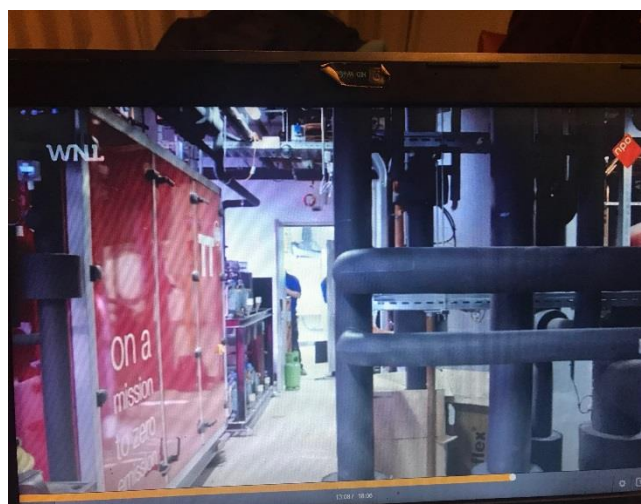
Stand van Nederland

400.000 kijkers

[https://www.npostart.nl/stand-van-nederland/21-03-2018/POW\\_03749568](https://www.npostart.nl/stand-van-nederland/21-03-2018/POW_03749568)

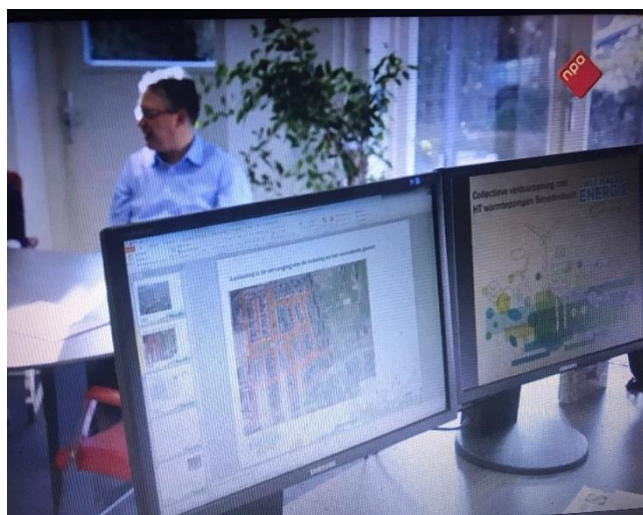
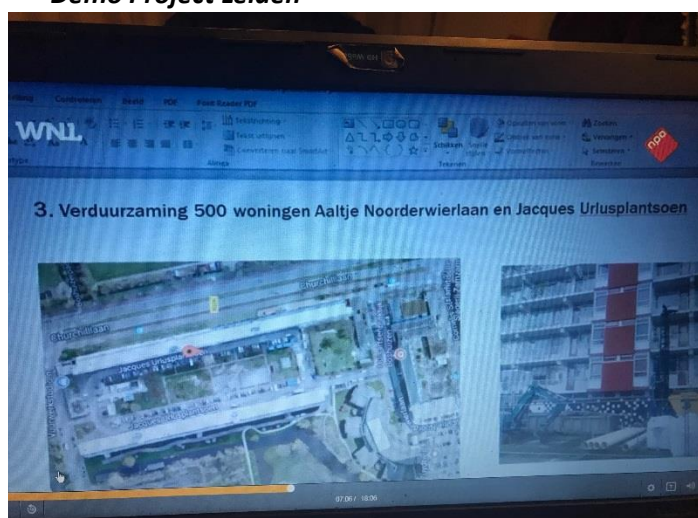


### *Demo Project Valk Utrecht*





### Demo Project Leiden



Hiernaast zijn vele site visits gehouden.

Vervolg exposure is met name te verwachten bij nieuw te realiseren projecten. Het innovatie concept wordt naar verwachting komende jaren breder ingezet waarbij ook 'laagbouw' woningbouw onderdeel gaat uitmaken van de markt/product propositie.

Totaal overzicht Media Exposure (naast vakbladen zoals in voorgaand hoofdstuk opgesomd)

- TV Uitzending NPO2 – Stand van Nederland: 400.000 kijkers [https://www.npostart.nl/stand-van-nederland/21-03-2018/POW\\_03749568](https://www.npostart.nl/stand-van-nederland/21-03-2018/POW_03749568)
- Linked in Posts Opening Leiden: 25.000 lezers
- Media Krant/ Internet/ Radio
  - o <https://soundcloud.com/sleutelstad/2018-0525-burgemeester-lenferink-over-het-jacques-urlusplantsoen-van-gas-los>
  - o <https://soundcloud.com/sleutelstad/2018-0525-gijs-linthorst-over>
  - o <https://sleutelstad.nl/2018/05/25/jacques-urlusplantsoen-voorop-in-duurzaamheid-400-woningen-van-gas-los/>
- <https://www.deleydenaer.nl/nieuws/algemeen/16203/urlusplantsoen-van-het-gas>
- <https://nl.scholt.com/sturing-warmtepompen-400-woningen-leiden/>

Krant artikel  
LeidschDagblad

2018-05-10 10:00

## 4 Regionaal

### Verhaal van de dag

# Leiden voorop in aardgasvrij Nederland

**Leiden** • De gemeenteraad van woonwoningbouwvereniging Woonwoningbouw Leiden (Woonwoningbouw Leiden) heeft besloten om de komende jaren alle huizen in Leiden aardgasvrij te maken. Dit betekent dat er geen meer aardgas wordt gebruikt in huizen. Het is de eerste gemeente in Nederland die dit doet. De gemeente heeft hiervoor een plan van aanpak opgesteld. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren.

**Of een cadeautje in onze schoot geworpen wordt'**

Stadsdeel Leiden wil in 2050 al zijn van het gebruik van fossiele brandstoffen. Het is de eerste gemeente in Nederland die dit doet. De gemeente heeft hiervoor een plan van aanpak opgesteld. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren.

maakt niet als de oude gasaanlaten die in de jaren vijftig zijn aangelegd. Het is de eerste gemeente in Nederland die dit doet. De gemeente heeft hiervoor een plan van aanpak opgesteld. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren.

Opgeleverde kindertuin dat vijfdeklas leerlingen met plezier op het gas.

## Nieuwe huizen alle

**Staat toe**

**Leiden** • De gemeente Leiden heeft besloten om de komende jaren alle huizen in Leiden aardgasvrij te maken. Dit betekent dat er geen meer aardgas wordt gebruikt in huizen. Het is de eerste gemeente in Nederland die dit doet. De gemeente heeft hiervoor een plan van aanpak opgesteld. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren. Het plan voorziet in de aanpak van de komende jaren.