

## **Openbaar eindrapport HIRECOH project**

### **Projectgegevens**

Projectnummer	DEI119062
Projecttitel	HIRECOH
Penvoerder	Vattenfall N.V.
Medeaanvragers	DENSO Europe B.V. Solvis Nederland B.V.
Projectperiode	2020-2021
Publicatiedatum	01-04-2022
Rapport	Deze rapportage is kosteloos als PDF op te vragen bij Vattenfall
Contactpersoon	Vattenfall N.V. tav Wouter Wolfswinkel Postbus 41920 1009 DC Amsterdam

**Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.**

## Het HIRECOH project

### *Samenvatting*

Dit rapport beschrijft het in de periode 2020-2021 uitgevoerde High temperature Retrofit CO<sub>2</sub> Heat pump (HIRECOH) project.

Het HIRECOH project behelsde de ontwikkeling en veldtest van een hoge temperatuur warmtepompsysteem, dat als één- op- één - cv-ketel alternatief kan dienen in bestaande grondgebonden woningen. Uitgangspunt was onder anderen dat het systeem kan worden geïnstalleerd zonder kostbare en ingrijpende voorbereidende maatregelen aan woningschil en het afgiftesysteem, met minimaal gelijkblijvend comfort in zowel ruimteverwarming (en bediening daarvan) als sanitair warm water en bij maximaal gelijkblijvende energielasten.

Gedurende het project is overtuigend gebleken dat aan al de hierboven vermelde vereisten kan worden voldaan.

Het project is uitgevoerd onder regie van Vattenfall N.V. De projectpartners zijn DENSO Europe B.V. en Solvis Nederland B.V.

### *Inleiding*

De Nederlandse woningeigenaar wordt in toenemende mate geconfronteerd met de noodzaak tot het verduurzamen van de (eigen) woning. Hoewel wij een groeiende interesse zien in duurzame verwarmingsoplossingen, vanuit zowel duurzaamheidsperspectief en financieel perspectief als in toenemende mate ook (geo)politiek perspectief, zien we tegelijkertijd een zeer lage conversie van woningeigenaren die de ambitie om kunnen zetten in concrete stappen.

Voor de transitie naar een all-electric verwarmingsoplossing blijken de meeste bestaande woningen, vrijwel ongeacht de bouwperiode, zonder ingrijpende bouwkundige maatregelen veelal ongeschikt voor de huidige generatie lage temperatuur HFK warmtepompen. Ook voor de recentelijk geïntroduceerde propaan middentemperatuur warmtepompen, zijn er vaak bouwkundige belemmeringen.

De belemmering die het projectteam ziet bij de toepassing van lage- en middentemperatuur warmtepompen is drievoudig:

1. De gangbare en relatief laagdrempelige na-isolatie maatregelen zoals vloerisolatie, spouwmuurisolatie en hr++ glas zijn vaak onvoldoende om de piek warmtevraag terug te brengen tot een voor de warmtepompen haalbaar niveau.
2. Het afgiftesysteem heeft onvoldoende afgiftevermogen bij de lage temperaturen die nodig zijn om de woning efficiënt met een warmtepomp te kunnen verwarmen.
3. Het bij een cv-keteldefect ontstane natuurlijke overstapmoment naar een duurzame verwarmingsoplossing wordt gemist vanwege de twee voorgaande punten

Het ontwikkelen van een laagdrempelig, haalbaar en betaalbaar aardgasvrij alternatief voor de cv-ketel, is wat we met het HIRECOH project beoogden te realiseren.

Mede met behulp van financiering vanuit DEI, zijn de projectpartners erin geslaagd om een hoge temperatuur warmtepompsysteem te ontwikkelen dat kan dienen als alternatief voor de cv-ketel in een groot deel van de grondgebonden woningen in Nederland. Dit systeem is gedurende het HIRECOH project beproefd in een veldtest in een 20-tal woningen in Heemskerk en doorontwikkeld tot een pre-productiemodel op basis waarvan op dit moment de definitieve productie versie wordt gerealiseerd, die eind 2022 op de Nederlandse markt zal worden gebracht.

## *Behaalde resultaten*

Gedurende het project is overtuigend gebleken dat aan al de projectdoelstellingen is voldaan en is overtuigend aangetoond dat het HIRECOH systeem:

- 1-op-1 de cv ketel kan vervangen in bestaande woningen  
Hierbij kan het bestaande afgiftesysteem dat is uitgelegd op hoge aanvoertemperaturen, behouden blijven en volstaan eenvoudige laagdrempelige na-isolatiemaatregelen zoals spouwmuurisolatie en isolatieglas;
- Haalbaar en betaalbaar is  
De aanschaf en installatiekosten van het systeem zijn vergelijkbaar met die van een traditioneel all-electric warmtepompsysteem. De installatie neemt 2 dagen in beslag waarbij er slechts beperkt overlast is in de woning;
- Energiekosten neutraal is  
De efficiency van het systeem over het jaar heen in gecombineerd bedrijf, is conform verwachting ruim voldoende om ten opzichte van de cv-ketel energiekostenneutraal te zijn.

Het projectresultaat is een all-electric hoge temperatuur warmtepompsysteem dat geschikt is als cv-ketel alternatief in woningen met een maximale nominale warmtevraag van 6kW en een maximale piekvraag van rond 11 kW.

Gegeven CBS verbruiksdata blijkt dat het HIRECOH systeem nu al direct de cv-ketel kan vervangen in zo'n drie miljoen bestaande Nederlandse eengezinswoningen zonder de tot nu toe vereiste voorbereidende kosten van gemiddeld €25.000 aan schil en afgiftesysteem die nodig zijn bij een traditionele lage- of middentemperatuur warmtepomp.

Een deel van de weggevallen voorbereidende kosten zal natuurlijk wel op een later moment worden genomen wanneer gedurende het reguliere onderhoud van de woning het warmteverlies wordt teruggedrongen.

De aanschaf en installatiekosten van het systeem zijn vergelijkbaar met die van een traditioneel all-electric warmtepompsysteem en bedragen c.a. €15.000. De levensduur van het systeem is met 30 jaar echter significant hoger dan dat van een traditioneel warmtepompsysteem. Er is slechts een tussentijdse vervanging van de buitenunit nodig na 12 tot 15 jaar. Deze is qua kosten vergelijkbaar met de vervanging van een cv-ketel.

In de referentiewoning met een warmtevraag van 11.000 kWh/jr en een tapwatervraag van 2.000 kWh/jr (medium tappatroon), laat de gelijkwaardigheidsverklaring een gecombineerd jaarrendement zien van ongeveer 2,6. Dit is 1 punt lager dan wat doorgaans met een traditionele warmtepomp kan worden gerealiseerd. Tegelijkertijd is het bijna 3 keer zo hoog als het jaarrendement van een cv-ketel dat rond 0,9 ligt.

Het is tevens ruim voldoende om zowel brandstofkostenneutraal, energiekostenneutraal en CO<sub>2</sub> uitstootneutraal te zijn ten opzichte van de cv-ketel.

Ook is de piekbelasting op het elektriciteitsnet door de toepassing van de buffer, die als warmtebatterij fungeert, ongeveer de helft van die van een traditionele all-electric warmtepomp. De kosten die netbeheerders zullen moeten maken om all-electric huishoudens mogelijk te maken, kunnen bij toepassing van dit systeem lager uitvallen en/of later worden gemaakt.

Gegeven de positieve projectresultaten en de overtuiging van Vattenfall dat het kunnen bieden van individuele duurzame hoge temperatuur oplossingen randvoorwaardelijk is voor het slagen van de transitie naar all-electric verwarmen van de bestaande bouw, zal Vattenfall medio 2022 het op basis van het uit het HIRECOH project ontwikkelde productiemodel van het hoge temperatuur warmtepompsysteem, commercieel in de markt zetten in Nederland.

## Doelstelling en resultaten

### Veldtest

In het projectplan zijn de onderstaande in de aanvraag opgenomen resultaten en aan de veldtest gerelateerde doelstellingen benoemd, waarbij we per doelstelling zullen aangeven of en in hoeverre deze is gerealiseerd:

1. *Het project laat zien of HIRECOH kan voorzien in de warmtebehoefte van de woningen gedurende de koude periode van de winter 2019-2020 in de vorm van een uitgebreide meetrapportage van het ruimteverwarmingsbedrijf van alle systemen in het project en een analyse van deze resultaten*

De installatie van de systemen in de veldtest begon later dan voorzien en duurde in een deel van de woningen langer dan verwacht. Beide voorgaande punten waren niet gerelateerd aan HIRECOH. Dit heeft tot gevolg gehad dat de systemen pas in de winter van 2020-2021 echt zijn beproefd. Gedurende de zeer koude laatste week van februari 2021 heeft het systeem bij buitentemperaturen tot -12 graden volledig naar behoren gefunctioneerd en alle woningen warm gehouden.

2. *Het project laat zien of HIRECOH kan voorzien in de sanitair warm water (SWW) behoefte van de bewoners gedurende de gehele testperiode in de vorm van een uitgebreide meetrapportage van het tapwaterbedrijf van alle systemen in het project, gekwantificeerde gebruikservaring en een analyse van deze resultaten*

Alle systemen zorgden vanaf het moment van inbedrijfstelling voor de productie van sanitair warm water. Hierin zijn geen gebreken gebleken. Dit lag overigens in de lijn der verwachting omdat er voor de productie van SWW gebruik werd gemaakt van een reeds bestaand tapwaterstation gekoppeld aan een naar verhouding grote buffer met een hoge laadtemperatuur.

3. *Het project geeft inzicht of HIRECOH voldoet aan de comfort- en bedienings- vereisten van verwachtingen van de bewoners in de vorm van gekwantificeerde gebruikservaringen van alle deelnemers aan het project en een analyse van deze resultaten*

De meeste bewoners geven aan een toenemend warmtecomfort te ervaren. De verklaring hiervoor is tweeledig: ten eerste is het systeem zeer snel door toepassing van de buffer. Bij warmtevraag wordt de energie-inhoud van de buffer direct ingezet voor ruimte verwarming, er is dus minder vertraging dan bij een cv-ketel. Na het invullen van de piekvraag wordt de buffer weer herladen zonder dat dit ten koste gaat van de warmtelevering aan de woning.

De tweede verklaring voor het toegenomen warmtecomfort is indirect gerelateerd aan het HIRECOH systeem. Bij aanvang van de winter 2020-2021 werden we geconfronteerd met de effecten van wat na analyse bleek, niet goed ingeregelde afgiftesystemen. De regeling van het HIRECOH systeem is zeer robuust maar was niet in staat dit volledig te corrigeren wat resulteerde in een slecht energetisch rendement en een verminderd warmtecomfort. We hebben daarop in elke woning uit de veldtest het afgiftesysteem volledig ingeregeld met statische of thermostatische retourventielen waarna zowel de comfortklachten als de energetische in-efficiency waren verholpen.

Het SWW comfort is door alle pilot deelnemers als verbeterd ervaren met name op het vlak van reactiesnelheid en tapdebit. Ook is het buffervolume voldoende gebleken om altijd SWW te leveren, ook in grotere gezinnen.

De bediening van het systeem door middel van de meegeleverde kamerthermostaat werd vrijwel unaniem als onprettig ervaren. Er wordt een kamerregelaar gebruikt die naadloos is geïntegreerd met de regelaar wat de ontwikkeling van de regellogica vereenvoudigde. De interface van deze thermostaat is echter niet heel gebruiksvriendelijk en wat contra-intuïtief. Gedurende de pilot is er software ontwikkeld die het mogelijk maakt een "gewone" aan-uit thermostaat toe te passen.

De ervaringen met de geluidsbeleving van het warmtepompsysteem zijn wisselend. Op een tweetal gevallen na, wordt er geen hinder ondervonden van de geluidsproductie van het buitendeel. Waarbij een van de klachten opvallend was omdat deze kwam van de burens bij een aan de gevel gemonteerde unit die nog niet elektrisch was aangesloten.

Het binnendeel wordt juist als opvallend stil ervaren ten opzichte van de cv-ketel. Het wegvallen van het ventilatorgeruis van de cv-ketel, maakte de bewoners bewust van het feit dat dit best een prominent geluid is.

Een aantal bewoners heeft aangegeven hinder te ondervinden van de koudeproductie van de warmtepomp. De ventilator van de buitenunit blaast in een aantal gevallen over het terras van de bewoner die deze koude luchtstroom als vervelend ervaren. Dit probleem speelt vanzelfsprekend vooral in de zomerperiode wanneer de warmtepomp in tapwaterbedrijf is en is opgelost door in die periode het systeem nog maar één keer per dag te laden. Het moment van laden zou daarnaast ook nog kunnen worden geregeld op kloktijden.

- 4. Het project geeft inzicht in de energetische efficiency van HIRECOH over de gehele testperiode (SCOP) in de vorm van een uitgebreide meetrapportage van het totaalbedrijf van alle systemen in het project en een analyse van deze resultaten*

In het voorjaar van 2021 is een uitgebreide analyse gemaakt van de meetdata. Hieruit bleek dat ondanks de gedurende het project gemaakte verbeteringen in de regeling en het inregelen van het afgiftesysteem, het elektrisch verbruik ten opzichte van de geleverde warmte, te hoog was. In die zin te hoog dat we niet in alle woningen konden garanderen dat het systeem energiekostenneutraal zou zijn (conform het 'niet meer dan anders' principe en bij de toenmalige tarieven uit het modelcontract). Uit analyse bleek dat dit voornamelijk werd veroorzaakt door een fout in de aansturing van de warmtepomp en een onvoorzien hoog stilstandsverlies van de buffer. De huurders zijn vanzelfsprekend financieel gecompenseerd voor het meerverbruik.

Zowel de aansturing van de warmtepomp als het stilstandsverlies zijn aangepakt en worden in de winter 2021-2022 beproefd. De definitieve resultaten van deze beproeving vallen buiten het project. Toch kunnen we wel al concluderen dat het systeem inmiddels aan de energetische randvoorwaarden voldoet omdat we een onafhankelijke beproeving van het pre-productiesysteem hebben laten uitvoeren door een testinstituut, die dit bevestigt.

- 5. Het project geeft inzicht in de woningvereisten, installatievereisten, installatiecomplexiteit en installatieduur van HIRECOH. In de vorm van evaluatierapportages van alle activiteiten rondom de installatie gedurende het project*

Op al deze punten heeft het project waardevolle inzichten geleverd en zijn er diverse verbeterpunten naar boven gekomen die zijn verwerkt in het pre-productiemodel. Deze vereenvoudigen het installeren en verbeteren het energetisch functioneren van het systeem.

We hebben tevens goed zicht gekregen op alle benodigde materialen en de juiste verwerking daarvan en kunnen dus zeer nauwkeurig bepalen wat er voor elke specifieke woning nodig is.

- 6. Gedurende het project wordt de definitieve systeemconfiguratie bepaald – installatie en sturing – die kan worden gebruikt voor de bepaling van een meetmethode voor HIRECOH als geheel*

Ook dit punt is volledig gerealiseerd. Er is een pre-productie model van zowel de CO<sub>2</sub> warmtepomp als de stratificatiebuffer vervaardigd waarin alle leerpunten uit het project zijn verwerkt.

## Certificering en IP

Naast de veldtest, is het element van certificering en intellectueel eigendom (IP) een belangrijk onderdeel van project.

De volgende certificeringsvereisten zijn van toepassing:

- CE
- WEEE
- Gelijkwaardigheidsverklaring

### CE

Om het product op de Europese markt te mogen brengen, is een CE markering vereist. Gedurende de pilot is er een Europese variant ontwikkeld van het systeem. Deze voldoet aan alle relevante vereisten uit de machinerichtlijn, de low voltage directive en Ecodesign.

### WEEE

Warmtepompen vallen onder de WEEE regelgeving. Hieraan wordt voldaan.

### Gelijkwaardigheidsverklaring

Om te kunnen bepalen wat de invloed is van het hoge temperatuur warmtepompsysteem op het energielabel van de woning, is een gelijkwaardigheidsverklaring gewenst.

Een dergelijke verklaring is bovendien voor Vattenfall belangrijk omdat een gelijkwaardigheidsverklaring een realistisch beeld kan geven van hoe het systeem in de praktijk zal functioneren. Een fictief laboratoriumresultaat is zoals bijvoorbeeld uit Ecodesign komt, heeft hierin minder waarde.

Omdat er binnen de bestaande (EU) regelgeving geen echt geschikte meetmethode is voor een combinatieverwarmingstoestel met een warmtepomp dat hoge temperaturen levert en gebruik maakt van een systeembuffer, is er een separate beproevingsmethode opgesteld ten behoeve van het verkrijgen van de gelijkwaardigheidsverklaring. Deze methode is beoordeeld met en geaccordeerd door Bureau-CRG, verantwoordelijk voor het afgeven van de gelijkwaardigheidsverklaringen.

Het gedurende de pilot ontwikkelde pre-productiemodel is conform deze beproevingsmethode in de 2<sup>e</sup> helft van 2021 door een onafhankelijk Duits testinstituut uitvoerig gemeten. De gemeten data dienen als input bij de aanvraag van de gelijkwaardigheidsverklaring.

### IP

Om het intellectueel eigendom dat is gecreëerd gedurende de ontwikkeling en test van HIRECOH te beschermen, is een Europese patentaanvraag gedaan. De definitieve beoordeling van het Europees Octrooibureau is nog niet ontvangen.

### *De bijdrage van het project aan de doelstellingen van de DEI regeling*

Vanwege het zeer concrete, waardevolle en bruikbare projectresultaat in de vorm van een laagdrempelig duurzaam cv-ketel alternatief, kan worden geconcludeerd dat het project heeft bijgedragen aan de doelstellingen van de DEI regeling.

### *Spin off binnen en buiten de sector*

De grootste spin-off van het project is de doorontwikkeling van het systeem tot een productiemodel. Overige spin-off's zijn ons niet bekend.

### *Publicaties*

Na verschijnen van het persbericht waarin Vattenfall de vercommercialisering van het hoge temperatuur warmtepompsysteem aankondigt:

- [internationaal persbericht](#)

Is door diverse media geschreven en gesproken over het systeem, een kleine opsomming:

- [artikel in de Volkskrant](#)
- [column in de Volkskrant](#)
- [the Times](#)
- [Warmte 365](#).

Vanuit het projectteam zijn geen publicaties vrijgegeven.

**Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.**