

Pilot met waterstof-ready gas-aangedreven warmtepompen voor binnenplaatsing



Openbaar eindrapport

DEI+ project, no. DEI721017
Datum: 30-6-2025

Inhoudsopgave

1	GEGEVENS PROJECT	3
2	UITGANGSPUNTEN EN DOELSTELLING VAN HET PROJECT	4
3	BESCHRIJVING VAN DE GAS AANGEDREVEN WARMTEPOMP	4
4	BEHAALDE RESULTATEN, KNELPUNTEN, DOELGROEP EN PERSPECTIEF VOOR TOEPASSING	5
5	BIJDRAGE VAN HET PROJECT AAN DE DOELSTELLINGEN VAN DE REGELING	7
6	PUBLICATIES OVER HET PROJECT.....	7

1 Gegevens project

Projectnummer:	DEI721017
Projecttitel:	Pilot met waterstof-ready gas-aangedreven warmtepompen voor binnenplaatsing
Penvoerder:	Cooll Sustainable Energy Solutions B.V. Haaksbergerstraat 85 7554 PA Hengelo tel: 053-7890623
Contactpersoon:	Johannes Burger, johannes.burger@cooll.com
Mede-aanvrager:	EnTranCe, Hanzehogeschool (Groningen)
Projectperiode:	1-2-2022 t/m 31-3-2025
Datum van inzending:	30-6-2025

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei, het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, en het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

2 Uitgangspunten en doelstelling van het project

De gas aangedreven warmtepomp van Cooll moet zich in praktijksituaties nog bewijzen als haalbare, betaalbare en duurzame oplossing voor bestaande woningen met hoge temperatuur afgiftesystemen. Het project onderzoekt prestaties, installatiegemak, comfort, gas- en waterstofbesparing, en inpassing in regelgeving en beleid van woningcorporaties. De pilot richt zich op technische uitdagingen (optimalisatie, betrouwbaarheid, H₂-aandrijving, certificering) én niet-technische factoren (gebruikersacceptatie, communicatie, serviceorganisatie). Einddoel is om de bijdrage van Cooll aan de reductie van CO₂-uitstoot in de gebouwde omgeving aan te tonen en opschaalbaar te maken.

Het project heeft de volgende concrete **doelstellingen**:

1. Demonstratie van enkele warmtepompen in een realistische omgeving van corporatiewoningen
2. Ontwikkeling van H₂-aandrijving (TRL5)
3. Demonstratie van H₂ warmtepomp in gesimuleerde omgeving
4. Acceptatie van de toepasbaarheid van de Cooll warmtepomp, onder meer door:
 - a. Communicatie
 - b. Correcte normering

3 Beschrijving van de gas aangedreven warmtepomp

Onderstaand beeld toont plaatsing van de gas aangedreven warmtepomp op een typisch Nederlandse zolder. De eigenschappen van de technologie kunnen als volgt worden samengevat:

- Het betreft een brandstof-aangedreven warmtepomp, die de besparingen van een warmtepomp combineert met het comfort van een HR-ketel
- Werkt op aardgas, biogas, synthetisch gas of (groene!) waterstof
- Bespaart 30-40% op brandstof en CO₂-uitstoot
- Relatief compact, en maakt nauwelijks geluid (heeft geen mechanische compressor)
- Geen buitenunit, in plaats daarvan een dakdoorvoer met lucht inlaat, uitlaat en rookgasafvoer
- Bijzonder geschikt voor bestaande woningen met hoge temperatuur verwarmingssystemen, die moeilijk duurzaam te maken zijn
- Warm tapwater met >30% besparing, in combinatie met warmwaterboiler
- Consumentenprijs (na industrialisatie): € 5000 - € 7500 incl BTW



4 Behaalde resultaten, knelpunten, doelgroep en perspectief voor toepassing

A. Resultaten van de ontwikkeling en demonstratie van warmtepompen in een realistische omgeving van bewoonde (corporatie)woningen:

- De demonstraties hebben bevestigd dat de adsorptiecompressor kerntechnologie betrouwbaar is en goede besparingsresultaten oplevert. Er zijn in het geheel **geen fundamentele gedragsproblemen in de kerntechnologie** waargenomen.
- De resultaten van de **gasbesparing lagen tussen 21% en 32%**, dit in vergelijking met een verwachte gemiddelde gasbesparing van 30%.
 - Hierbij moet worden opgemerkt dat de individuele bedrijfsomstandigheden een grote invloed hebben op de prestaties. Zo kunnen bijvoorbeeld koude winterse omstandigheden of hoge belasting van de warmtepomp de besparing verminderen.
 - Verwacht wordt dat met een verbeterde modulatiestrategie van de warmtepomp de besparingen kunnen worden verhoogd.
 - Nog belangrijker is dat er (buiten dit project) aanzienlijke verbeteringen in de productiekwaliteit van de adsorptiecompressor modules zijn gerealiseerd, die de prestaties met maximaal 5 procent-punt zouden kunnen verbeteren (dus bijvoorbeeld van 30 % naar 35 %). Het bijbehorende verbeteringsproject loopt echter nog.
- De **samenwerking tussen de warmtepomp en de cv-ketel** voor huishoudelijk warm tapwater en voor extra piekload verwarming werkte goed. Slechts één keer reageerde de ketel niet op extra warmtevraag, maar dit was te wijten aan een menselijke fout bij een handmatige override.
- Een **verbeterpunt** voor de modulatieregeling van de warmtepomp is **het verminderen van extra (veelal onnodige) piekload vraag aan de ketel**, bijvoorbeeld door de regeling iets “geduldiger” te laten zijn.
- Er is een **verminderd maximaal vermogen van de warmtepomp waargenomen: 7 kW ipv 10 kW**. De oorzaak hiervan ligt onder andere aan enkele productie onvolkomenheden in de adsorptiecompressor modules die resulteren in een iets lagere warmteoverdracht en adsorptiecapaciteit. Dit is intussen opgelost met genoemde kwaliteitsverbeteringen van de adsorptiecompressor modules. De resultaten van het verbeteringsproject worden binnenkort verwacht.
- Er zijn **enkele praktische problemen in het huidige ontwerp** vastgesteld, die tot een aantal servicebezoeken hebben geleid. Deze kunnen worden onderverdeeld in de volgende onderwerpen:
 1. Corrosieproblemen in het ammoniakcircuit
 2. Aantasting van de (interne) hoge temperatuur pomp
 3. Slechte connector verbindingen
 4. Communicatieproblemen met de thermostaat
 5. Communicatieproblemen van het bewakingssysteem
- Al deze punten worden aangepakt voor het volgende adsorptiewarmtepomp model FP2. Voor de eerste drie punten zal de betrokken leverancier een verbeterde versie van het onderdeel leveren: andere materialen, verbeterd ontwerp, verbeterd kwaliteitssysteem. De laatste twee punten zullen worden opgelost door de volledige implementatie van het OpenTherm-protocol van de thermostaat en door de robuustheid van het bewakingssysteem te vergroten.
- Het is de bedoeling dat de FP2-oplossingen in hardware en software ook (gedeeltelijk) achteraf kunnen worden geïnstalleerd op de huidige FP1-warmtepompen. De eerste FP2-warmtepompen zijn gepland voor het begin van de komende winter, zodat op dat moment ook de huidige FP1-warmtepompen kunnen worden geüpgraded.

Eén van de demonstraties is gedaan in het DreamHûs van The Green Village in Delft. Duurzaam, betaalbaar en comfortabel wonen, dat is het idee achter DreamHûs. Het DreamHûs experiment is een samenwerking tussen WoonFriesland, Bouwgroep Dijkstra Draisma, The Green Village en de Friesland Inwonersraad. Het betaalbaar verduurzamen van bestaande bouw is een van de grootste uitdagingen op de Nederlandse woningmarkt. Daarom zijn er drie replica's van jaren 70 woningen gebouwd met verschillende energie labels.

Bij DreamHûs test Coolt de gasbesparing, het installatiegemak en het comfort van de installatie. De meetresultaten, die via een dataplatform beschikbaar komen, leiden tot verbeterde regelingen.

Daarnaast levert de test input voor het verbeteren van de robuustheid en de interface met de gebruiker en vormt het de basis voor een 100% waterstofpilot.

Voor een impressie van deze installatie kunt u deze video bekijken, deze is op locatie opgenomen: https://www.youtube.com/watch?v=3kJ-_2gcZ4w



B. Resultaten van de ontwikkeling en demonstratie van H₂-warmtepompen in een gesimuleerde omgeving:

- De algemene resultaten van het waterstofproject zijn zeer positief: **er is met succes een duurzame, functionele waterstofgestookte verbrandingseenheid ontwikkeld** met in de handel verkrijgbare componenten, waarbij ook veiligheidskritische verbrandingsparameters van de vlambeveiliging zijn bepaald en experimenteel gevalideerd (bijv. veiligheidstijd tijdens ontsteking, lambda-instellingen).
- **Bovendien is de waterstofverbrandingseenheid met succes geïntegreerd in de Coill-warmtepomp, met als resultaat een duurzame, functionele waterstofgestookte warmtepomp.**
- Ook hier zijn **veiligheidskritische tests experimenteel gevalideerd** (bijv. verstopte afvoer, verlies van gasdruk).
- Een verbeterpunt dat is vastgesteld, is de **lekkage van waterstof in de behuizing van de warmtepomp**. Er is vastgesteld dat enkele componenten aanzienlijke lekkages vertonen. Zonder extra ventilatie van de behuizing van de warmtepomp zal de interne waterstofconcentratie hoger zijn dan 10 % LEL. Dit is onaanvaardbaar.
- Voor de verdere ontwikkeling van een commerciële waterstofwarmtepomp moeten deze componenten volledig **geschikt worden gemaakt voor gebruik met waterstof**, en worden gecertificeerd.
- De **prestatieresultaten van de warmtepomp** tonen een groot potentieel. Er is te zien dat de prestaties van de warmtepomp gevoelig zijn voor de instellingen van de warmtepomp, maar na de eerste optimalisaties vertoont **de waterstofaangedreven warmtepomp al prestaties die dicht bij die van de aardgas-aangedreven warmtepomp liggen**. Verwacht wordt dat zonder de extra ventilatie van de warmtepompbehuizing en met een verbeterd thermisch ontwerp, de prestaties van de warmtepomp verder zullen toenemen en dichterbij die van de aardgas-aangedreven warmtepomp zullen komen.

5 Bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling

De resultaten van het project laten zien dat er met deze warmtepomp een groot perspectief is om de CO₂ uitstoot te reduceren op het gasverbruik voor verwarming van woningen, voor die situaties waarin elektrische warmtepompen niet goed toepasbaar zijn. De demonstratie van de H₂-warmtepomp laat verder zien dat er op termijn zeer efficiënt gebruik kan worden gemaakt van waterstof, wanneer groen waterstof beschikbaar zou komen voor verwarmingstoepassingen in de gebouwde omgeving.

6 Publicaties over het project

Onderstaande publicaties beschrijven de pilots, onder andere in The Green Village:

1. <https://www.thegreenvillage.org/project/cool-adsorptiewarmtepomp/>
2. <https://cool.com/the-green-village/>
3. <https://cool.com/adsorption-heat-pump-berlicum/>

Er zijn een aantal publicaties verschenen over Cooll's warmtepomp die draait op 100% waterstof, wat een wereldprimeur was. Hieronder een overzicht.

1. <https://energeia.nl/gelezen-cooll-zet-nieuwe-stap-met-warmtepomp-op-waterstofgas/>
2. <https://www.ad.nl/enschede/twents-cooll-claimt-wereldprimeur-met-revolutionaire-warmtepomp~af14515d/>
3. <https://www.change.inc/energie/weer-een-wereldprimeur-warmtepomp-op-waterstof-kan-honderdduizenden-slecht-geisoleerde-woningen-vergroenen-41476>
4. <https://www.gawalo.nl/15503/warmtepomp-op-waterstof-waarom-zou-je-dat-doen>
5. <https://www.vakbladwarmtepompen.nl/11398/innovatieve-waterstofwarmtepomp-voor-woningen-massaproductie-in-voorbereiding>
6. <https://www.startgreen.nl/wereldprimeur-cooll-demonstreert-eerste-warmtepomp-op-waterstof-voor-woningverwarming/>