

# Eindrapportage TKI UE project “CCO Pilot”



**TKI Urban Energy project ‘CCO Pilot: Compacte Conversie en Opslag – pilot van een warmtebatterij gekoppeld met een bodembron en zonnecollectoren’.**

**Referentienummer :** 1821201

**Uitvoeringsperiode van het onderzoek:** 1-10-2019 tot 30-09-2021

**Openbaar eindrapport**

**Versie:** Definitief

**Datum:** 22 December 2021

**Auteurs:**

RTB De Beijer  
TNO

H. de Beijer, T. Rutten  
Ruud Cuypers, Palak Gupta, Arie Kalkman

## MANAGEMENT SUMMARY

In dit project is voor het eerst een integraal compact thermochemisch warmteopslagsysteem gerealiseerd op de manier zoals dat ook in de praktijk door een installateur zou worden gedaan. Dat wil zeggen dat uitsluitend gangbare technieken worden toegepast zoals ook door de woningbouwinstallateur worden toegepast, en dat de warmte wordt geleverd aan een gebruiker in een woning.

De thermochemische module is geleverd door RBT de Beijer. Een thermochemische batterij is gemonteerd op een skid en voorzien van appendages en regelkleppen, zodanig dat deze plug-en-play kan worden toegepast. De skid is door TNO geïntegreerd in een totaalconcept waarbij een zonneboiler wordt gebruikt als warmtebron, en een horizontale bodemwarmtewisselaar als verdamper/ condensor bron. Het integrale systeem is gemonteerd in een kleine container en daarna verplaatst naar de demolocatie. Daar is de installatie aangesloten op een woning en vervolgens gemonitord.


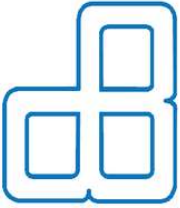
Uit de metingen blijkt dat het mogelijk is om de warmtebatterij te laden met een zonnecollector. Ook blijkt het mogelijk om de warmte te ontladen en over te dragen op de warm waterbuffer. Hiermee is de thermochemische batterij “gedemonstreerd in een relevante omgeving” (TRL 6). Op basis van de meetdata zijn de volgende conclusies worden getrokken:

1) Laden met een zonnecollector: laden met een zonnecollector is mogelijk. Het ontwerp van het systeem en de regeling dienen echter nog verder geoptimaliseerd te worden.

2) gebruik horizontale bodemwarmtewisselaar als bron. De gemeten temperaturen in de bodemwarmtewisselaar (ca. 17 °C) komen goed overeen met de berekende ontwerpwaarden. Door deze relatief hoge brontemperatuur gaat het laden van de warmtebatterij echter langzamer dan beoogd. In de definitieve toepassing dient een herafweging te worden gemaakt tussen een horizontale en een verticale bodemwarmtewisselaar als bron voor dit systeem.

Samenvattend heeft de praktijkdemonstratie voor een aantal belangrijke leerpunten geleid. Het systeem moet compacter en met minder leidingverliezen worden ontworpen om te zorgen dat er sneller een hogere temperatuur wordt bereikt en er sneller en efficiënter kan worden geladen. Bij het definitieve systeemontwerp moet daarom de toepassing van een horizontale bodemwarmtewisselaar worden heroverwogen. Een verticale bodemwarmtewisselaar leidt tot een lagere en stabielere condensatietemperatuur, maar hogere systeemkosten.

De demonstratieopstelling is getoond en besproken met een gebruikersgroep, bestaande uit particuliere woningeigenaren, woningcorporaties, ketenpartners en investeerders. De feed-back uit deze groep wordt meegenomen in de verdere ontwikkeling en marktintroductie van het systeem.

Naam deelnemer	Rol in project
<p data-bbox="201 259 264 286"><b>TNO</b></p> 	<p data-bbox="655 259 1219 286">Penvoerder, R&amp;D, systeemengineering, testen</p>
<p data-bbox="201 537 491 564"><b>De Beijer RTB B.V.</b></p> 	<p data-bbox="655 537 1241 564">Ontwikkeling en levering warmtebatterij op skid</p>

Dit project is mede-gefinancierd door TKI-Energie uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie voor Economische Zaken en Klimaat.

## INHOUDSOPGAVE

1. Aanleiding, doelstelling en resultaat.....	5
1.1. Aanleiding en state-of-the-art .....	5
1.2 Doelstelling .....	6
1.3 Resultaat .....	7
2. Inhoudelijk eindrapport .....	8
2.1 Werkwijze .....	8
2.2 Resultaten .....	8
2.2.1 Systeem bouw.....	8
2.2.2 Ontwerp bodemwarmtewisselaar .....	9
2.2.3 Integratie van het systeem met de woning .....	11
2.3 Demonstratie .....	13
2.4 Mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten.....	14
3. Klankbordgroep.....	15
4. Discussie, conclusie en aanbevelingen .....	18
4.1 Discussie.....	18
4.2 Conclusie .....	18
4.3 Aanbevelingen .....	18

# 1. Aanleiding, doelstelling en resultaat

## 1.1. Aanleiding en state-of-the-art

Er is een sterk groeiende behoefte aan flexibiliteit in het energiesysteem, veroorzaakt door o.a. natuurlijke fluctuaties van hernieuwbare energie. De inzet van compacte warmteopslag biedt de gewenste flexibiliteit en faciliteert daarmee verdere groei van duurzame warmte. Voor zonnearmteopslag ( $T > 80^{\circ}\text{C}$ ) zijn verschillende systemen beschikbaar van compacte seizoensopslag met thermochemische materialen (TCMs) in relevante testomgeving. Pilots onder werkelijke operationele condities (TRL6) ontbraken tot nu toe.

RTB en TNO hebben daarom besloten gezamenlijk op basis van de opgedane kennis in het verleden de functionaliteit en het gedrag van een thermochemische warmtebatterij te analyseren in connectie met echte collectoren en een echte bodembron als lage temperatuurbron, en zo de stand der techniek naar TRL6 te brengen. Deze stap zal de industrie overtuigen van de werking van warmteopslagtechnologie op basis van zouthydraten in een relevante omgeving. De probleemstelling is dus specifiek:

“Hoe is een thermochemisch warmtebatterijsysteem efficiënt te bedrijven met inachtneming van het gedrag van een bodembron en zonnecollectoren?”

Uitdagingen zijn hierbij de systeemintegratie van warmtebatterij, collectoren en bodembron, het gedrag van de collectoren en bodembron in de tijd en hun invloed op laden/ontladen van de warmtebatterij, de cycleerbaarheid en bijbehorende balans/onbalans van de lage-temperatuurbron in combinatie met de warmtebatterij, afstemming van vermogens en temperaturen in de tijd, en het vinden van laad- en ontlad strategieën die de gewenste resultaten (efficiëntie in kosten en energie) teweeg brengen.



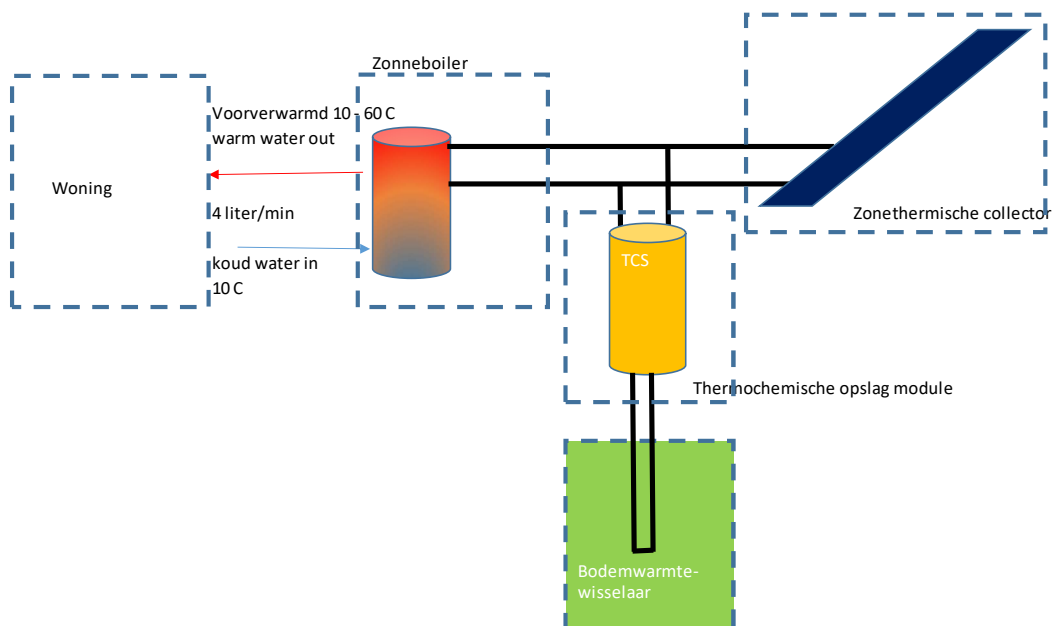
*Figuur 1: Skid met twee modules, in aanbouw bij RTB de Beijer in Duiven. De skid bevat één testmodule en één reservemodule.*

## 1.2 Doelstelling

Overeenkomstig met de TKI roadmap CCO (2016) is het lange termijn doel om de warmtebatterij te realiseren. CCO-DEMO bouwt voort op voorgaande projecten op het gebied van thermochemische opslag met zouthydraten en zet een verdere stap naar demonstratie daarvan door koppeling van een bestaande warmtebatterij-module met een bodembron en zonnecollectoren in een testwoning. Het project onderzoekt het gedrag van het beoogde systeem onder werkelijke operationele condities en brengt de technologie daarmee in één keer van TRL5 naar TRL6. Hierbij wordt de specifieke doelstelling van de programmalijn nagestreefd om met compacte opslag een fluctuerend warmte-aanbod geleverd door bijvoorbeeld collectoren te koppelen met een fluctuerende warmtevraag en het systeem te flexibiliseren.

### 1.3 Resultaat

Vanwege de genoemde uitdagingen (bv. systeemintegratie, invloed bodembron en collectoren op laden/ontladen, cycleerbaarheid) is specifiek gekozen om niet het gehele systeem opnieuw aan te pakken en opnieuw veel tijd kwijt te zijn aan R&D op het gebied van actieve thermochemische materialen, warmtewisselaars, reactoren en het opzetten van systemen. In het CCO-Pilot project is juist uitgegaan van de resultaten als verkregen in de voorgaande genoemde projecten, theoretisch, maar zeker ook praktisch zoals de MERITS modules en kennis van cyclering. In CCO-Pilot wordt slechts één systeemcomponent toegevoegd, namelijk de bodembron. Hiermee is voor de eerste keer ooit een integraal Thermochemisch warmteopslagsysteem gedemonstreerd onder praktijkcondities.



*Figuur 2: Blokdigram van het gerealiseerde integraal Thermochemisch warmteopslagsysteem, met zonnecollector, bodemwarmtewisselaar, boiler en woning.*

## 2. Inhoudelijk eindrapport

### 2.1 Werkwijze

Dit project beoogt om voor het eerst een integraal compact thermochemisch warmteopslagsysteem te realiseren op de manier zoals dat ook in de praktijk door een installateur zou worden gedaan. Dat wil zeggen dat uitsluitend gangbare technieken worden toegepast zoals ook door de woningbouwinstallateur worden toegepast, en dat de warmte wordt geleverd aan een gebruiker in een woning.

De thermochemische module is geleverd door RTB de Beijer. Een thermochemische batterij is gemonteerd op een skid en voorzien van appendages en regelkleppen, zodanig dat deze plug-en-play kan worden toegepast. De skid is door TNO geïntegreerd in een totaalconcept waarbij een zonneboiler wordt gebruikt als warmtebron, en een horizontale bodemwarmtewisselaar als verdamper/ condensor bron. Het integrale systeem is gemonteerd in een kleine container en daarna verplaatst naar de demolocatie. Daar is de installatie aangesloten op een woning en vervolgens gemonitord.

### 2.2 Resultaten

#### 2.2.1 Systeem bouw

Deze installatie zal worden gebruikt voor de verwarming van douchewater. Dit kan de warmte zijn van zonnecollectoren die de boiler laden of de TCS die de boiler laadt op zonloze dagen. De module en het regelsysteem is geïnstalleerd in een 10' container, en daarna naar de testlocatie getransporteerd.





*Figuur 3: Demosysteem in de container, gereed voor realisatie. Achterin de skid met de twee TCS modules, rechts de zonneboiler nog in de verpakking.*

### 2.2.2 Ontwerp bodemwarmtewisselaar

Een bodemwarmtewisselaar is een installatie van leidingen in de grond om thermische energie uit te wisselen. Grondtemperaturen variëren met locatie, bodem en diepte. Voor de locatie van Almkerk zijn bodemtemperaturen ontleend aan KNMI-gegevens van bodemtemperaturen.

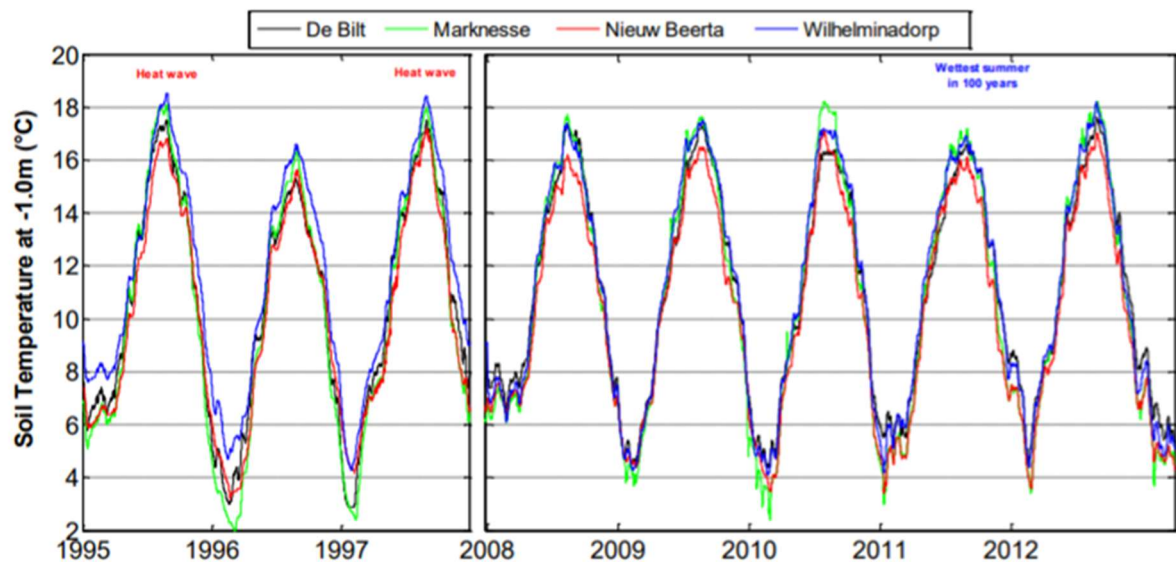


Figure 11 Soil Temperature at -1.0m depth for the four KNMI locations.

Figuur 4: Berekende bodemtemperatuur op 1 m-mv, wisselend gedurende het seizoen.

De temperaturen van de bodem worden weergegeven die overeenkomen met de specifieke diepte in de grond (KNMI, 2015). Deze gegevens worden over het algemeen door ontwerpers gebruikt om te bepalen welk type warmtewisselaar het meest geschikt is om te voldoen aan de verwarmings-/koelingseisen van een gebouw/systeem. Afhankelijk van de diepte van de bodem kan de bodemwarmtewisselaar horizontaal (1-2 meter), diep horizontaal (4-6 meter) en verticaal (>10 meter) zijn. Horizontale warmtewisselaars zijn gevoeliger voor seizoensveranderingen in vergelijking met dieper geïnstalleerde warmtewisselaars die het hele jaar door profiteren van bijna constante bodemtemperaturen. Verticale warmtewisselaars zijn echter duurder vanwege de boorprocedures.

CCO Pilot Project vormt de basis voor verdere techno-economische berekeningen voor de technologie en geeft de voorkeur aan een grondbron die het meest geaccepteerd en goedkoper is, dus de voorkeur van de grondwarmtewisselaar in CCO is een horizontale warmtewisselaar. Een van de resultaten van dit project is om ook te leren hoe succesvol TCS zou werken met een horizontale grondbron en een basis zou vormen voor verdere technische studies en beslissingen over de beste bron van koeling voor E/C.

Temperaturen op 1m diepte zijn dus voldoende om berekeningen te maken over het vermogen en de maatvoering van de bodemwarmtewisselaar voor de Democontainer. De dichtstbijzijnde locatie bij Almkerk van de vier locaties in de bovenstaande grafiek is De Bilt.

De temperatuur varieert van 14°C tot 17°C in de zomer en 4°C tot 9°C in de winter. In de herfst en de lente liggen de temperaturen tussen deze waarden in.

	Horizontal	Diep Horizontal	Verticaal
<b>Diepte (meters)</b>	1-2	4-6	>15
<b>Zomer Temperatuur (°C)</b>	14C - 17C	12-15C	9-11C
<b>Winter Temperatuur (°C)</b>	4-9C	9-10C	9-11C

*Tabel 1: Bodemtemperaturen bij verschillende bodemwarmtewisselaars. Om economische redenen is het systeemontwerp uitgevoerd met een horizontale bodemwisselaar op ca. 1 m diepte. Uit de tabel is te zien dat hier de seizoensschommelingen in de temperatuur sterker zijn, wat een uitdaging is voor het warmteopslagsysteem.*

Er is een bodemwarmtewisselaar geselecteerd (HDPE) met een diameter van 20 mm. De lengte van de bodemwisselaar is 40m. De aanlegdiepte is ca. 1 m.

### 2.2.3 Integratie van het systeem met de woning

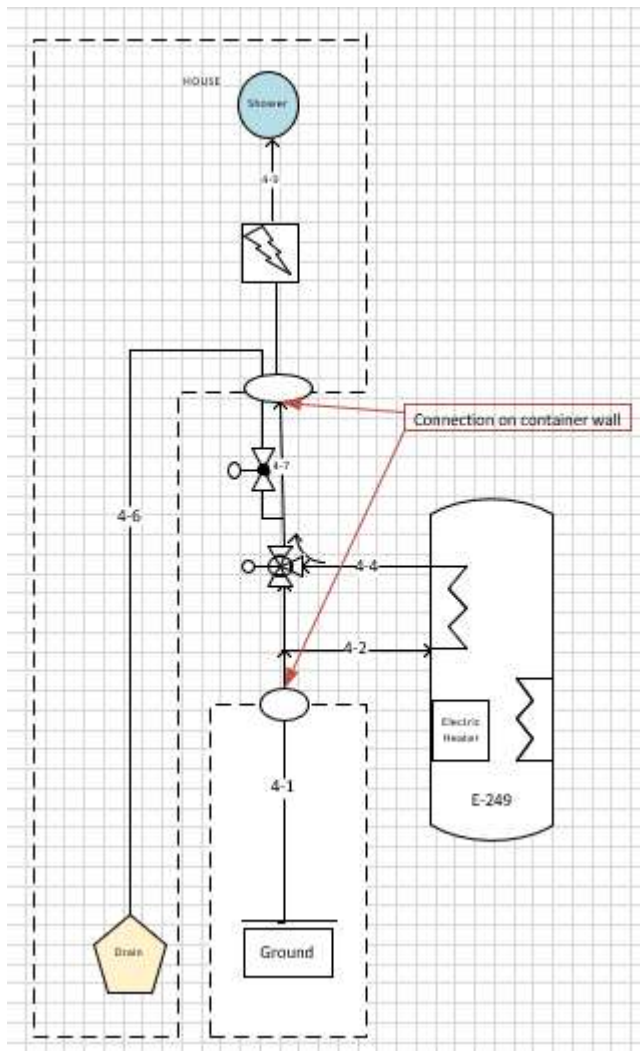
De warmtebatterij is aangesloten op een zgn. "Tiny house" te Campus Almkerk.

De warmtebatterij is samen met de regeltechniek en een 300 liter warmwaterboiler geplaatst in een 10' (3.01 m) container, welke tijdelijk is geplaatst naast het Tiny House ten behoeve van het voorverwarmen van warmtapwater.

De zonnecollector is op het dak van de container geplaatst. Om die reden is de container zuidelijk van de woning geplaatst. De warmte uit de zonnecollector en de warmtebatterij worden geleverd ten behoeve van (voor) verwarming van warm tapwater.

- De koudwaterleiding in de woning die nu naar de douche gaat, is op de container aangesloten
- De warmtewaterleiding is vanaf de container aangesloten op de mengkraan van de douche
- Aansluiting op het riool is gebruikt voor testen.

Zie hiervoor ook het onderstaande schema.



*Figuur 5: aansluitschema van de boiler op de woning*

De woning is een bewoonde wonning van het type 'Tiny House', bewoond door één persoon.

## 2.3 Demonstratie

De container is op de locatie Campus Almkerk geplaatst in Mei 2021. Hierbij is de warmtebatterij-installatie aangesloten op de test-woning, volgens het schema in bovenstaande Figuur 5.



*Figuur 6: Demo woning (Tiny House) op Campus Almkerk, met daarop aangesloten de container met daarin de warmtebatterij installatie. Op het dak van de container staat de thermische zonnecollector.*

De commissioning van de installatie heeft plaats gevonden in Mei-Juni 2021. Vanaf deze datum is het systeem actief. Hierbij wordt op zonnige dagen warmte geladen in de warmtebatterij. Deze wordt ontladen op dagen dat het én bewolkt is én het warmwaterbuffervat leeg is. De monitoring heeft binnen het project gelopen tot aan de einddatum van 1 Oktober 2021.

In de praktijk is na de maand Augustus er niet voldoende zoninstraling geweest om nog significant warmte te laden. Hierdoor is maar beperkt ervaring opgedaan met het laden en ontladen van de warmtebatterij. Betrokken projectpartners beraden zich daarom op de mogelijkheid om de huidige installatie nog enige tijd in stand te houden en verder te gaan met de monitoring.



## 2.4 Mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten

In dit project is voor het eerst aangetoond dat een thermochemische module, geïnstalleerd met standaard componenten uit de woninginstallatietechniek, zonnewarmte langdurig kan worden opgeslagen en op een later moment geleverd aan de woning.

Hiermee is de techniek verder gebracht van TRL 5 naar TRL 6.

Vervolgactiviteiten in technisch opzicht dienen zich te richten op het verbeteren van het systeemontwerp, om laad/ontlaad verliezen te beperken en de batterij sneller te kunnen laden. Vervolgactiviteiten bestaan uit het verder naar de markt brengen van de techniek. TNO en RTB de Beijer werken aan de volgende vervolplannen:

- industrialisatie van het productieproces van de thermochemische modules
- R&D naar het verder verhogen van de opslagdichtheid van het materiaal
- ontwikkelen van technieken voor het opschalen van de productie van thermochemische modules
- ontwikkelen van nieuwe toepassingsgebieden, zoals combinatie van een elektrische warmtepomp met thermochemische warmteopslag.

RTB heeft een nieuwe start-up geïnitieerd 'Ares BV' die zich gaat richten op het op de markt brengen van vast-stof absorptietechnologie.

### 3. Klankbordgroep

Bij het op de markt brengen van nieuwe technologie voor de gebouwde omgeving is het van belang ook de eindgebruikers en ketenpartners te betrekken.

Hiervoor is een semi-permanente klankbordgroep gevormd, bestaande uit:

- particuliere woningeigenaars 'early adopters'
- woningcorporaties
- OEM's
- Ketenpartners: installateurs, conceptaanbieders, toeleveranciers van het actieve materiaal (zout), leveranciers van warmteopwekkingstechnieken (zon, warmtepomp).
- Investeerders
- RVO

Deze klankbordgroep is op twee momenten gedurende de projectuitvoering gecontacteerd:

- 1) In de tweede helft van 2020 is een groot aantal interviews gehouden
- 2) In Oktober 2021 is een mini-symposium met rondleiding langs de warmtebatterij georganiseerd op de demolocatie in Almkerk.

#### 3.1 Interviews

In de tweede helft van 2020 zijn interviews gehouden met verschillende types stakeholders, op basis van een op maat gemaakte presentatie voor elke doelgroep. Een overzicht van de interviews met het belangrijkste resultaat is gegeven in Tabel 2.

Type	Aantal	Belangrijkste feed-back
Particulier	11	Onafhankelijkheid, intrinsieke motivatie voor duurzaamheid.
Woningcorporatie	4	Geïnteresseerd in demo in eigen woning; let op beperkte beschikbaarheid ruimte in woning; let op business case
OEM	5	Allen geïnteresseerd in productie; business case is erg belangrijk
Ketenpartners	8	Business case is belangrijk; exclusiviteit is belangrijk
Investeerders	1	Time-to-market is belangrijk: wanneer is het eerste minimum viable product gereed.

Tabel 2: Overzicht eerste ronde interviews met de gebruikergroep

### 3.2 Minisymposium

Op 15 Oktober 202 is een minisymposium met rondleiding/demonstratie van de warmtebatterij georganiseerd waarvoor grotendeels dezelfde partijen voor zijn uitgenodigd als voor de interviews. Na afloop zijn de bezoekers per mail bevestigd op hun feedback.

aantal seminar uitnodigingen verstuurd:	64
aantal seminar bezoekers:	27
aantal vragenlijsten uitgestuurd:	26
aantal vragenlijsten beantwoord retour:	15

Tabel 3: bezoekers en geïnterviewden minisymposium.

De 27 bezoekers zijn in drie groepen verdeeld op basis van hun achtergrond: particulieren/ early adopters, marktpartijen uit de installatietechniek, en overige. Iedere groep bezocht achtereenvolgens de warmtebatterij opstelling, de presentatie over de warmtebatterij, of nam deel aan een interactieve presentatie over duurzaam bouwen. Na afloop werden vragenlijsten rondgemaild aan de bezoekers. Deze zijn beantwoord door particulieren (8), ketenpartners (6) en investeerders (1).

De particulieren geven de volgende motivatie op om voor een duurzame warmteopslag te willen kiezen:

<i>Mijn woning is 2 jaar oud, dus bij nieuwbouw is dit een logische keuze</i>
<i>Zelf energieadviseur (Energieadvies voor Thuis) + ambitie om woning energieneutraal te maken + veel interesse in nieuwe ontwikkelingen.</i>
<i>Minimaal gebruik aardgas</i>
<i>Alles met het doel minder van fossiele brandstoffen afhankelijk te zijn.</i>
<i>"Om de Planet te redden", als dat niet te groot klinkt. Door de Zon energie/warmte te combineren met warmte uit houtverbranding wordt de CO2 uitstoot gereduceerd op wat de Natuur nodig heeft om in een evenwicht te blijven.</i>
<i>als doel Nederland te laten zien dat een mooi en fijn leefklimaat kan bestaan zonder een CO2 afdruk te hebben. Het doel is zelfs om een CO2 negatieve woning te bouwen.</i>
<i>Energietransitie naar schone energie is belangrijk voor klimaat.</i>

De particulieren zijn ook ondervraagd op hun betalingsbereidheid voor een warmtebatterij:

<i>Afhankelijk van de besparing 5000 €</i>
<i>Dit vind ik een moeilijke vraag. Met slag om de arm: 1000 tot 2000 euro...</i>
<i>EUR 3000</i>
<i>ik ben in de opslag van de hierboven genoemde warmte geïnteresseerd en zou daar rond € 15.000 in willen investeren .</i>
<i>Hangt van de kwaliteit en bruikbaarheid voor CSP in Nederland van het opslagsysteem af.</i>
<i>Een paar duizend Euro, alleen voor de batterij. Ik vermoed dat er een aankoppeling in het huidige vloerverwarming systeem moet nog gebeuren, een zeker een capabele houtkachel hebben.</i>
<i>heb ik op dit moment even geen beeld bij. meerdere duizende euro is wel duidelijk.</i>
<i>ik zou pleiten voor ander verreken mechanisme in energiesysteem, waarbij opslag ter voorkoming of uitstel van netverzwaring een waarde krijgt</i>



De ketenpartners en OEM's zijn bevroegd op hun interesse in betrokkenheid bij doorontwikkeling en marktintroductie, de rol die zij daarin voor zichzelf zien, en belemmeringen die zij verwachten bij marktintroductie. De antwoorden die hierop zijn geven zijn divers, en zullen worden gebruikt bij de verdere ontwikkeling en marktintroductie van de techniek.



*Figuur 7: Impressie van het minisymposium: Presentatie over de warmtebatterij (boven), interactieve sessie over duurzaam bouwen (links onder), en bezoekers bij de rondleiding langs de warmtebatterij (rechts onder).*

## 4. Discussie, conclusie en aanbevelingen

### 4.1 Discussie

Uit de demonstratie blijkt dat het mogelijk is om de warmtebatterij te laden met een zonnecollector. Ook blijkt het mogelijk om de warmte te ontladen en over te dragen op de warm waterbuffer, en hiermee warm tapwater te leveren aan een bewoonde woning. Hiermee is de thermochemische batterij “gedemonstreerd in een relevante omgeving” (TRL 6).

### 4.2 Conclusie

Op basis van de meetdata kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1) Laden met een zonnecollector: laden met een zonnecollector is mogelijk. Uit de data blijkt dat met de huidige dimensionering het ongeveer van 9:00 h in de morgen tot 15:00 h in de middag duurt voor de warmtebatterij de temperatuur van 70 °C bereikt. In het ideale geval wordt een temperatuur van 80 °C gerealiseerd om de batterij maximaal te laden. Tijdens de monitoring periode is deze temperatuur niet bereikt. Dit komt deels door een korte monitoringperiode, deels door een matige zomer met gematigde temperaturen en tijdens de meetperiode weinig zon, en deel doordat de thermische massa van de installatie in één nacht afkoelt van 70 °C naar 32 °C, waardoor de zonnecollector iedere morgen opnieuw eerst het hele systeem moet opwarmen voordat de warmtebatterij geladen kan worden. Een beter systeemontwerp is nodig om deze opwarmings- en afkoelingsverliezen te voorkomen. Door deze verliezen is de effectieve laadduur beperkt tot enkele uren op een geheel zonnige dag. Door de grote opslagcapaciteit van de batterij zijn er veel zonnige dagen nodig om de batterij geheel te laden.

2) gebruik horizontale bodemwarmtewisselaar als bron. De gemeten temperaturen in de bodemwarmtewisselaar (ca. 17 °C) komen goed overeen met de berekende ontwerpwaarden. De evenwichtsdampspanning in de condensor bedraagt bij deze temperaturen ca. 20 mBar. In combinatie met de relatief lage laadtemperatuur tijdens de monitoring (70 °C in plaats van 80 °C) is er een relatief klein dampspanningsverschil tussen absorber en condensor. Hierdoor gaat het laadproces langzamer dan in de ideale laboratoriumsituatie, waar de condensor gebruikelijk op 10 °C wordt gehouden.

### 4.3 Aanbevelingen

De praktijkdemonstratie heeft tot een aantal belangrijke leerpunten geleid. Het systeem moet compacter en met minder leidingverliezen worden ontworpen om te zorgen dat er sneller een hogere temperatuur wordt bereikt en er sneller en efficiënter kan worden geladen. Er is voor toepassing van een horizontale bodemwarmtewisselaar als bron gekozen vanwege de lage kosten. In de praktijk leidt dit echter ook tot een beperking van de laadcapaciteit. Bij het definitieve systeemontwerp moet daarom de toepassing van een horizontale bodemwarmtewisselaar worden

heroverwogen. Een verticale bodemwarmtewisselaar leidt tot een lagere en stabielere condensatietemperatuur, maar hogere systeemkosten.

Het blijkt dat praktijktesten een bijzondere toegevoegde waarde hebben voor de ontwikkeling van nieuwe technologie. Een warmtebatterij die in het lab getest is blijkt in de praktijk, geïntegreerd in een systeem en met actuele zoninstraling als bron, een complexe installatie te zijn.

Er dient meer ervaring met systeemontwerp en systeemtesten te worden opgedaan voor dat de warmtebatterij de markt op kan.