

TNO-rapport**TNO 2015 R11277****TESSEL - Openbaar eindrapport****Technical Sciences**Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Postbus 6012
2600 JA Delftwww.tno.nl

T +31 88 866 22 00

Datum	17 juli 2015
Auteur(s)	Christophe Hoegaerts
Exemplaarnummer	0100289596
Oplage	
Aantal pagina's	19 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, RVO (e-innovatie@rvo.nl)
Projectnaam	Thermal Energy Seasonal Storage Energy neutral Living (TESSEL)
Projectnummer	054.02963

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2015 TNO

Inhoudsopgave

1	Achtergrond	3
2	Inleiding	4
3	Uitgangspunten en doelstelling van het project	5
4	Samenwerkende partijen	6
5	Behaalde resultaten, knelpunten en perspectief voor toepassing.....	7
5.1	Principe en implementatie van verliesvrije opslag.....	7
5.2	Desk studie en modelleerwerk	8
5.3	Prototype CWO module.....	8
5.4	Integratie van de TESSEL CWO module in een huis.....	9
5.5	Total cost of ownership.....	11
5.6	Waardepropositie en business cases.....	11
5.7	Conclusies en aanbevelingen.....	14
6	Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling (duurzame energiehuishouding, versterking van de kennispositie)	16
7	Spin off binnen en buiten de sector	17
8	Overzicht van openbare publicaties.....	18
9	Ondertekening	19

1 Achtergrond

In dit openbare eindrapport worden de uitgangspunten en resultaten beschreven van het project TESSEL.

Papieren exemplaren van dit rapport zijn kosteloos aan te vragen bij:

TNO

T.a.v. Secretariaat Process and Instrumentation Development

Postbus 6012

2600 JA Delft

O.v.v. TNO rapport nummer TNO 2015 R11277

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met

TNO

Huub Keizers

Program Manager Energy Built Environment

E-mail: huub.keizers@tno.nl

Mobile: +316 23 90 01 98

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, voor het TKI EnerGO uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

2 Inleiding

Voor de realisatie van energie-neutrale nieuwbouw is de inzet van duurzame energie bronnen en veelal een vorm van warmte/koude opslag noodzakelijk. In de meeste situaties wordt hierbij gebruik gemaakt van warmte-koude opslag (WKO) in de bodem. Echter WKO blijkt lang niet altijd mogelijk of wenselijk te zijn. Een aantal belemmeringen om WKO toe te passen:

- Relatief dure oplossing: de grootste investeringspost van de gehele installatie is het slaan van de bron.
- Geschiktheid bodem: de bodem is niet overal geschikt om WKO toe te passen.
- Interactie bronnen: indien in de directe omgeving al WKO wordt toegepast, dan kan er geen bron direct naast geboord worden.
- Regelgeving: op een aantal plaatsen in Nederland mag niet dieper dan één meter geboord worden in de ondergrond omdat het een aardbouwkundig monument is. De bodemlaag mag niet verstoord worden.

Om toch overal in Nederland (en Europa) energie-neutraal te kunnen bouwen is er dus behoefte aan een alternatieve vorm van warmte-koude opslag. Er is in eerste instantie een alternatief nodig voor WKO, maar een zeker zo grote markt is er ook voor de kortstondige opslag van warmte/koude voor maximaal een aantal dagen. Beide soorten opslag vragen om een nieuwe zeer compacte manier van warmte/koude opslag waarbij niet geboord hoeft te worden in de bodem. Belangrijke bijkomende randvoorwaarden zijn uiteraard kosteneffectiviteit en technische en bouwkundige inpasbaarheid.

Enkele concrete voorbeelden ter illustratie van de problematiek zijn:

- Bij steeds meer nieuwbouwprojecten doet het probleem van interactie van bodemsystemen zich al voor. Voorbeelden zijn nieuwbouw projecten in Rotterdam en de Zuid-as van Amsterdam. Direct naast bestaande bronnen, mag geen nieuwe bron meer geboord worden om interactie-effecten te vermijden. Gezamenlijk gebruik van de bestaande bron blijkt in de praktijk nauwelijks voor te komen en lastig te regelen te zijn.
- Texel is ontstaan op een keileembult tijdens de laatste ijstijd. Dit heeft er toe geleid dat het meest bebouwde deel van het eiland is aangemerkt als een aardbouwkundig monument. Het gevolg is dat er niet dieper dan 1 meter diep in de bodem beroerd mag worden. Technologieën als WKO zijn vergunningplichtig. Het verkrijgen van vergunningen of ontheffingen is een moeizaam traject. Texel is echter ook een gemeente met ambitieuze energiedoelstellingen. Texel energie neutraal is een doelstelling die in alle nieuwbouw projecten als uitgangspunt wordt gehanteerd. Deze doelstelling is nauwelijks realiseerbaar als WKO niet toegepast mag worden. Er is dus dringend behoefte aan een compacte manier om warmte gedurende een seizoen op te kunnen slaan zonder dat hiervoor in de bodem geboord hoeft te worden. TESSEL biedt hiervoor een oplossing.

3 Uitgangspunten en doelstelling van het project

De doelstelling van de samenwerkende partijen is om binnen de projectperiode te komen tot de ontwikkeling van een compact seizoensopslag systeem voor nieuwbouw woningen, dat kan concurreren met de huidige WKO systemen.

- Seizoensopslag voor nieuwbouw woningen.
- Gebaseerd op thermochemische opslag principe (eerste generatie is gebaseerd op silica gel –water).
- Opslag van laagwaardige warmte is mogelijk.
- Opslag wordt ingezet voor lage temperatuur verwarming van woningen.
- Regeneratie warmtebron kan zowel zonnewarmte als restwarmte zijn.
- Kosteneffectief.

Het opslagsysteem wordt modulair opgebouwd zodat relatief eenvoudig verschillende capaciteiten geïnstalleerd kunnen worden. Of de modules ook als standalone units ingezet moeten kunnen worden, wordt bij de opstart van het project bepaald op basis van kosten, robuustheid en produceerbaarheid.

In dit project wordt de eerste generatie compacte opslag ontwikkeld en beproefd op labschaal.

4 Samenwerkende partijen

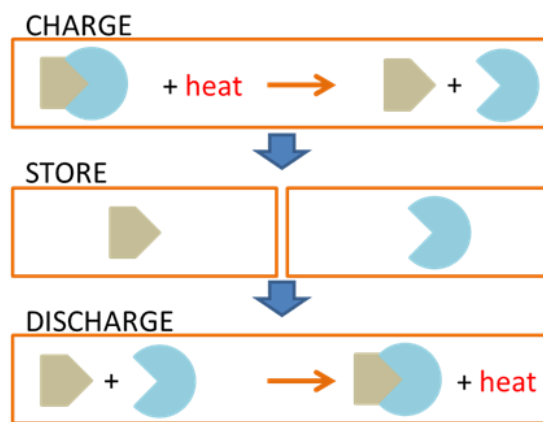
Partijen uit de gehele waardeketen zijn vanaf het begin tot het eind betrokken geweest bij de definitie, onderzoek en productontwikkeling van het compacte energie seizoensopslagsysteem. De kernkwaliteiten van de consortiumpartners zijn grotendeels complementair:

TNO (pervoerder)	Onderzoek en technologie- en systeemontwikkeling
De Beijer RTB	Product en systeemontwikkeling
Hencon Holding bv	Het opzetten van de productie en succesvol in de markt zetten van innovatieve producten
TexelEnergie	Het opzetten en in de markt zetten van nieuwe business concepten zoals coöperatieve ESCo's, en exploiteren van duurzame energie systemen. Testen innovatieve technologie op Texel. Ca. 3000 potentiële eindgebruikers in klantenbestand
KoppenVastgoed	Trendsettende projectontwikkeling en advisering op het gebied van nieuwe concepten voor comfortabele energie-efficiënte gebouwen

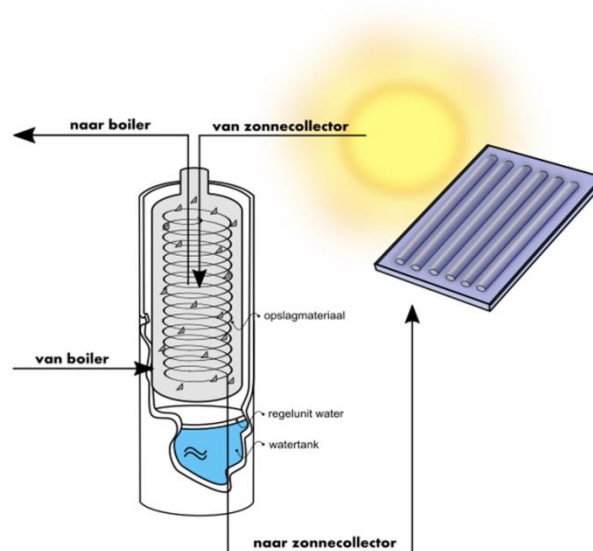
5 Behaalde resultaten, knelpunten en perspectief voor toepassing

5.1 Principe en implementatie van verliesvrije opslag

Het principe van verliesvrije warmteopslag in de TESSEL Compacte Warmte Opslag (CWO) is de hydratatie / dehydratatie van een actieve stof waarbij warmte vrijkomt / wordt opgeslagen. In het geval van TESSEL is gekozen voor het stofpaar silicagel – water. Dit proces is schematisch weergegeven in Figuur 1. De implementatie van dit opslagprincipe in een CWO module is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 1. Verliesvrije warmteopslag in 3 stappen: 1. Opladen (Charge): $\text{Silicagel} \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{heat} \rightarrow \text{silicagel} + x\text{H}_2\text{O}$, 2. Verliesvrije opslag (Store): Silicagel en H_2O worden apart opgeslagen, 3. Ontladen (Discharge): $\text{silicagel} + x\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Silicagel} \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{heat}$



Figuur 2. Bij het laden wordt warmte van bijvoorbeeld een thermische zonnecollector via een warmtewisselaar aan het silicagel toegevoegd. Het silicagel droogt en het water uit het

silicagel wordt onderin de module opgevangen. Middels een klep (regelunit water) worden gedroogde silicagel en water apart en opgeslagen, wat resulteert in verliesvrije opslag. Bij het ontladen wordt de klep open gezet en de silicagel met het water bevochtigd. De vrijgekomen warmte wordt via de warmtewisselaar afgevoerd naar het verwarmingssysteem.

5.2 Desk studie en modelleerwerk

In een uitgebreide studie heeft TNO verbeteringen voor het ontwerp van een CWO module voorgesteld. Daarnaast zijn verscheidene modellen gemaakt van de module. De volgende resultaten zijn behaald:

- Er is een algoritme voor het berekenen van de warmtebalans in een eengezinswoning ontwikkeld, inclusief slimme regelsystemen.
- Er is een model ontwikkeld voor het berekenen van warmte en vochttransport in de silicagel.
- Er is een concept van een geïntegreerde verdamper/condensor onderzocht. De conclusie is dat dit weliswaar haalbaar is, maar zeer complex.
- De haalbaarheid van een membraancontactor als verdamper/condenser is onderzocht wat veelbelovende resultaten heeft opgeleverd.
- Verbetering van de warmteoverdracht in de silicagel en de contactweerstand met de warmtewisselaar is onderzocht. Hierbij is geconcludeerd dat het toevoegen van materiaal om deze verbeteringen bewerkstelligen de opslagdichtheid drastisch verlaagt.
- Een alternatieve warmtewisselaar is onderzocht.

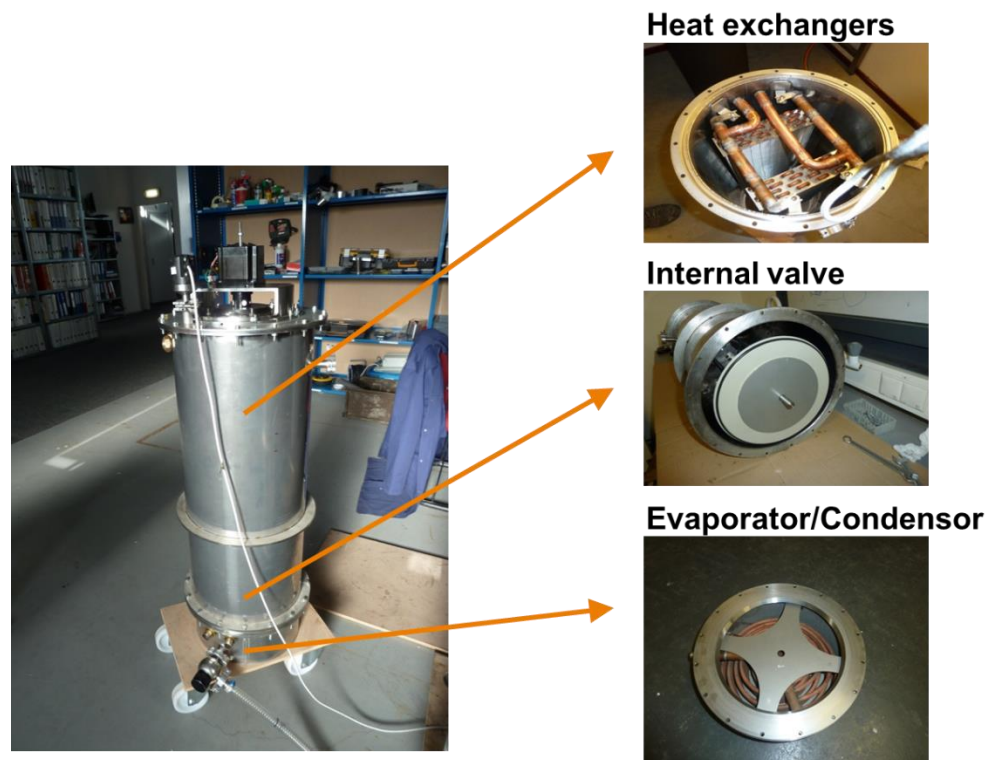
Op basis van de aanbevelingen van deze studie heeft RTB de Beijer een prototype CWO module gebouwd.

5.3 Prototype CWO module

Het prototype van de CWO module bestaat uit een metalen cilinder met

- bovenaan een deel waarin zich warmtewisselaars bevinden in een bed van silicagel,
- onderaan de opslag voor water met een verdamper/condensor en
- daar tussen een klep die beide gedeeltes scheidt

In Figuur 3 staan foto's van het eerste prototype. De performance van dit prototype is door TNO getest. De belangrijkste performance parameters staan in Figuur 4.



Figuur 3. Prototype van de CWO module

PARAMETER	VALUE
Stored energy	2.7-3.8 MJ = 0.038-0.054 GJ/m ³
Average charging efficiency	≈70%*, no storage losses
Delivered power	More than 3 kW
Delivered temperature difference	< 20 °C (in most cases much smaller)
90% charging time	< 10 min @80°C
90% discharging time	≈ 60 min
temperature during heat storage phase	≈ 80°C

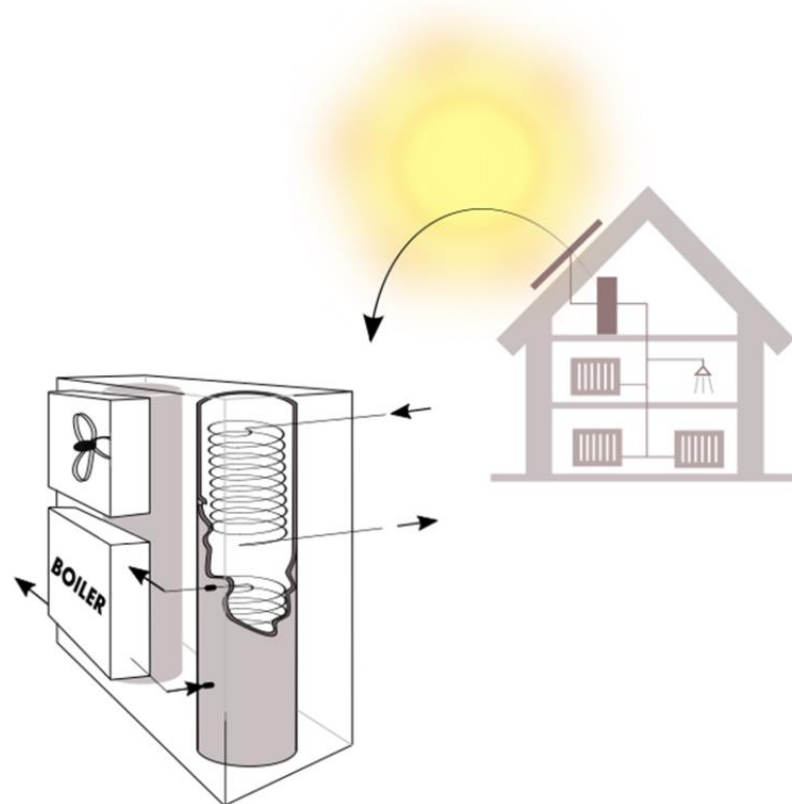
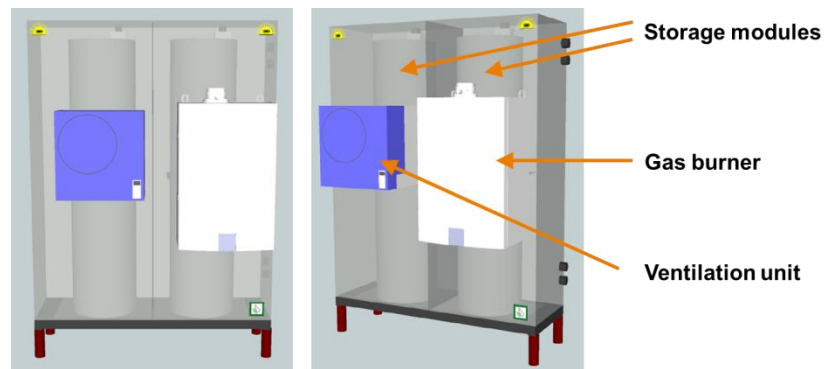
* Neglecting heat loss to environment



Figuur 4. Rechts: de CWO module in de testopstelling; Links: tabel met belangrijkste performance parameters van de CWO module.

5.4 Integratie van de TESSEL CWO module in een huis

Hybride oplossingen, zoals het combineren van de CWO module met bestaande gas/elektrische systemen, bieden de mogelijkheid om het benodigde volume te verlagen terwijl een substantiële energie reductie mogelijk blijft. In Figuur 5 staan 2 concepten om dit te doen.

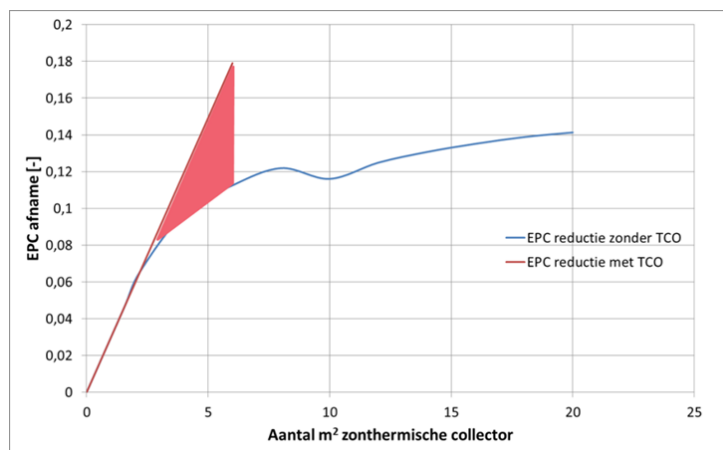


Figuur 5. 2 concepten van integratie van de CWO module met bestaande gas/elektrische systemen.

Uit een EPC berekening van een eengezinswoning met warmteopslag blijkt:

- Energiebesparing en EPC reductie moet op systeemniveau worden bepaald.
- TCO verhoogt de opbrengst van een zonnecollector.
- De bijdrage van TCO aan de EPC bedraagt 0,011 tot 0,013 per GJ opslag.
- Met TCO wordt een duurzame, zelfvoorzienende woning mogelijk die niet op een andere manier gerealiseerd kan worden.

De resultaten deze EPC berekening zijn grafisch vorm gegeven in Figuur 6.



Figuur 6. Resultaten EPC berekening. Bij toenemend aan m^2 collector oppervlak, zal de EPC reductie afvlakken, omdat de extra warmte niet gebruikt kan worden. Als de TESSEL CWO module in combinatie met het zon-thermische systeem wordt gebruikt, kan een veel hogere EPC reductie gerealiseerd worden met veel minder collector oppervlak.

5.5 Total cost of ownership

De total cost of ownership is doorgerekend voor de volgende gebruikscase:

- CWO module gekoppeld aan zon-thermisch systeem.
- $10 m^3$ zon-thermische collectoren leveren 14 GJ,
- in combinatie met een 300 l waterbuffer is voldoende voor de warm tapwater en verwarmingsbehoefte.
- De TESSEL CWO module maakt opslag van zonnepwarmte mogelijk voor gebruik in de winter.

In Figuur 7 staat een overzicht van de total cost of ownership voor een zon-thermisch systeem in combinatie met de TESSEL CWO module in vergelijking met alternatieve technologieën. De TESSEL CWO module heeft – met de huidige inzichten - een aanzienlijk hogere Total Cost of Ownership (TOC), wat een knelpunt voor deze technologie is.

Vergelijking Total Costs of Ownership (aanschaf, onderhoud en verbruik)				
Product	Zonthermisch systeem + opslag	Warmtepomp water / water	Warmtepomp water/lucht	HR Ketel
TOC periode (10-15 jaar)	15			
Aanschaf incl. installatie € 7000,-/GJ	€ 65.000,00	€ 14.250,00	€ 6.900,00	€ 2.090,00
Verbruik gedurende TCO termijn	€ 459,62	€ 3.567,64	€ 4.379,12	€ 4.527,53
Onderhoud	€ 1.855,50	€ 1.855,50	€ 1.855,50	€ 1.855,50
Total Costs of Ownership totaal	€ 67.315,12	€ 19.673,14	€ 13.134,62	€ 8.473,03
Total Costs of Ownership per maand	€ 373,97	€ 109,30	€ 72,97	€ 47,07

Figuur 7. Overzicht met total cost of ownership voor zon-thermisch systeem in combinatie met TESSEL CWO module en alternatieve technologieën.

5.6 Waardepropositie en business cases

Waardepropositie

In onderstaande figuur is aangegeven welke waardeproposities verkend zijn in deze fase van het project.



- Opslag van door de zon opgewekte warmte.
- Gebruik van schoon, algemeen voorkomend, goedkoop en veilig opslagmateriaal
- Afmetingen 1 module is compacte cilinder ca. 30 cm doorsnee, hoogte van 40 tot 180 cm hoogte. De cilinders zijn schakelbaar en eenvoudig te koppelen aan bestaande warmtevoorziening middels waterleidingen.
- Verliesvrije opslag van warmte. Er is geen lekkage van warmte zolang vochtvrij afgesloten.
- Voorverwarming tot 30 graden mogelijk op basis van silica-gel als opslagmateriaal. Aanvullende warmtevoorziening blijft noodzakelijk in bestaande bouw en i.v.m. legionella preventie.
- Via verdamping koelingsmogelijkheid.
- 1 module ~ 1 KWh opgeslagen warmte.

Eindgebruikers

Vanuit de waardepropositie is bekeken welke eindgebruikers voor de TESSEL CWO module in beeld komen:

Klant / eindgebruiker	Persona
Energieneutraal leven	Duurzame Doener (Energised Experimenter) Herman, 53 jaar, 3 studerende kinderen, woont op Texel, heeft bestaande woning energieneutraal gemaakt door o.a. bufferbak zelfstandig uit te graven van 20.000 liter water om warmte in te bufferen opgewekt door houtkachel en PVT panelen.
Duurzame techniek toepassen; early adapters	Wil de nieuwste technieken in huis hebben om uit te testen. Is op de hoogte van laatste ontwikkelingen in duurzame energie opwekkingstechnieken.

Niet aangesloten op gasnetwerk; Afhankelijk van propaantank Zelfvoorzienend op basis van elektriciteit	Wil verlaging van gasverbruik door inzet van andere technieken om warmte op te wekken.
Eigenaren zonnecollector	Wil door zon opgewekte warmte efficiënter inzetten door opslaan en gebruik bij piekmomenten
Aanschaf nieuw warmte- opwekking systeem	Ontzorgde Consument (Caring Consumer) Danielle, 43 jaar, 2 kinderen, gescheiden, gaat verhuizen naar huurwoning, wil energieverbruik terugdringen en dat investeringen zich snel terugverdienen.
Nieuw huis bouwen	Combinatie van energieneutraal leven en aanschaf nieuw systeem
Energielabel sprong	De te realiseren EPC verlaging bepaalt de markt verkoop prijs. Het product moet concurrerend zijn met vergelijkbare maatregelen om een EPC verlaging te realiseren. Met name bij een EPC verlaging van 0,2 naar 0 voegt de TESSEL waarde toe in combinatie met een zonnecollector. Bij hogere EPC waarden zijn isolatiemaatregelen kosten-effectiever en vanuit perspectief systeemverbetering te prefereren.
Woningcorporaties	Woningvoorraad verduurzamen. Investeringen verrekenen middels energieprestatievergoeding aan huurders.
Tijdelijke verblijfsruimte	Caravan, tent, auto, terras, ...
Agrarische bedrijven	Meestal warmteoverschot en veel ruimte beschikbaar.

Marktverkenning

Vanuit de bijdrage die de TESSEL CWO kan leveren aan de EPC reductie in een huishouden is een vertaling te maken naar de marktprijs voor een TESSEL CWO module (verlaging van de EPC met 0,2).

Er logischerwijs van uitgaande dat bij de huidige EPC-eis van 0,40 alle kostentechnisch efficiënte maatregelen al zijn getroffen blijkt dat de volgende stap naar 0,20 relatief eenvoudig bereikt kan worden met bijvoorbeeld een zonnepaneelinstallatie wat circa € 4.000,- excl. BTW kost.

Die EPC-sprong van 0,21 zou met de CWO met zonnecollector ook bereikt kunnen worden. Echter, deze keuzemaatregel is financieel niet interessant aangezien die combinatie meer zal kosten dan de € 4.000,-. Alleen de zonnecollector van 6m² zal al circa € 4.000,- gaan kosten.

Echter, de volgende stap, een EPC van 0,20 naar 0 is een kostbare stap waarbij gedacht moet worden aan warmtepompen met een investering van circa € 10.000 - € 15.000,-.

De kostprijs van de TESSEL CWO zal sterk verminderd moeten worden om tot een marktrijp product te komen dat voor een marktprijs van bijvoorbeeld €6.000,- aangeboden kan worden.

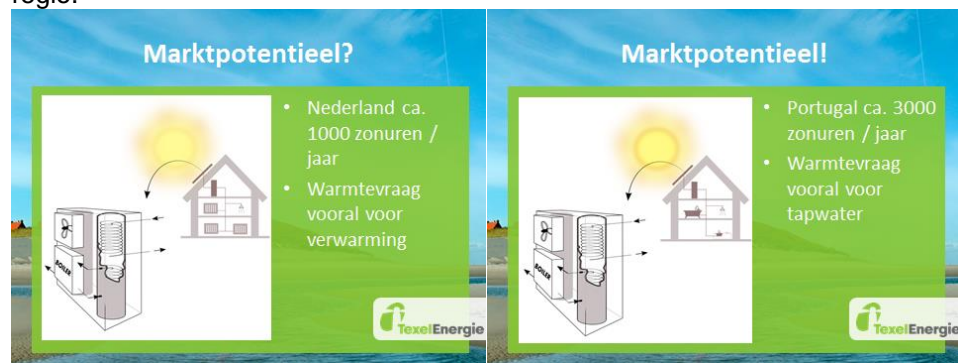
Financiering

Door de voorinvestering weg te nemen door ofwel een koop op afbetaling regeling of uitbreiding hypotheek voor aanschaf van de TESSEL CWO wordt een drempel weggenomen om tot aanschaf over te gaan.

Energieopbrengst en klimaat

- Door het hogere aantal zonuren in de klimaatzone in de Mediterrane regio
- Door het ontbreken van een gasleidingnetwerk en verwarmingsinfrastructuur in huizen
- Door het aanwezig zijn van een gasflessen distributienetwerk
- Door de andere warmtebehoefte; nadruk ligt op beschikbaarheid van warm tapwater en incidentele verwarmingsbehoefte

Verdiens het sterke aanbeveling de TESSEL CWO geschikt te maken voor aansluiting op bestaande zonnecollectors, m.n. die in gebruik in de Mediterrane regio.



5.7 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies:

- Een laboratorium prototype is met succes gebouwd en getest. Verliesvrije opslag is mogelijk gemaakt door de ontwikkeling van een inwendige klep.
- Gebaseerd op het huidige opslagmateriaal (silicagel) is een energiedichtheid vergelijkbaar met water haalbaar.
- Het is de verwachting dat warmtebatterijen met name toegepast zullen gaan worden om de EPC van woningen te verlagen van 0.2 naar 0. Tot aan een EPC van 0.2 zijn warmtebatterijen geen efficiënte oplossing, omdat er goedkopere alternatieven zijn om dit te bereiken.
- Om te concurreren moeten de kosten van een opslagsysteem van dezelfde orde als bijvoorbeeld een warmtepompsysteem zijn, dus ongeveer €15.000,-
- Lease constructies zijn aan te bevelen voor integrale warmteopslagsystemen om hindernissen van financiering weg te nemen. Monitoring van en feedback naar de gebruikers spelen een cruciale rol, aangezien hun primaire motivatie is om het aandeel van duurzame energie te vergroten.
- De markt heeft inmiddels interesse getoond om een commerciële versie van de warmtebatterij te kopen.

Aanbevelingen:

- Het verhogen van de energiedichtheid tot 6-10 keer die van water is alleen mogelijk door het vervangen van het huidige opslagmateriaal (silicagel) met thermo-chemische materialen.
- Het uitzoeken van de mogelijkheden voor toepassen van de warmtebatterij in andere Europese klimaatzones.
- Hybride oplossingen, zoals het combineren van de warmtebatterij met bestaande gas/elektrische systemen, bieden de mogelijkheid om het benodigde volume te verlagen terwijl een substantiële energie reductie mogelijk blijft.
- In vervolgactiviteiten moet de kostprijs van de warmtebatterij in alle ontwerpbesluiten meegewogen worden.

6 Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling (duurzame energiehuishouding, versterking van de kennispositie)

Versterking kennispositie:

Nationaal en internationaal neemt de interesse in compacte warmteopslag toe. Voorbeelden hiervan zijn recent afgeronde Europese projecten als E-hub, EINSTEIN (realisatie laboratoriumopstellingen thermische opslag in zeoliet); en lopende Europese projecten zoals FP7-MERITS (demonstratie thermochemische opslag in zouten voor woningen) en het Horizon 2020 project CREATE (opschaling gebruik thermochemisch materiaal en verbetering energieopslagdichtheid). Met het project TESSEL (demonstratie thermochemische opslag in silica voor woningen) is een belangrijke tussenstap gezet in de ontwikkeling van compacte warmteopslag door de realisatie van de eerste volledig integrale module waarin verdamer, klep en warmte-opslagmateriaal met warmtewisselaar op elkaar afgestemd zijn en waarin reproduceerbaar warmte geladen en ontladen kan worden.

Nederland versterkt met dit project zijn koploperspositie op het gebied van thermochemische opslag.

Bijdrage aan de doelstellingen van de regeling:

Door de toepassing van compacte seizoensopslag wordt het mogelijk om een groter aandeel van de warmtevraag duurzaam in te vullen door het verschil te overbruggen tussen aanbod van warmte en koude en het gebruik hiervan. In de toekomst is dit van belang voor vrijwel alle Europese woningen. Hierdoor wordt het gebruik van fossiele brandstoffen in de gebouwde omgeving terug gedrongen.

Uitgaande van het gegeven dat de compacte opslag tenminste een belangrijke rol kan spelen in de markt van warmtepompen en zonneboilers kan het huidige potentieel in Europa worden ingeschat op meer dan 1 miljoen systemen per jaar, groeiend naar ca. 10 miljoen systemen in 2020, waarin compacte opslag een rol van betekenis zou kunnen spelen. Uitgaande van een referentie ruimteverwarmingsvraag van 150 MJ/m^2 levert dit bij 1 miljoen systemen en 120 m^2 woonoppervlak 180 Peta-Joule aan besparing op. Dit is een reductie van 10 Megaton CO₂ emissie.

7 Spin off binnen en buiten de sector

Als spin-off van de TESSEL CWO is het idee ontstaan om een draagbare versie van een compacte warmteopslag te ontwikkelen; de SolaSola. Een warmteopslag die draagbaar en daardoor transporteerbaar is. Ontlading van warmte wordt mogelijk door een warme luchtstroom die gedurende een aantal uur beschikbaar komt en een ruimte droog en warm maakt. Na gebruik kan de opslag opnieuw worden opgeladen door de energie van de zon. Eindgebruikers zijn diegenen die in een tijdelijke verblijfsruimte verblijven; recreatief (camper, caravan, zeilboot) of uit noodzaak (vluchtelingenkamp). Bedrijven die kampen met warmte als restproduct (energiebedrijf, dataservercentra) kunnen de draagbare warmteopslag inzetten. Dit product is niet alleen in de Nederlandse markt in te zetten maar vooral ook, als export product, in de Europese markt in de regio rondom de Middellandse zee. Een prototype wordt ontwikkeld onder de naam SolaSola.

8 Overzicht van openbare publicaties

Ten behoeve van verdere kennisverspreiding is een publieke presentatie gemaakt die openbaar beschikbaar is, bv. via de projectsite van TKI.

In de eerste helft van 2014 is er een publicatie verschenen in het tijdschrift Gewalo, getiteld: "Zonnewarmte lucratief aanwenden voor verwarming".

9 Ondertekening

Delft, 25 september 2015

Handwritten signature of R.P. van den Berg in black ink.

R.P. van den Berg
Afdelingshoofd

TNO

Handwritten signature of C. Hoegaerts in blue ink.

C. Hoegaerts
Auteur