

COMPACTE WARMTEBATTERIJEN VOOR EEN SUCCESVOLLE ENERGIETRANSITIE

WND conferentie 2018 | Christophe Hoegaerts



ECN

TNO

innovation
for life

INHOUD

- › Over mijzelf en TNO
- › Relevantie van energieopslag
- › State-of-the-art van warmteopslag
- › Technische en commerciële Key Performance Indicators en Unique Selling Points
- › Thermo-chemische warmteopslag - MERITS project
- › Warmteopslag in redoxreacties - SCORES project

OVER MIJZELF EN TNO

CURRICULUM VITAE

- › Ir. Christophe Hoegaerts
- › Technische Natuurkunde (TU Delft)
- › Bij TNO sinds 2000
- › Coördinator van 3 grote Europese samenwerkingsprojecten op het gebied van warmte- en energieopslag (MERITS, CREATE, SCORES)

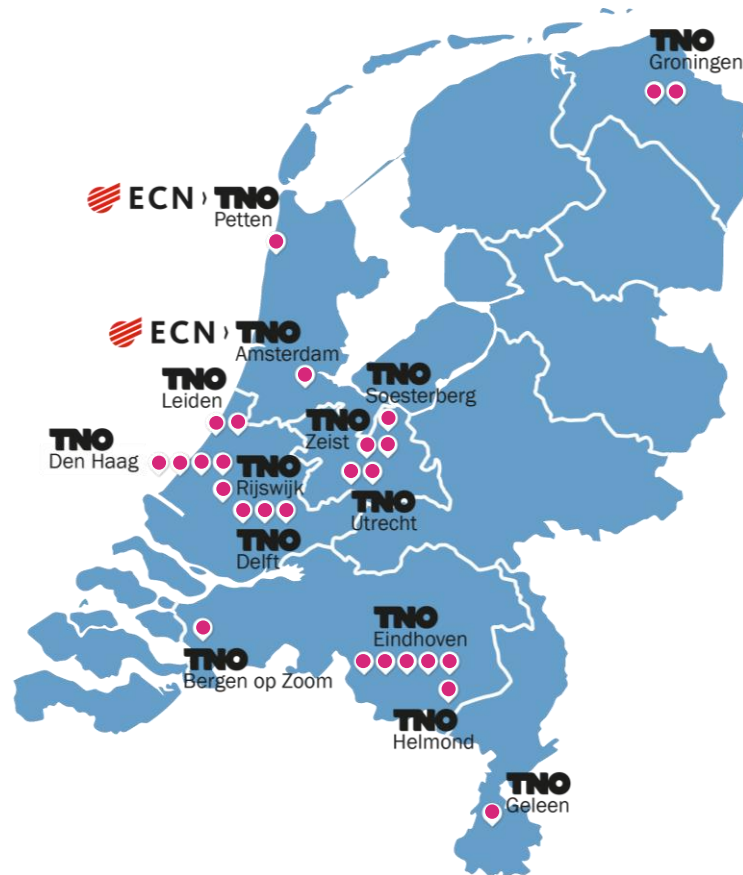
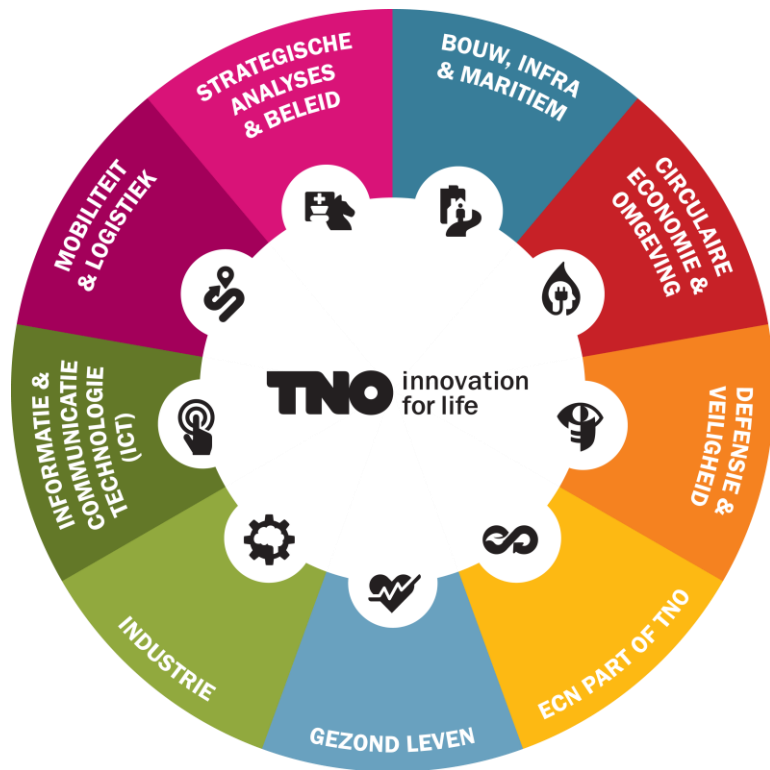


TNO verbindt mensen en kennis om innovaties te creëren die de concurrentiekracht van bedrijven en het welzijn van de samenleving duurzaam versterken.

‘INNOVATION FOR LIFE’



TNO UNITS EN LOCATIES



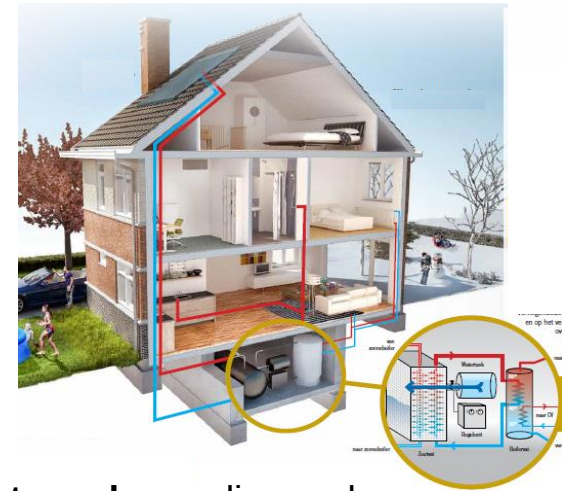
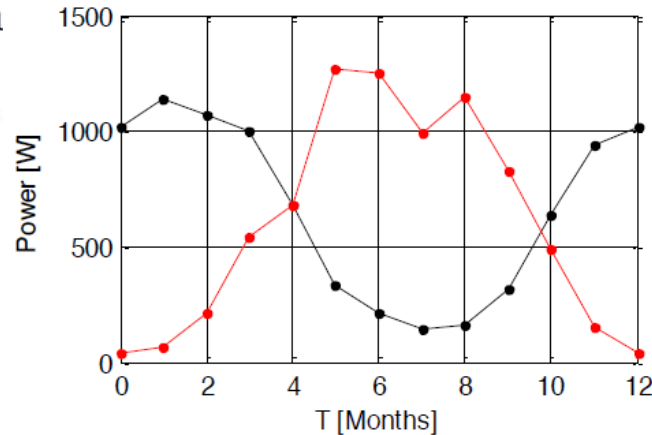
RELEVANTIE VAN ENERGIEOPSLAG

VOLLEDIG ENERGIE-NEUTRALE GEBOUWDE OMGEVING

Kabinet: Nederland in 2050 vrij van aardgas

Energieagenda Het aardgas verdwijnt uit de Nederlandse huishoudens. Er wordt geen nieuwe gasinfrastructuur meer aangelegd en de aansluitplicht wordt geschrapt. Dat staat in de Energieagenda die woensdagochtend is gepresenteerd.

Renée Postma 7 december 2016



Om moderne huizen energieneutraal te maken is **3-4 GJ verliesvrije warmteopslag** nodig om de seizoenen te overbruggen, bovenop andere duurzame energietechnologien, zoals bijvoorbeeld collectoren, warmtepomp en douche-WTW.

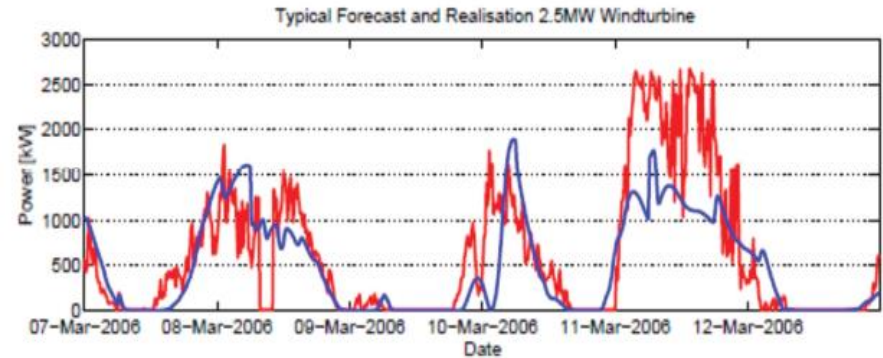
FLEXIBILITEIT VAN HET ENERGIE NETWERK



Fossiele
energieopwekking



Duurzame
energieopwekking



Duurzame energiebronnen zoals wind en zon zijn niet constant en bovendien onvoorspelbaar. Om met een toenemende bijdrage van duurzame energiebronnen om te kunnen gaan, heeft het energienetwerk **behoefte aan flexibiliteit**. Deze kan door energie(warmte)opslag geleverd worden.

TECHNISCHE EN COMMERCIELE KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPI'S), STATE-OF-THE-ART EN UNIQUE SELLING POINTS (USP'S)

GROOTSTE UITDAGINGEN VAN WARMTEOPSLAG

Kosten effectiviteit:

Oplag moet op lange termijn financieel haalbaar



€

Compactheid:

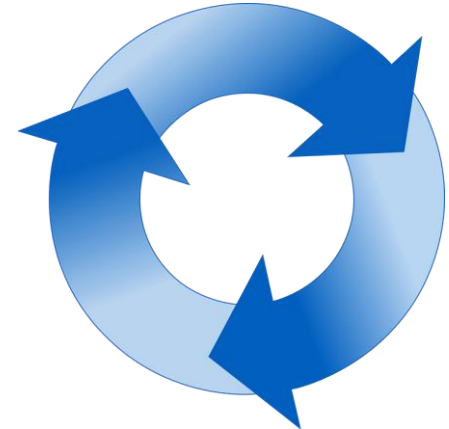
Opslag moet in kelder of berging passen



Q/V

Cycleerbaarheid:

Hoge efficiëntie en lange stabiliteit van cycli



η

ENERGIEDICHTHEID [GJ/M3]

Warmwatervat (0,25GJ/m³)

Faseovergangsmaterialen (0,40GJ/m³)

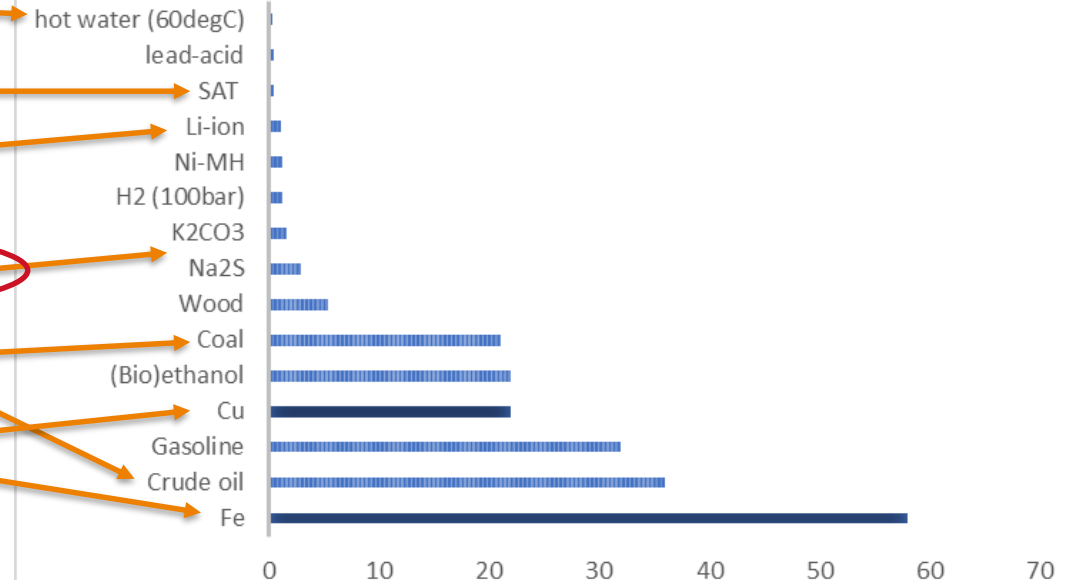
Li-ion (1 GJ/m³)

Thermo-chemische materialen (1-3 GJ/m³)

Fossiele brandstoffen (20-36 GJ/m³)

REDOX reacties (22-58 GJ/m³)

ENERGY DENSITY [GJ/M3]



WARMTEOPSLAG TECHNOLOGIEN



€ Q/V

€ Q/V

€ Q/V

€ Q/V

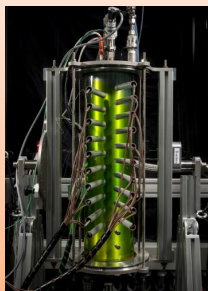
TOEPASSING VAN WARMTEOPSLAG

Technology

Thermo Chemical Heat Storage based on salt hydrates (TCS)



Heat Storage based on Metal reduction / oxidation (REDOX)



Use Case



Decentral heat storage
(single family house)

Central heat storage (apartment / district heating)



Industrial applications
(HT)

VOORBEELD 1: THERMO-CHEMISCHE WARMTEOPSLAG - MERITS PROJECT (MOVIE*)

- › Selectie van geschikte opslagmaterialen,
- › Het ontwerp van de warmtebatterij,
- › Het bouwen van een grote-schaal demonstrator en

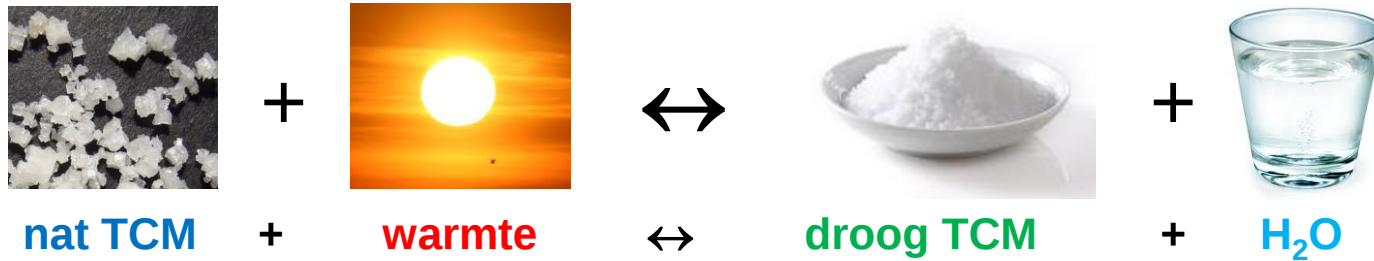
* <https://www.youtube.com/watch?v=poSWhurtK04>

THERMO-CHEMISCHE OPSLAGMATERIALEN

	Voordelen	Nadelen
Adsorption (silicagel, zeoliet, ...)	Stabiel en inert	Lage Q/V, lage temperatuur
Absorption (CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2S , ...)	Hoge Q/V, hoge temperatuur	Corrosie, cycleerbaarheid, stabiliteit
Anders (Metaaloxides, hydrides, oplossingen)	Zeer hoge Q/V, vloeistoffen zijn verpompbaar	Lage TRL, corrosie, hoge temperaturen (en drukken) nodig

THERMO-CHEMISCH WARMTEOPSLAG PRINCIPE

- › Een hygroscopisch zout (thermo-chemisch materiaal) wordt gebruikt om warmte op te slaan:



› **Voordelen:**

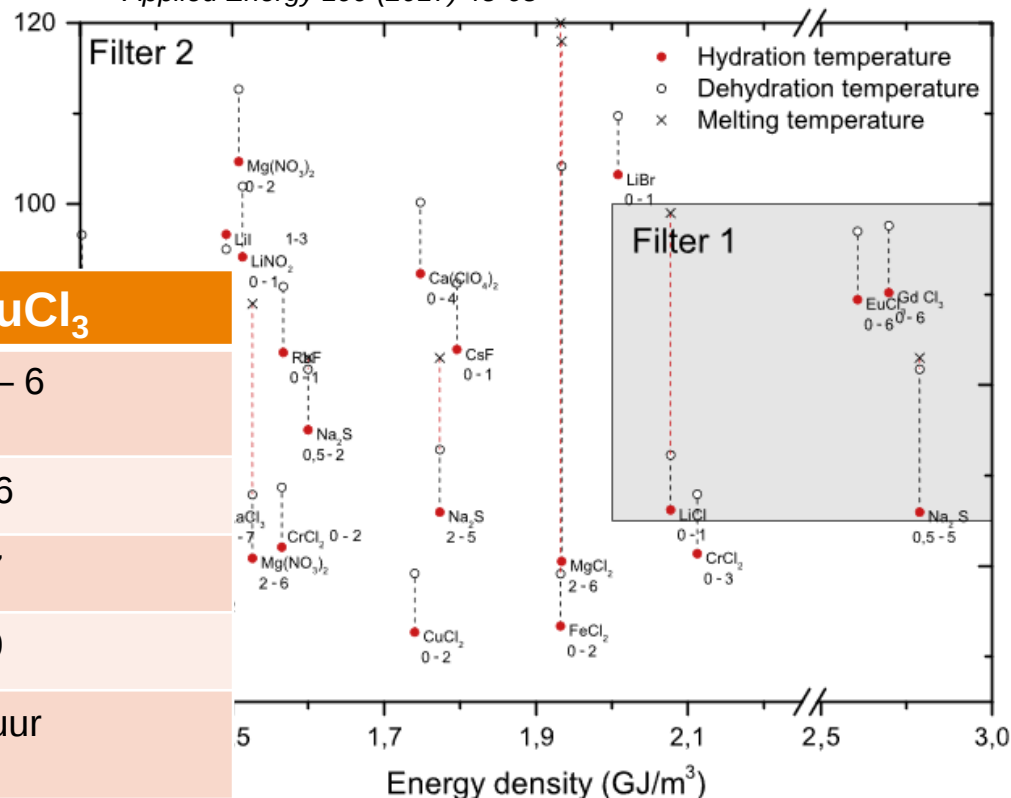
- › Overvloedig en goedkoop voor handen
- › Veel compacter dan opslag in water
- › Opslag is in principe verliesvrij



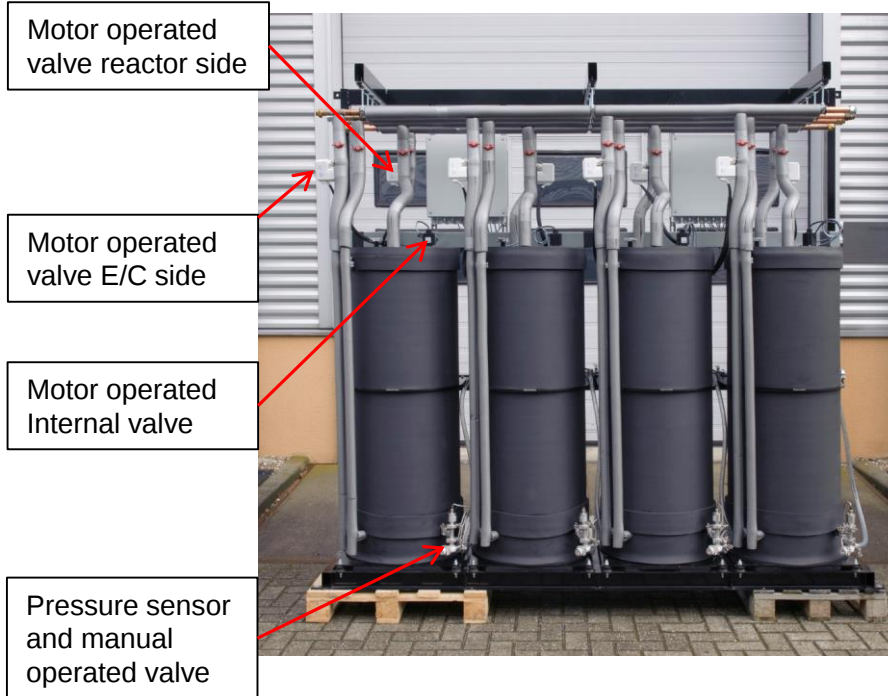
SELECTIE VAN GESCHIKTE OPSLAGMATERIALEN

	Na ₂ S	GdCl ₃	EuCl ₃
Hydratie-toestanden	0.5 – 2 – 5	0 – 6	0 – 6
Q/V [GJ/m ³]	2,9	2,7	2,6
T _{laad} [°C]	82	98	97
T _{ontlaad} [°C]	66	90	89
Opmerking	veiligheid, kosten: 0,5 €/MJ	Zeldzaam en duur	

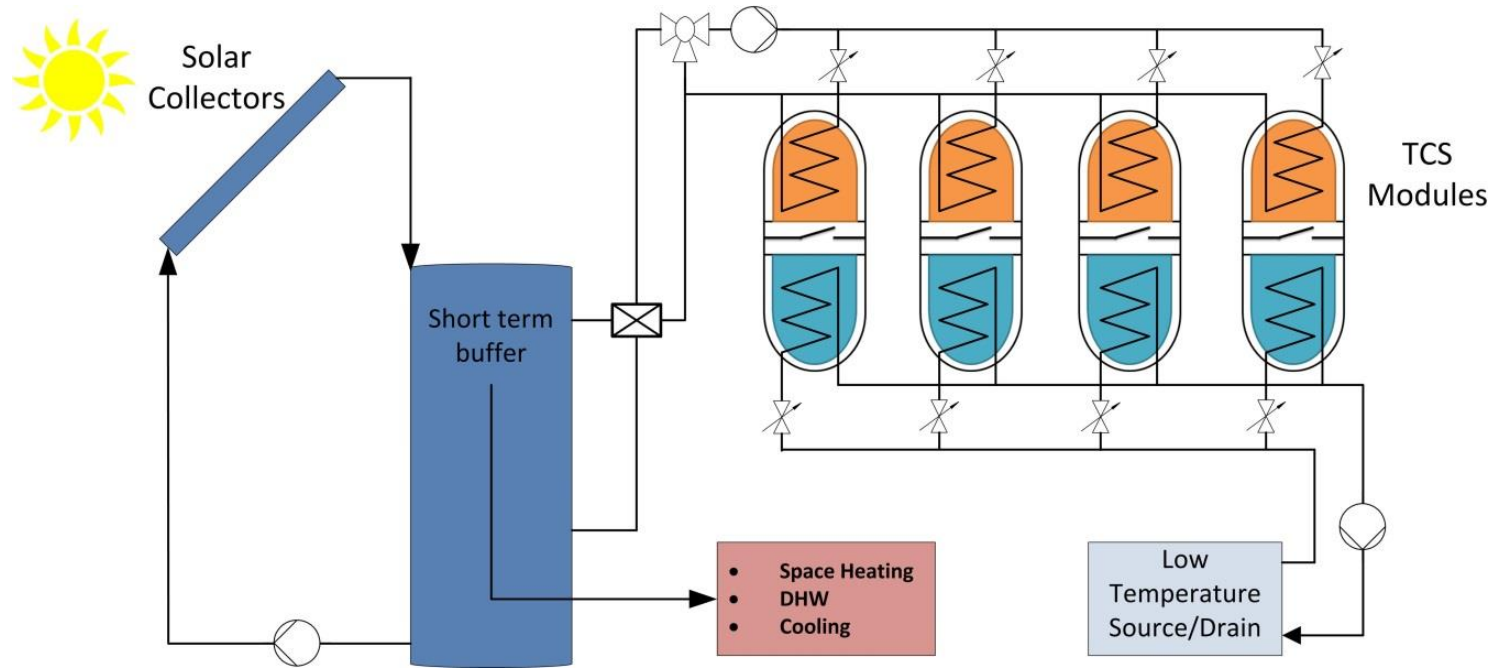
Source P.A.J. Donkers et al,
Applied Energy 199 (2017) 45-68



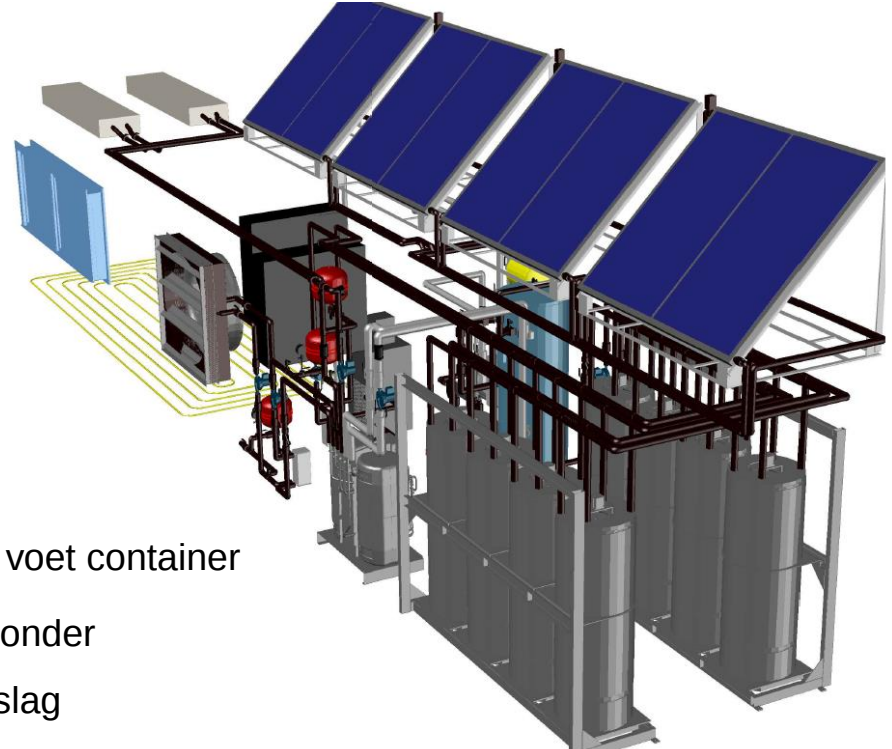
THERMO-CHEMISCHE WARMTEOPSLAG (2/2)



MERITS OPSLAGSYSTEEM EN COMPONENTEN



MERITS DEMONSTRATOR



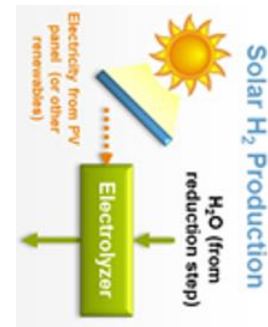
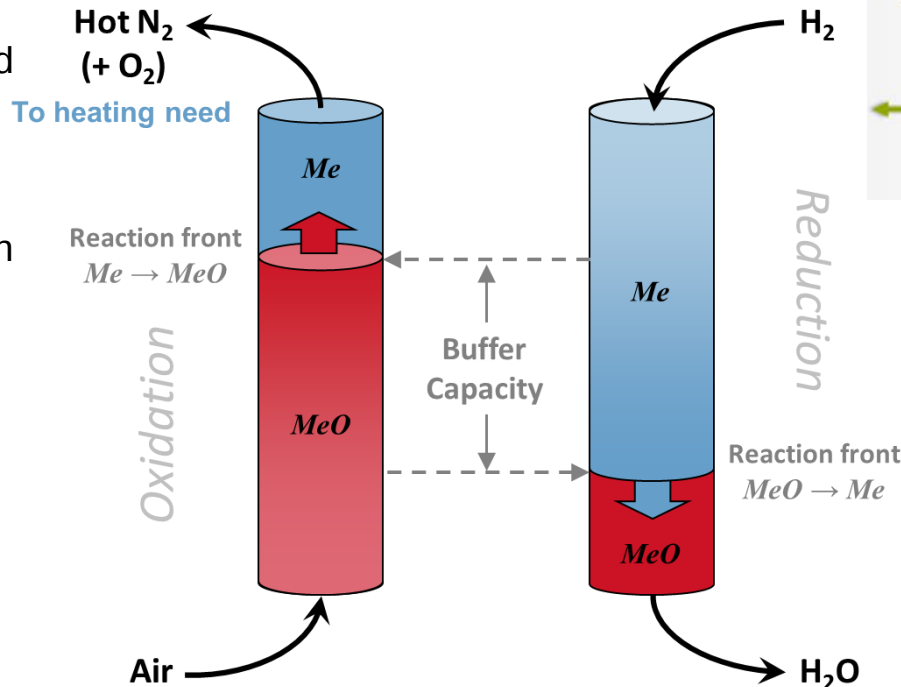
- › Compleet opslagsysteem en testruimte in een 45 voet container
- › Demonstratie van het system in Lleida (Spanje) zonder warmteopslag en Warsaw (Polen) met warmteopslag

VOORBEELD 2: WARMTEOPSLAG IN REDOXREACTIES - SCORES PROJECT

- › Concept,
- › Systeemontwerp,
- › Laboratoriumtests

REDOX WARMTEBATTERIJ – CONCEPT

- › Technologie oorspronkelijk ontwikkeld voor CO₂ afvang
- › Een metaal wordt achtereenvolgens gereduceerd om energie op te slaan en geoxideerd om energie vrij te laten
- › **Laden:** metaaloxide wordt gereduceerd tot metaal middels groene (of blauwe) waterstof
- › **Ontladen:** metaal wordt geoxideerd tot metaaloxide middels lucht



TESTOPSTELLING

- › Optimalisatie self-sustained reactie
- › Onderzoeken cycleerbaarheid
- › Optimalisatie opslagdichtheid
- › Warmteafvoer
- › Validatie onder relevante testcondities



› **BEDANKT VOOR UW AANDACHT**

christophe.hoegaerts@tno.nl

TNO.NL/ECNPARTOFTNO



ECN

› **TNO**

innovation
for life