

Ontwikkelingen op het gebied van Warmteopslag

R. de Boer

Oktober 2013
ECN-L--13-068



Ontwikkelingen op het gebied van Warmteopslag

Workshop flexibele BioWKK op de energiemarkt

2 oktober 2013
Robert de Boer

Inhoud

- ECN en Warmteopslag
- Waarom warmteopslag toepassingen
- Warmteopslagtechnologieën
 - Voelbaar
 - Latent
 - Thermochemisch
- Warmteopslag voor (Bio)WKK

Energieonderzoek Centrum Nederland



Solar Energy



Wind Energy



Biomass



Policy
Studies

Met en voor de markt kennis en technologie ontwikkelen die een transitie naar een duurzame energiehuishouding mogelijk maken



Energy
Efficiency



Energy
Engineering



Environment

ECN – Biomassa & Energie Efficiency



Biomass

- Torrefactie: biomassa naar commodity brandstof
- Verbranding: biomassa bijstook
- Vergassing
- Bioraffinage: biomassa naar chemicals



Energy Efficiency

- Hergebruik en opslag van (rest)warmte
- Scheidingsprocessen
- Behandelen en opwaarderen van gassen
- Intensiveren van processen voor bulkchemicaliën
- Het benutten van CO₂

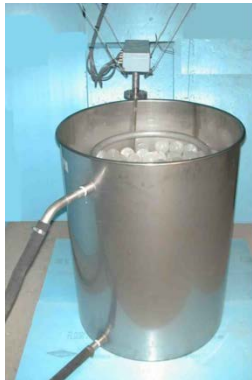
Warmteopslag bij ECN



Voelbare warmteopslag



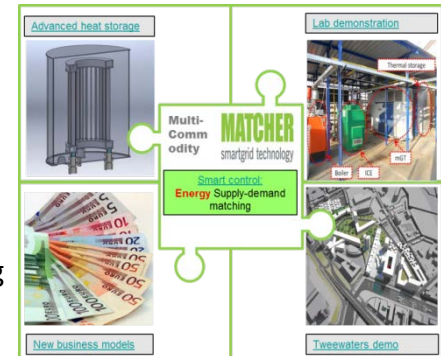
Thermochemische warmteopslag (TCM)



Latente warmteopslag (PCM)



www.e-hub.org

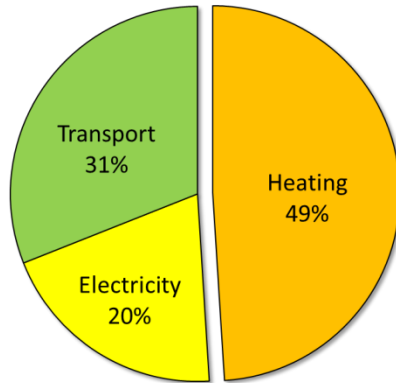


Warmteopslag observaties

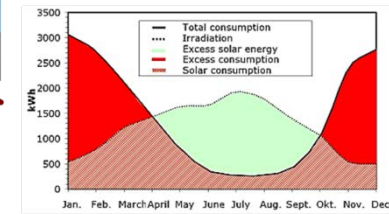
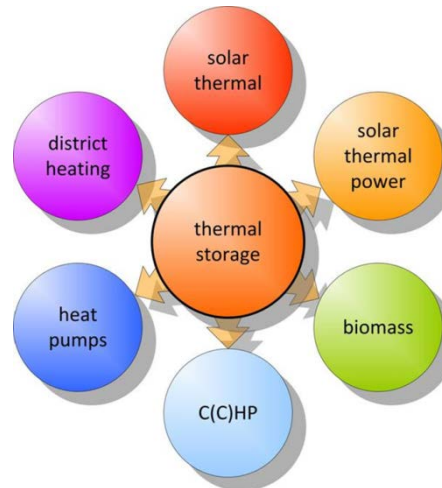
- Zonnewarmte: warmteopslag cruciaal voor verhoging aandeel duurzame zonnewarmte in E-mix → warmte voor langere tijd opslaan (seizoensopslag)
- Aandacht voor energieopslag in brede zin neemt toe met toename van niet regelbaar elektrisch vermogen uit zon&wind.
- Warmteopslag vormt een van de bouwstenen voor flexibiliteit E-systeem.
- Power2Gas, Power2Heat
- WKK: bufferfunctie van het elektriciteitsnet gelimiteerd → prijsfluctuaties: Warmtebuffering als alternatief
- Temperatuurstabilisatie dmv faseovergangsmaterialen
- Hybride/Electrisch rijden: thermal management + warmteopslag.
- TKI Energo : Gebouwde omgeving focus op compacte opslag en compacte conversie.

Waarom warmteopslag

European primary energy use in 2008



- Energiebesparing door verschuiving in tijd van aanbod en vraag van warmte
- Reductie geïnstalleerd vermogen
- Flexibiliteit in energiesysteem
- comfortverhoging



Need of a seasonal heat storage !

Kenmerken warmteopslag

- Opslagcapaciteit
- Thermisch vermogen voor laden en ontladen
- Tijdsinterval voor opslag, aantal cycli
- Temperatuurniveau bij laden en ontladen
- Efficiency en warmteverliezen
- Opslagdichtheid per volume en per gewicht
- Levensduur
- Kosten

Warmteopslag technologieën

Voelbare warmte

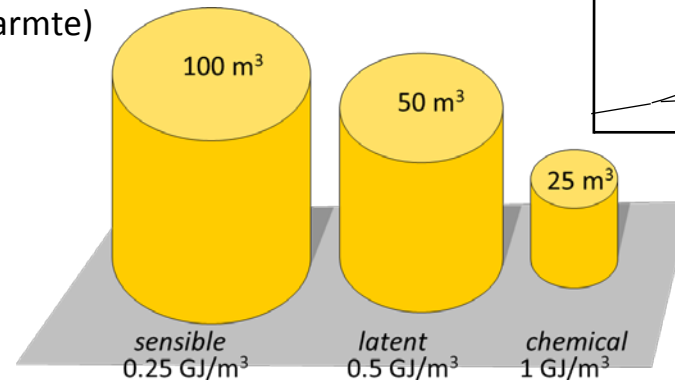
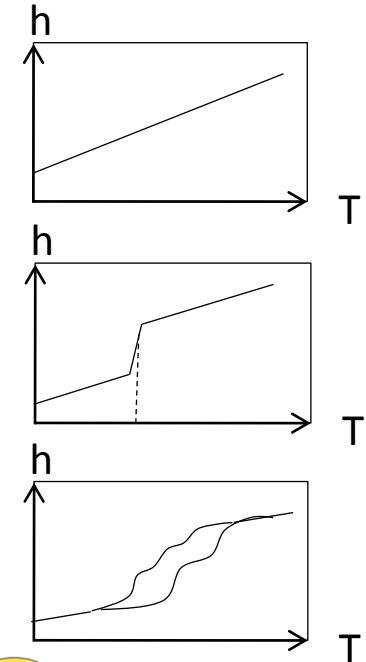
- Warmtecapaciteit materiaal
- Tanks, aquifers, ondergrond

Latente warmte

- Fase-overgang (smelten-stollen, verdamping-condensatie)
- water, organisch of anorganische PCMs

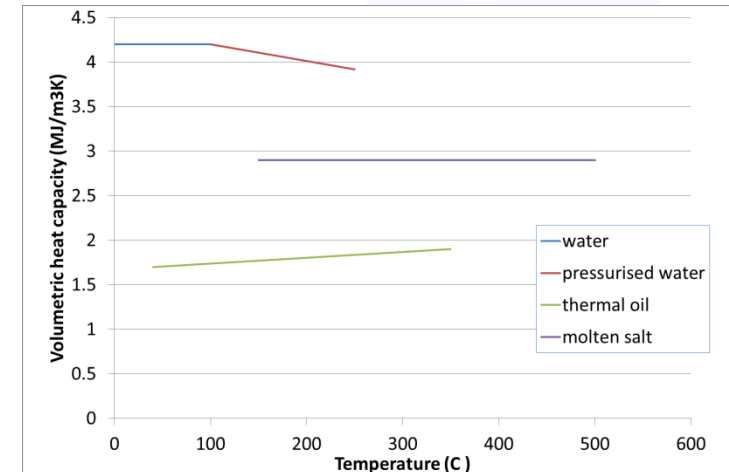
Chemische warmte

- Fysische of chemische binding (reactie warmte)
- adsorptie, absorptie, chemische reacties

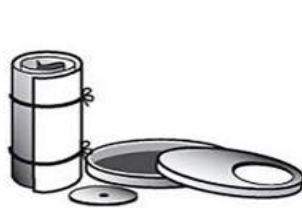
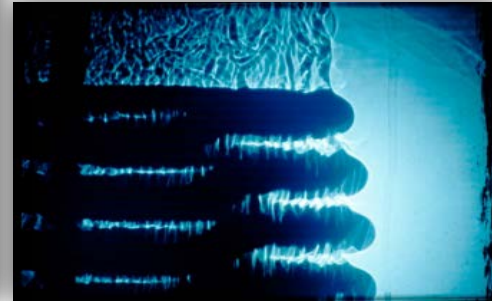


Voelbare Warmteopslag

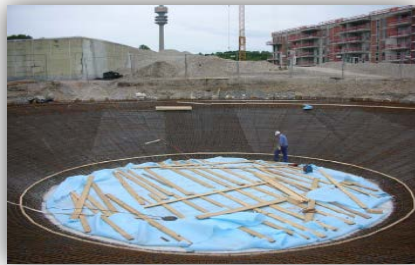
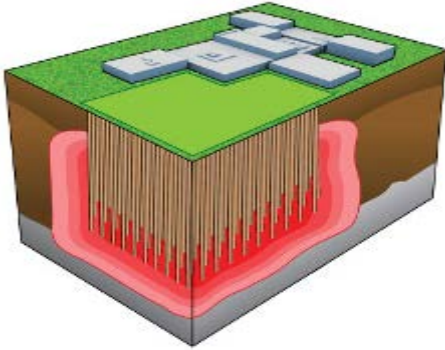
- Materialen
 - Vloeibaar en vast
 - Water, vloeibaar zout, olie, zand, steen, keramiek
 - 30-600°C
- Karakteristieken
 - Eenvoudige systeem uitvoering
 - 'Low cost'
 - Groot temperatuurtraject
 - warmteverliezen / isolatie
 - Vaste stoffen: lage warmteoverdracht
- Ontwikkelingen
 - Stratificatie / gelaagdheid
 - Combinaties voelbaar + PCM
 - Hoge temperatuur Concentrated Solar Power
 - Verbeterde isolatie



Voelbare warmteopslag, kleinschalig



Voelbare warmteopslag, grootschalig



Voelbare warmteopslag: hoge temperatuur



Gesmolten zouten



Steen / keramiek

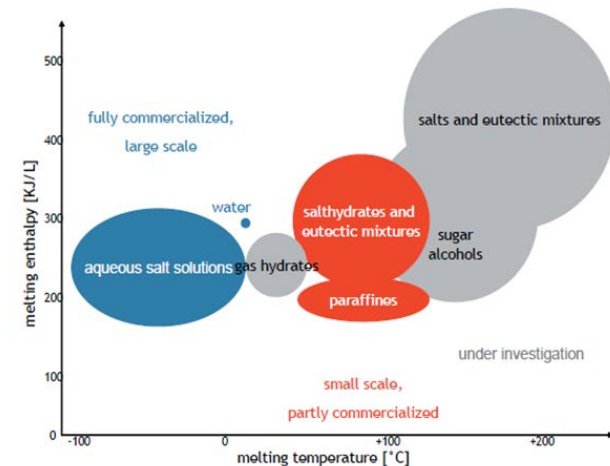
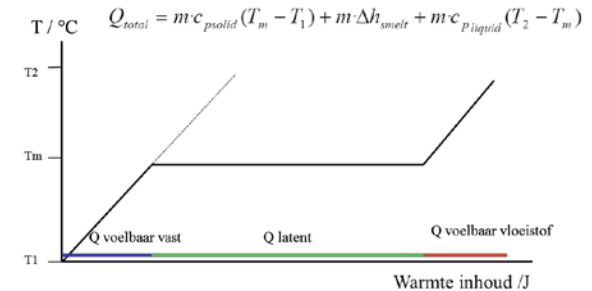
Latente Warmteopslag

- Faseovergang vast-vloeibaar
 - Water, paraffine, zouthydraten, vetzuren
 - -20°C tot 80°C



- Karakteristieken
 - Beperkt temperatuurtraject
 - Passieve en actieve systemen
 - Lage warmtegeleiding, traagheid

- Ontwikkelingen
 - Verbreding temperatuur niveau
 - Micro- inkapselen
 - Verpompbare PCM- slurries
 - Verbeteren warmtegeleiding



Voorbeelden

Latente warmteopslag

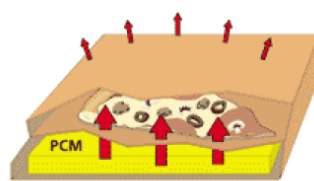
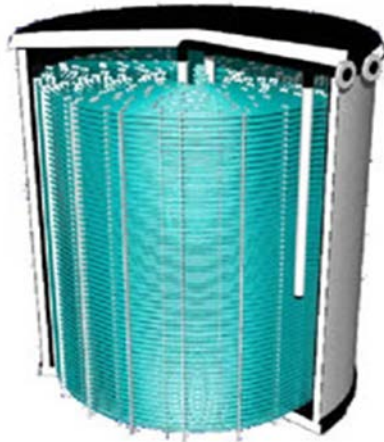
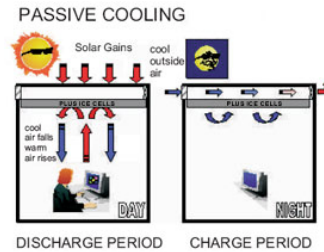
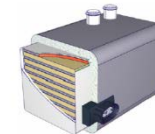


Figure 39: Concept of catering applications: pizza-heater (Merck, KGaA)



THERMAL ACCUMULATOR

Sensible Storage

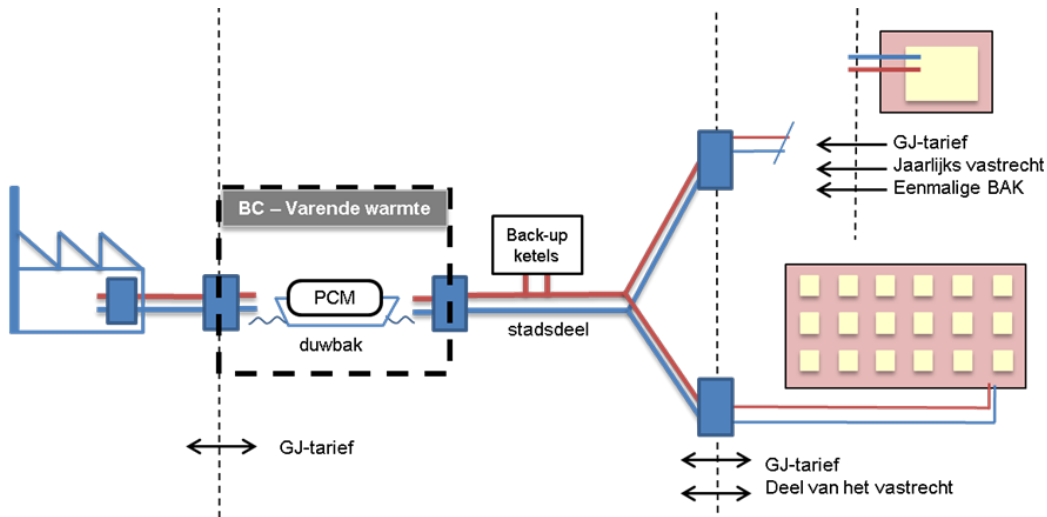


Latent Storage

Capacity: From 500 Wh to 1 500 Wh in 10 liters

Varende warmte

DWA: marktrijp ontwikkelen Varende Warmte



ThermoChemische Warmteopslag

- **Weringsprincipe**
 - Reversibele reactie van 2 componenten
 - Bindingsenergie
 - Adsorptie aan oppervlak of absorptie in component
- **Karakteristieken**
 - Hoge opslag dichtheid: 1 GJ/m³
 - Opslag voor lange duur
 - Breed temperatuurbereik
 - Complexiteit door warmte- en stofoverdracht
- **Ontwikkelingen R&D**
 - Materialen
 - Componenten en systemen

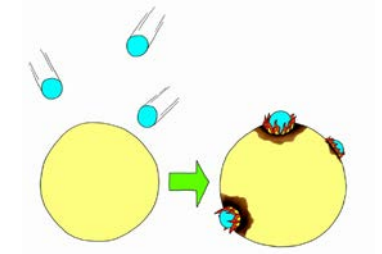
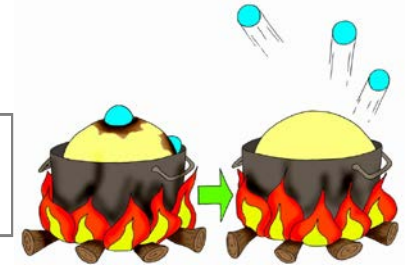
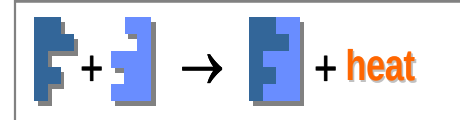
CHARGE



STORE

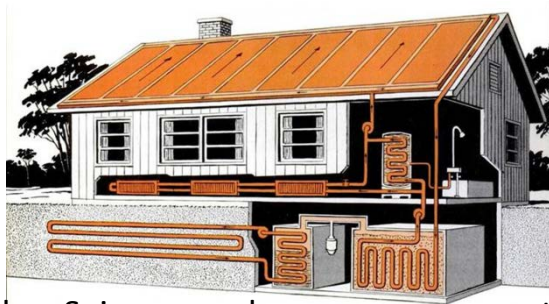


DISCHARGE



e.g. $\text{Salt(s)} + \text{Vapor(g)} \rightleftharpoons \text{Salt Hydrate(s)} + \text{heat}$

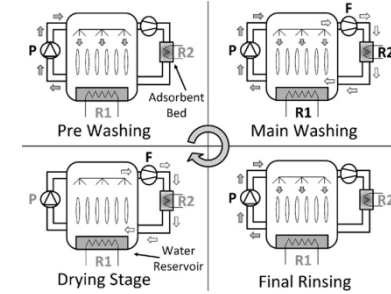
Voorbeelden TC opslag



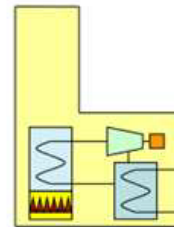
Tepidus: Seizoensopslag van zonnewarmte



Siemens-Bosch: Zeoliet droogtechniek in vaatwasser



Waste Incinerator

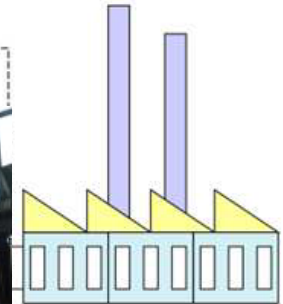


MVA
Hamm



ZAE: Warmtetransport

Drying Process



Firma
Jäckering

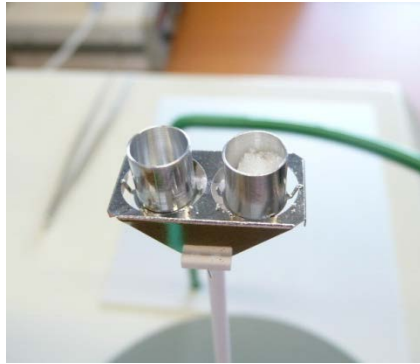


Coolkeg: zelfkoelend biervat

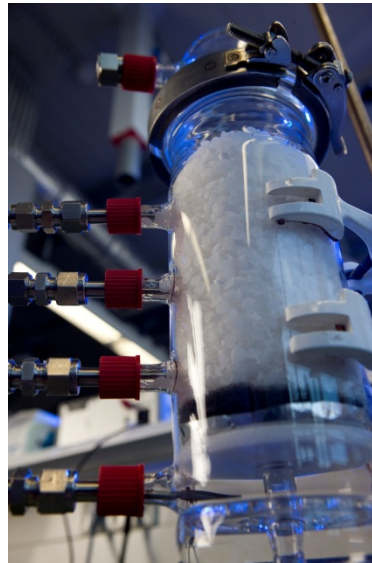


NanoCool: cold boxes

TCM: ontwikkelingen bij ECN



Materiaal
karakterisering



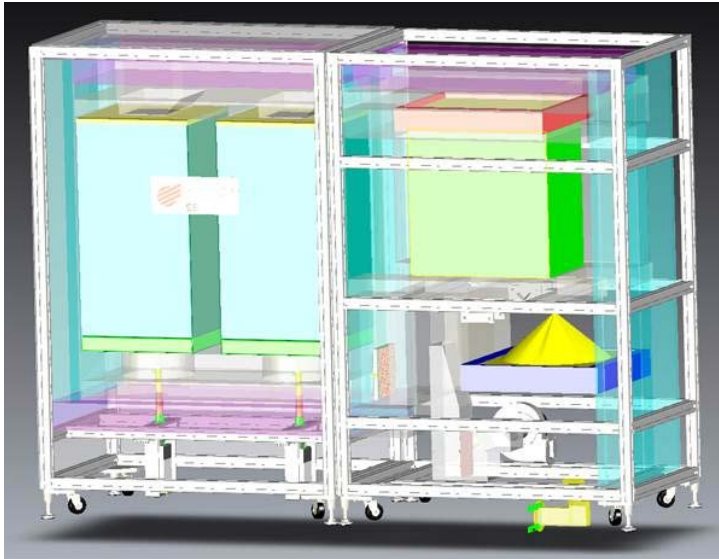
Reactorconcept
ontwikkeling



Systeem ontwikkeling

TCM: ontwikkeling bij ECN

- Lab-Prototype → E-Hub project
 - $2 \times 100 \text{ dm}^3$ reactor met Zeoliet 13X (150 kg)
 - Opslag capaciteit $50 \text{ MJ} / 15 \text{ kWh}$ ($\sim 0.25 \text{ GJ/m}^3$)
 - Vermogen laden-ontladen $0.5\text{-}1 \text{ kW}$



Warmteopslag en BioWKK

- Warmteopslagtechnologie
 - verschillende werkingsprincipes:
 - Voelbaar
 - Latent
 - Thermochemisch
 - Grote variatie in uitvoeringsvormen en toepassingen
- Warmteopslag voor flexibele BioWKK toepassing....
 - Vaststellen Capaciteit, temperatuurniveau, thermische vermogens, duur van opslag, beschikbare volumes,....
 - Welke opslagtechnologieën passen daarbij
 - Techno-economische analyse

Dank voor uw aandacht

Robert de Boer

Westerduinweg 3

1755 LE Petten

The Netherlands

P.O. Box 1

1755 ZG Petten

The Netherlands

T +31 88 515 4949

F +31 88 515 4480

info@ecn.nl

www.ecn.nl



ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl

