



GEBRUIKERSPLATFORM
bodemenergie

28 mei 2026

Middelhoge en Hoge Temperatuur Opslag
(MTO, HTO):

Meerwaarde van een nieuwe generatie Open
Bodemenergiesystemen

KWR



Stijn Beernink
Peter Oerlemans

Deze presentatie

1: Meerwaarde verhogen opslagtemperatuur OBES

Stijn Beernink, KWR



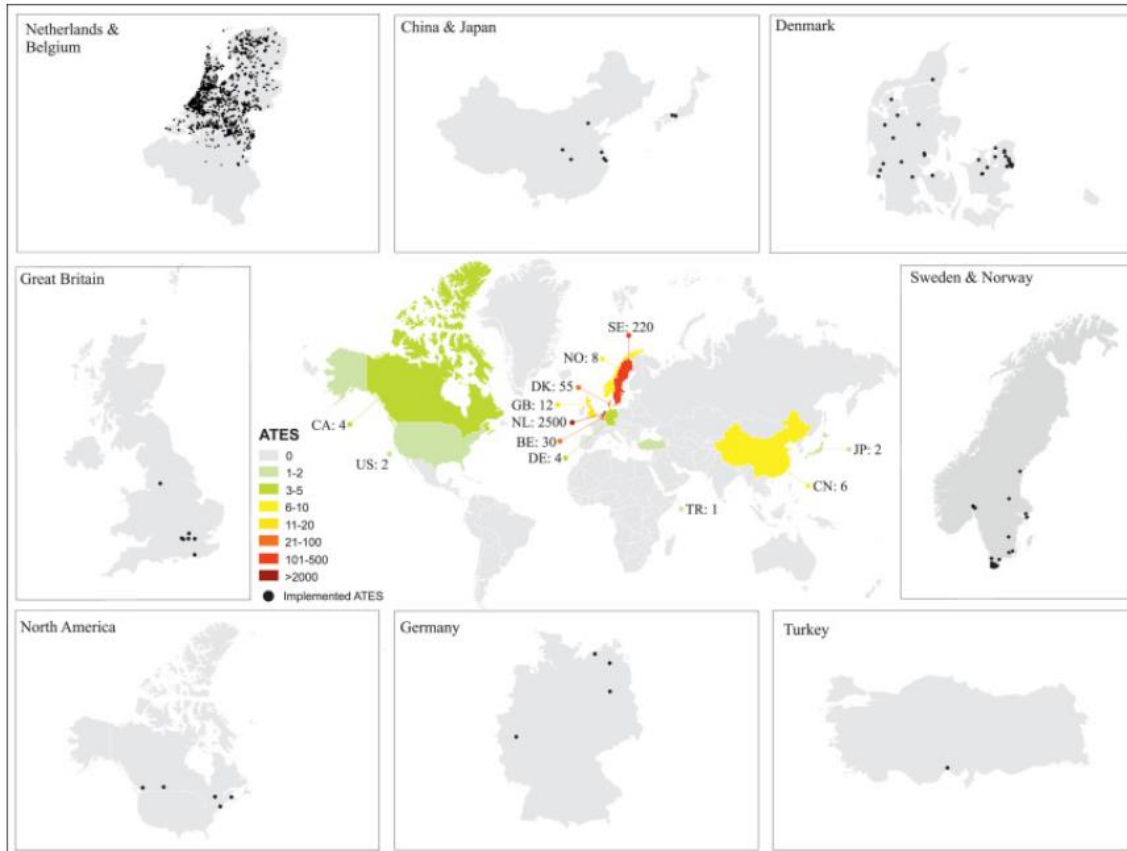
2: Hoge Temperatuur Opslag in de praktijk

Peter Oerlemans, IF
Technology



Energietransitie in Nederland, OBES belangrijke schakel

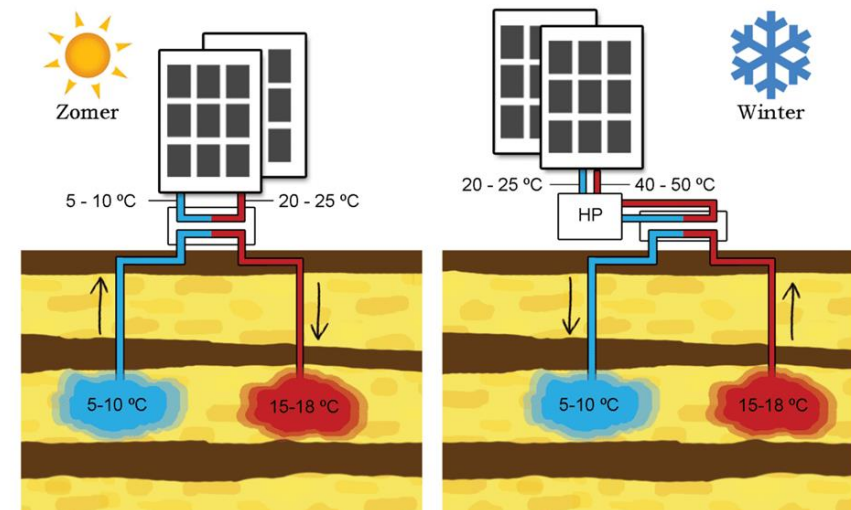
Nederland koploper in wereld



Fleuchaus et al. (2020)

Typisch:

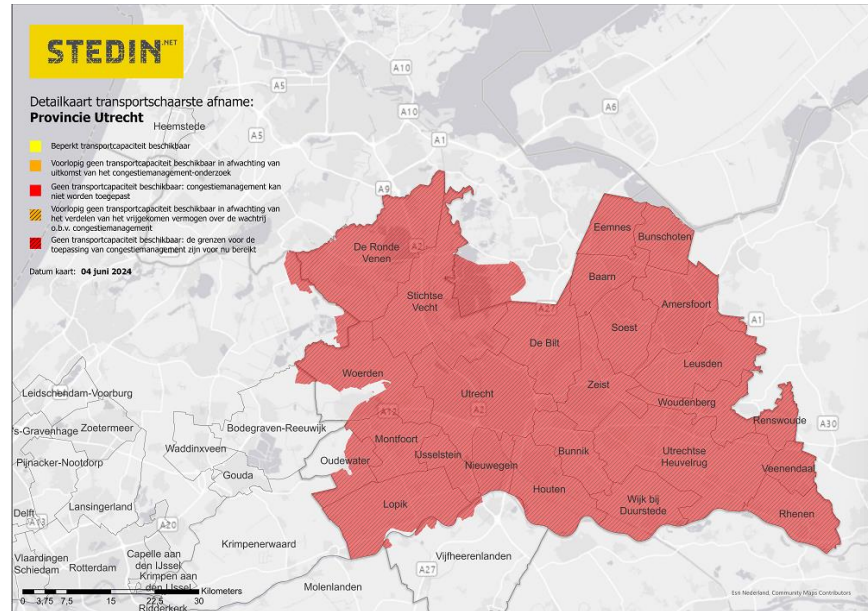
- Temperaturen: 8 - 16
- Volumes: 50 tot 500x10³ m³/jaar
- Energie ($\Delta T=5$): 1 tot 10 TJ/jaar



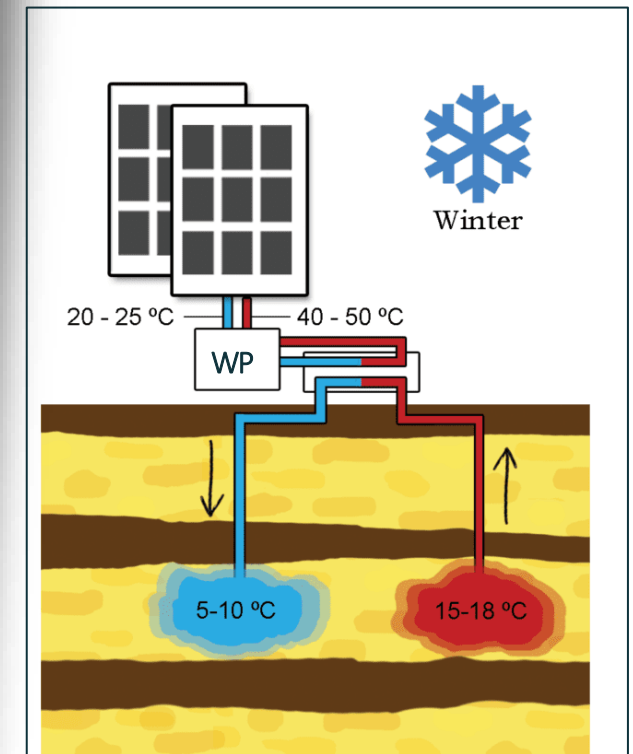
Bloemendal (2018)

Maar...

netcongestie



Stroomgebruik in de winter



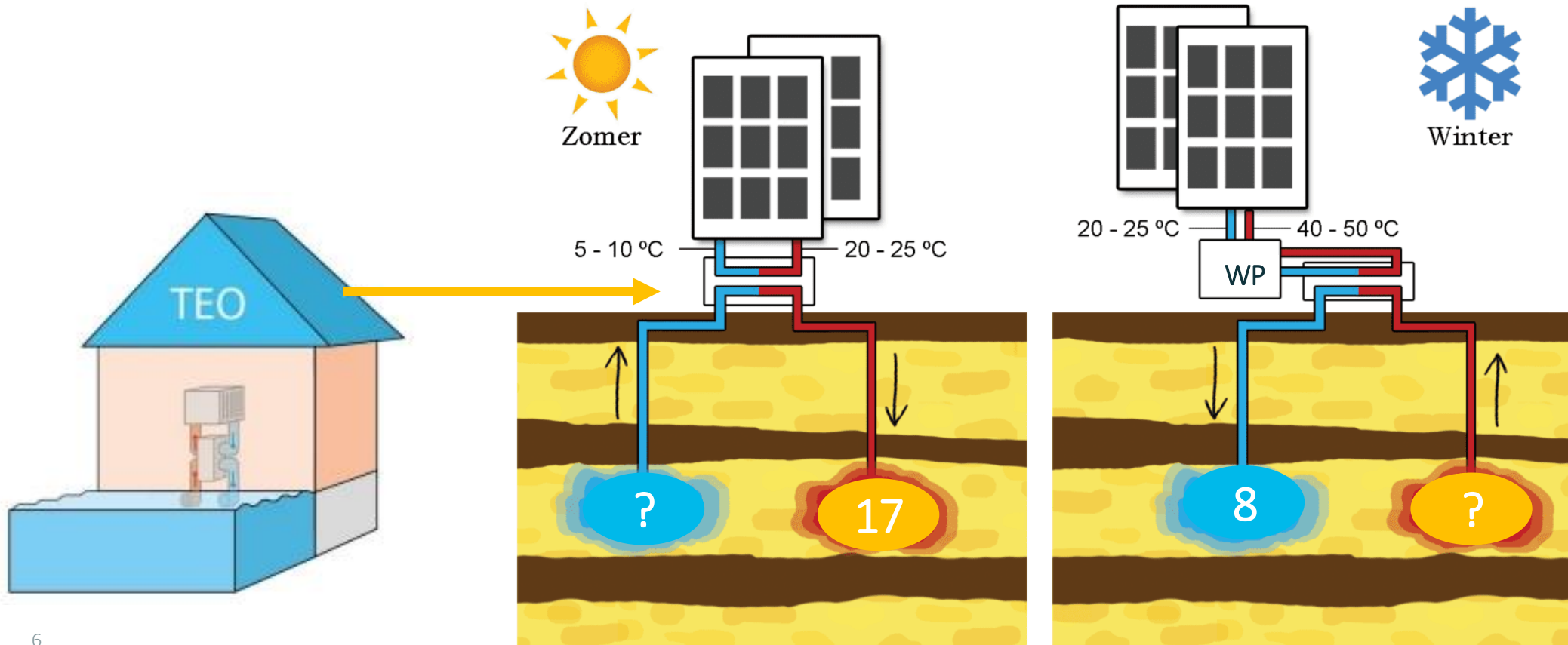
Verhogen warme brontemperatuur?

Welke termen gebruiken we?

OBES	MT-OBES	HT-OBES
WKO	MTO	HTO
0 – 25 °C	25 – 50 °C	50 – 100+ °C

Onderzoek: 3 type systeemconcepten

1. Conventionele OBES



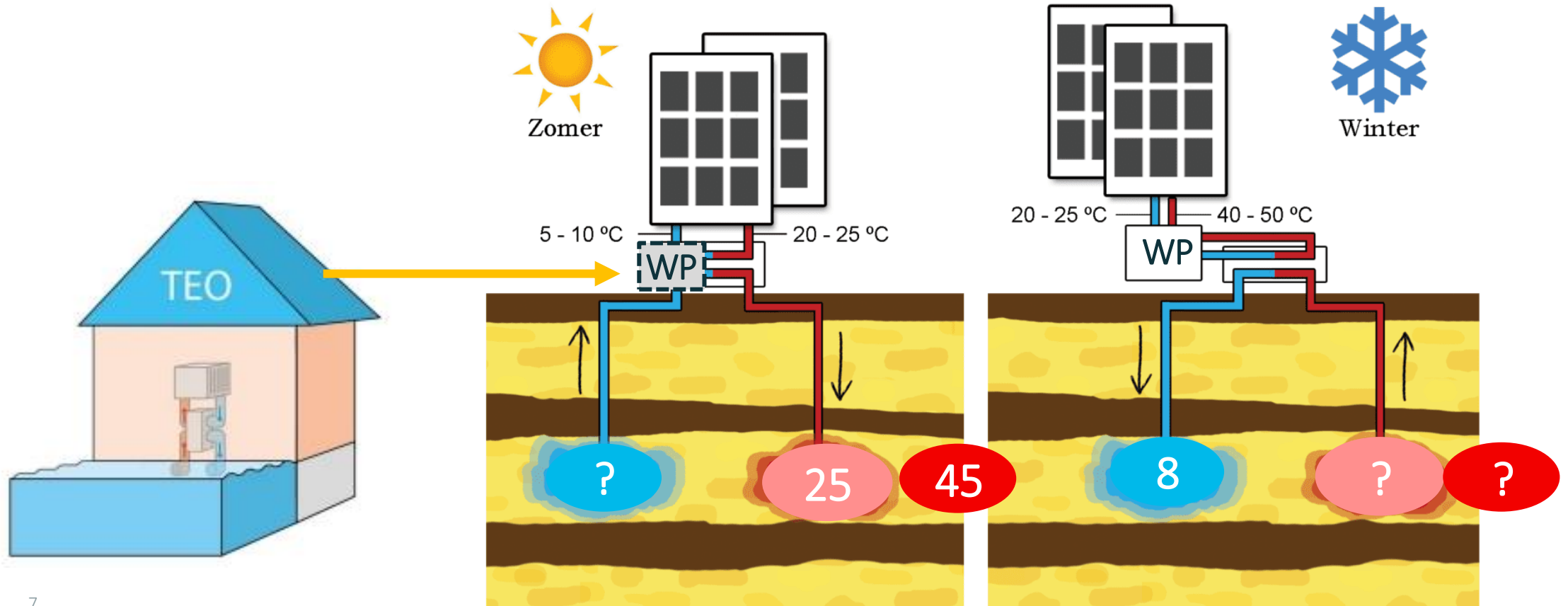
2. OBES+ en 3. MT-OBES

25 °C

45 °C

→ Zomer: laden met WP

→ **MT-OBES**: directe verwarming winter

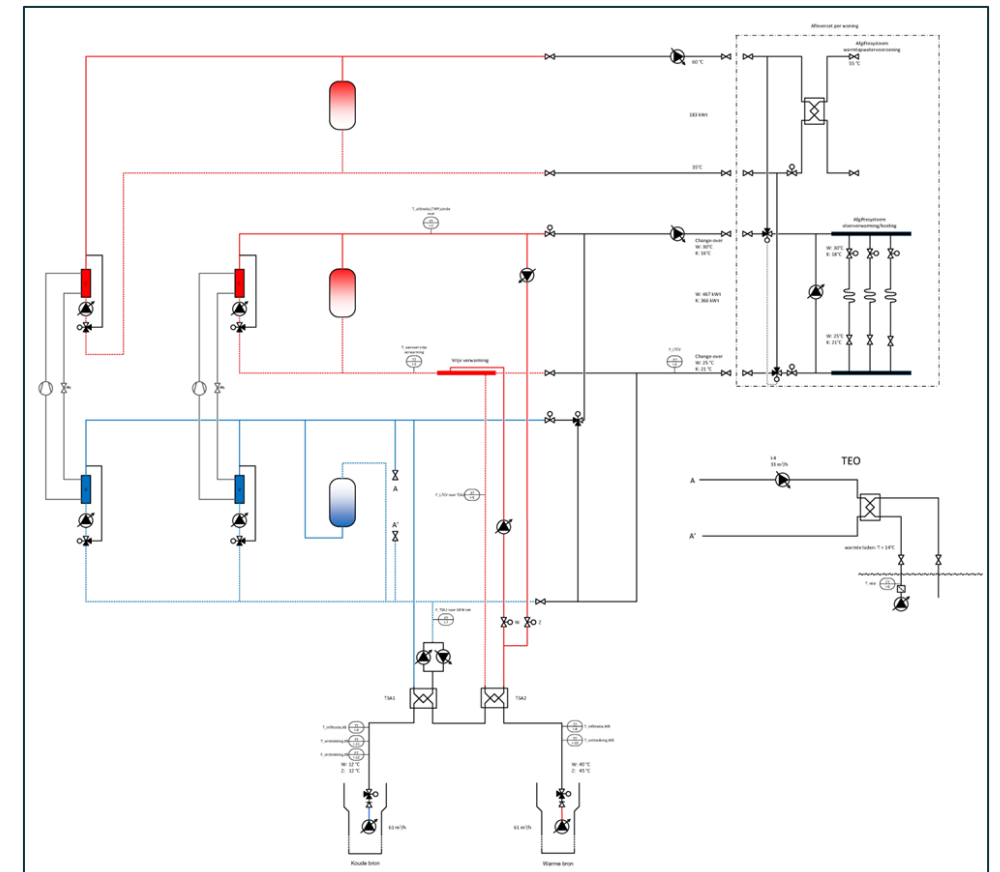
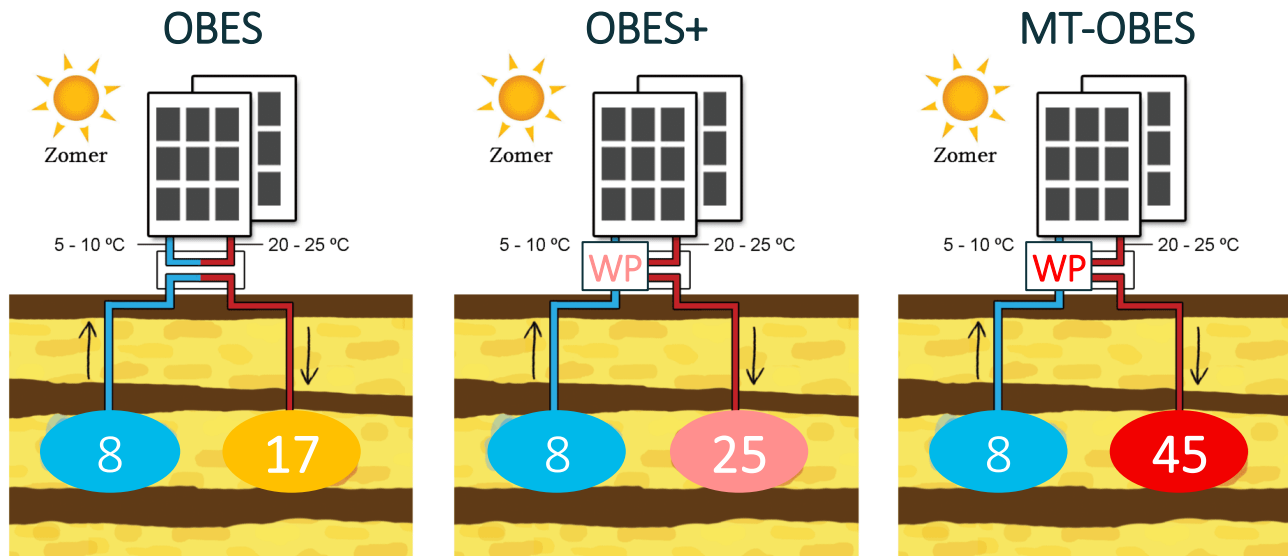


Methode analyse systeemconcepten

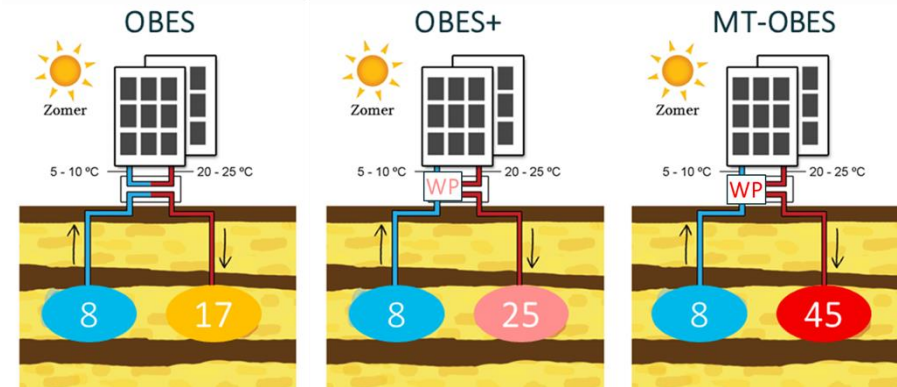
Grootte en type componenten gelijk

- Warmtepomp
- TEO
- Materialen (PVC..)

Aanpak: stap 1 technisch ontwerp



Laden warmte in zomer

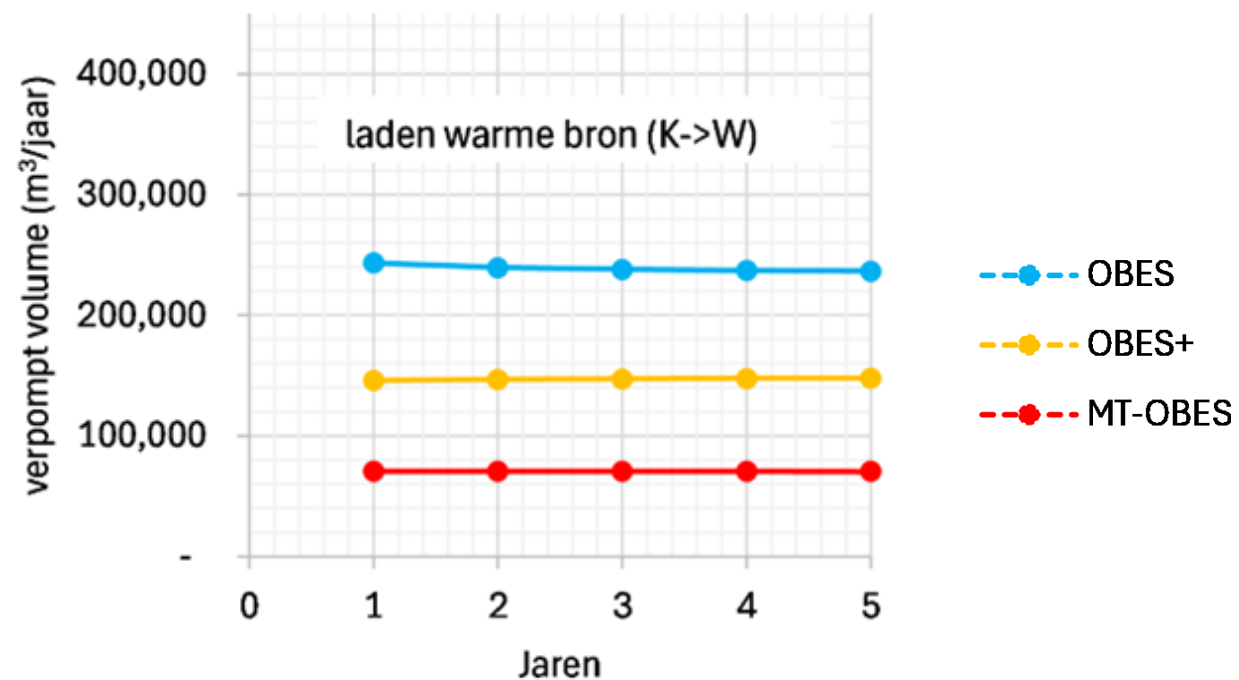
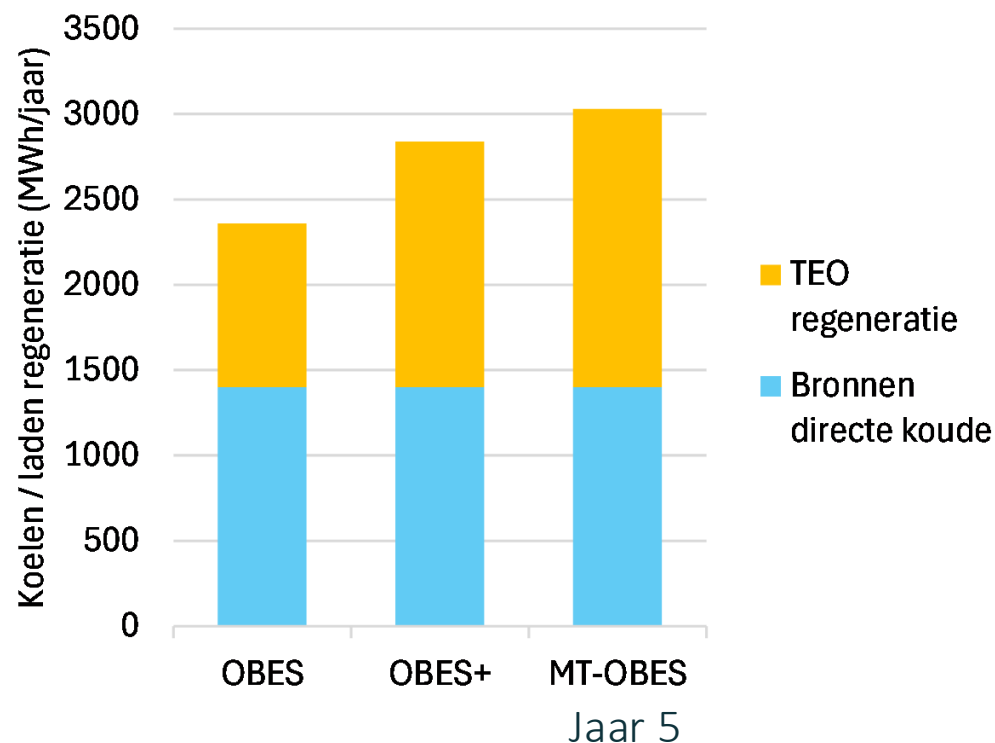


Geladen warmte neemt toe

- Beter oppervlaktewater gebruiken
- Extra energie WP

Volume laden neemt sterk af

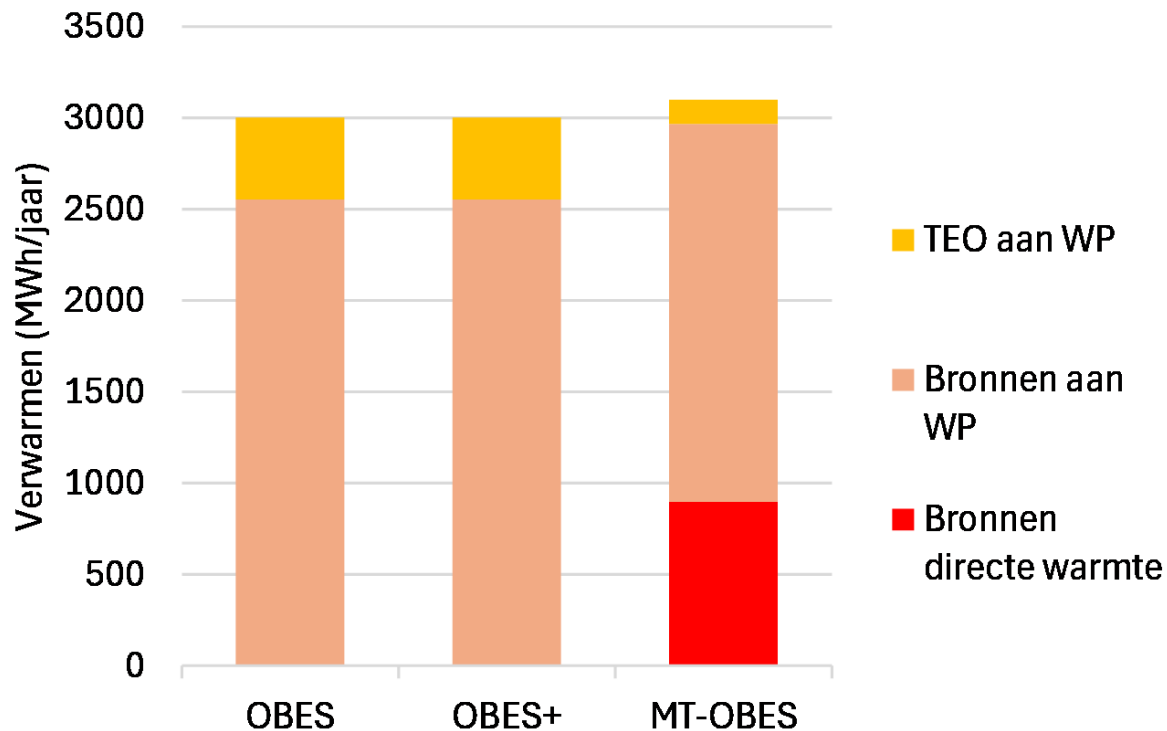
- ΔT : 8 \rightarrow 16 \rightarrow 36 °C



Warmtelevering winter

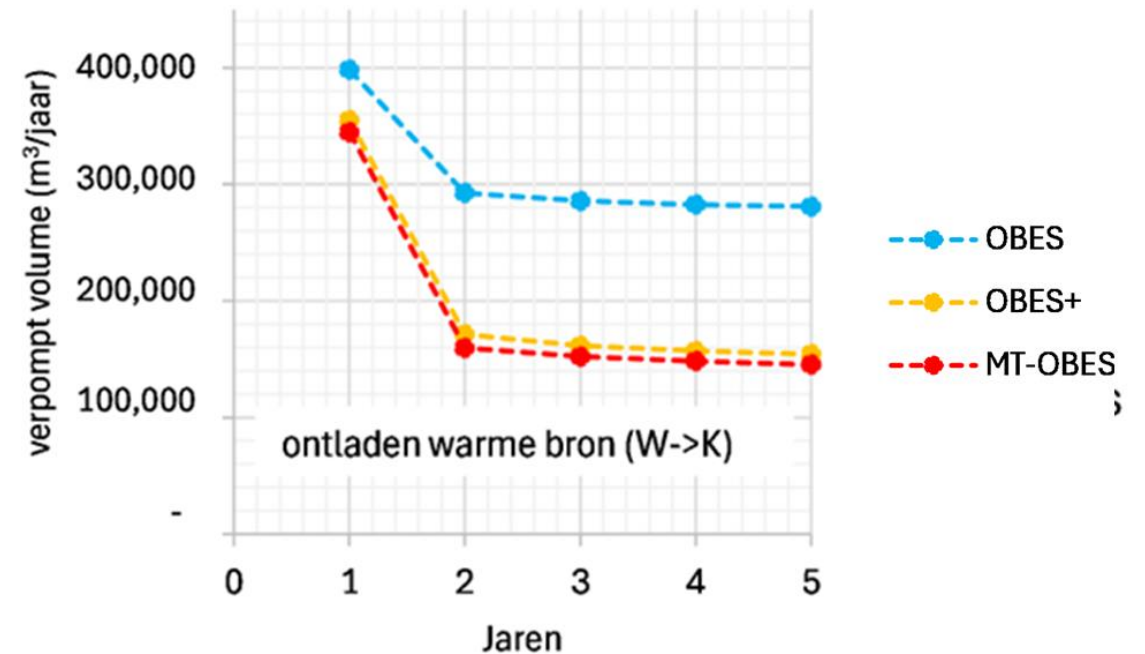
Warmtelevering jaar 5:

MT-OBES: 25% directe verwarming



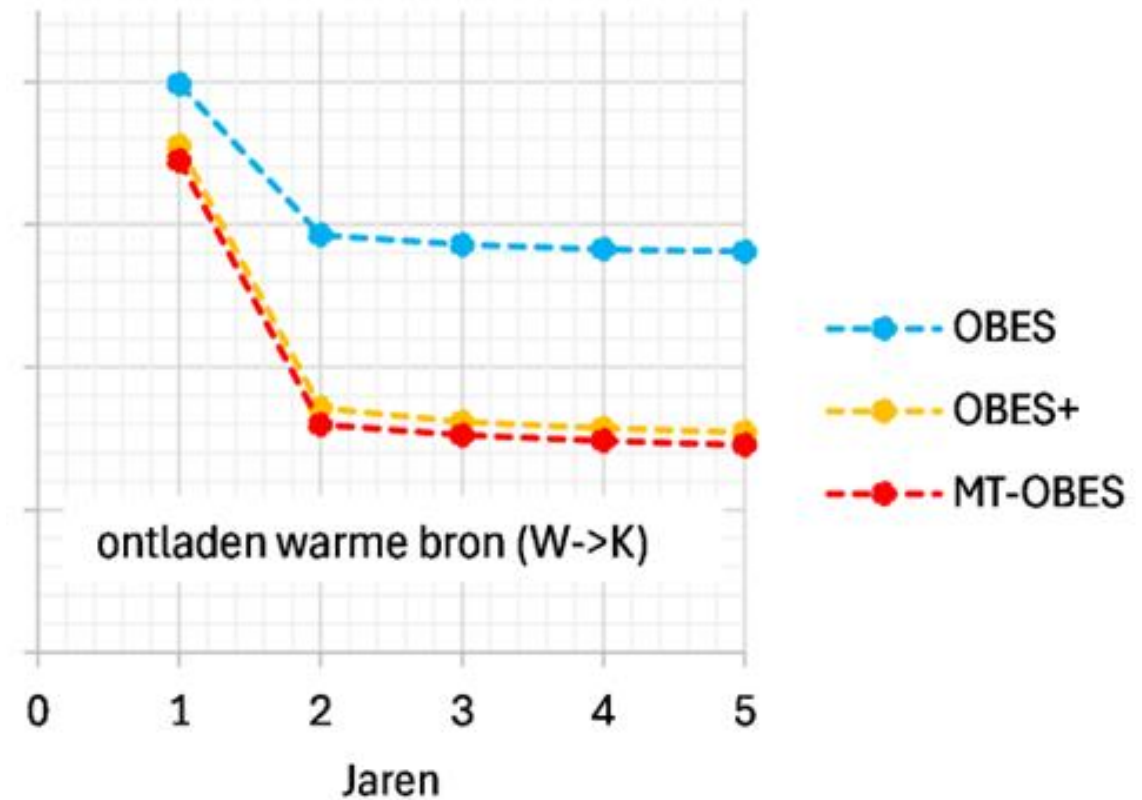
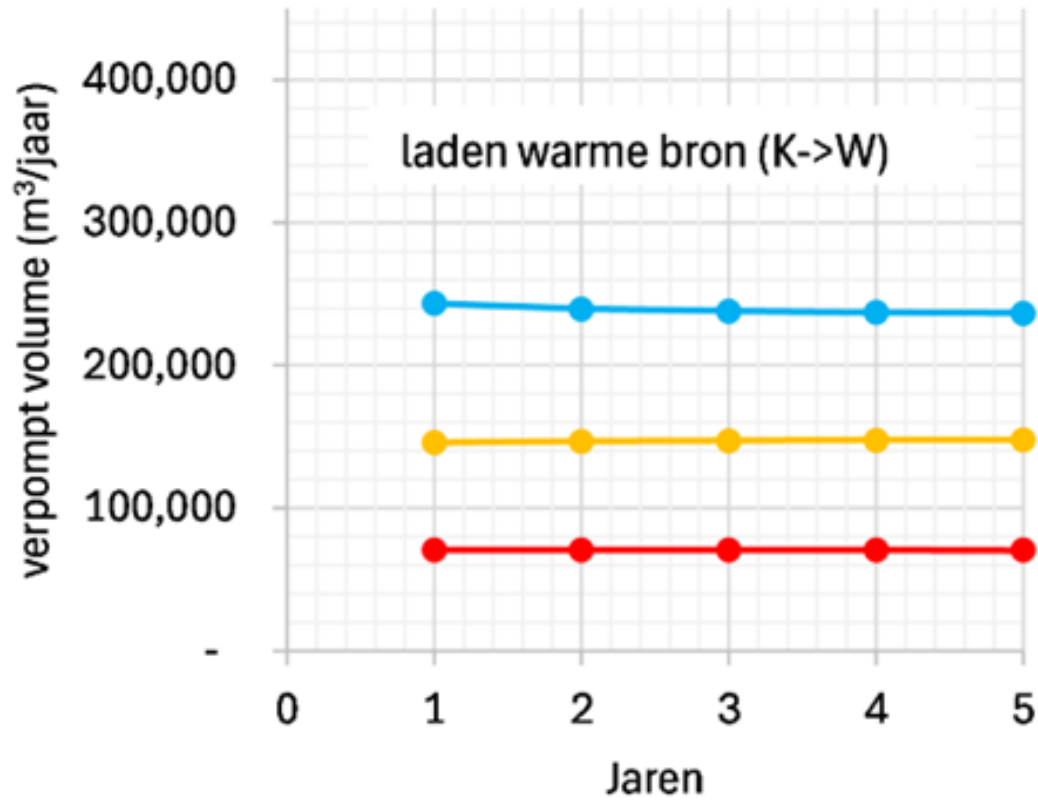
Volume ontladen: jaar 1: niet geladen

OBES+ en MT-OBES 50% minder volume

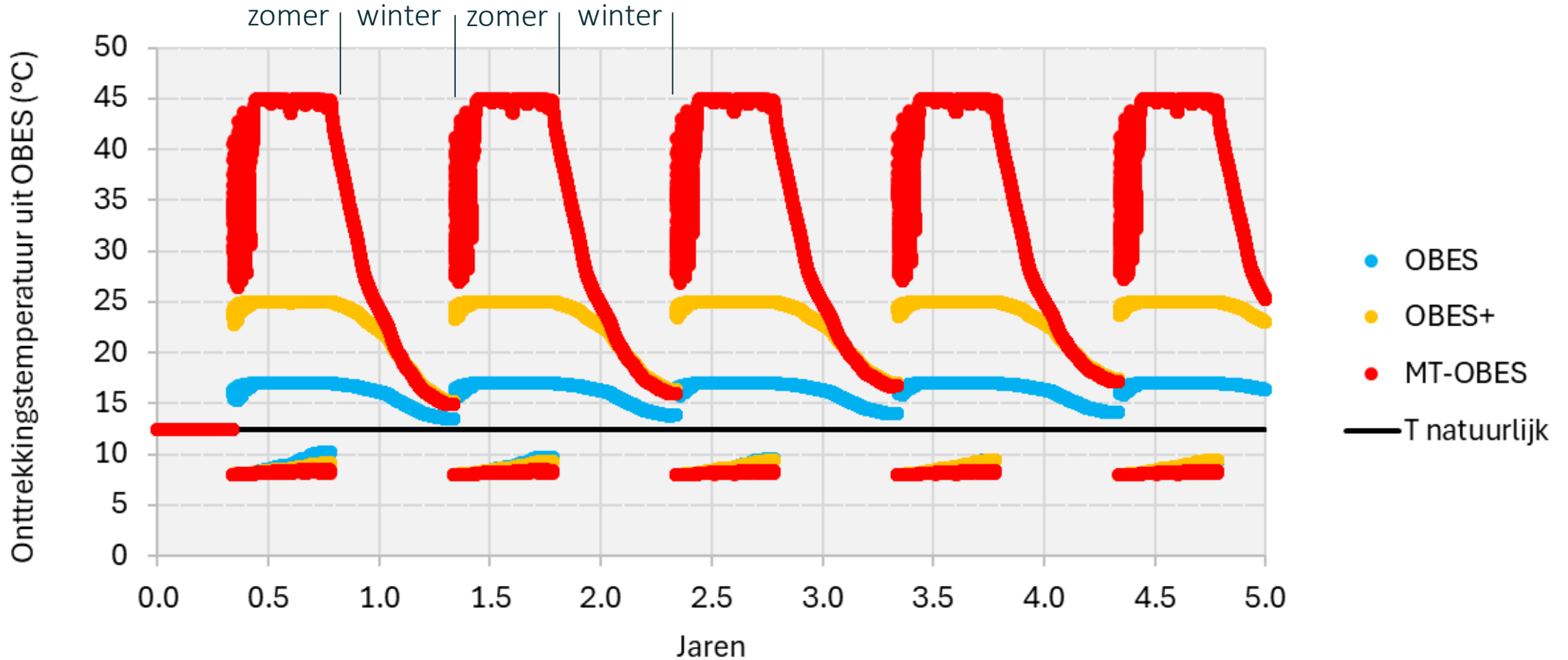


Volume laden versus ontladen

MT-OBES jaar 5: niet gelijk

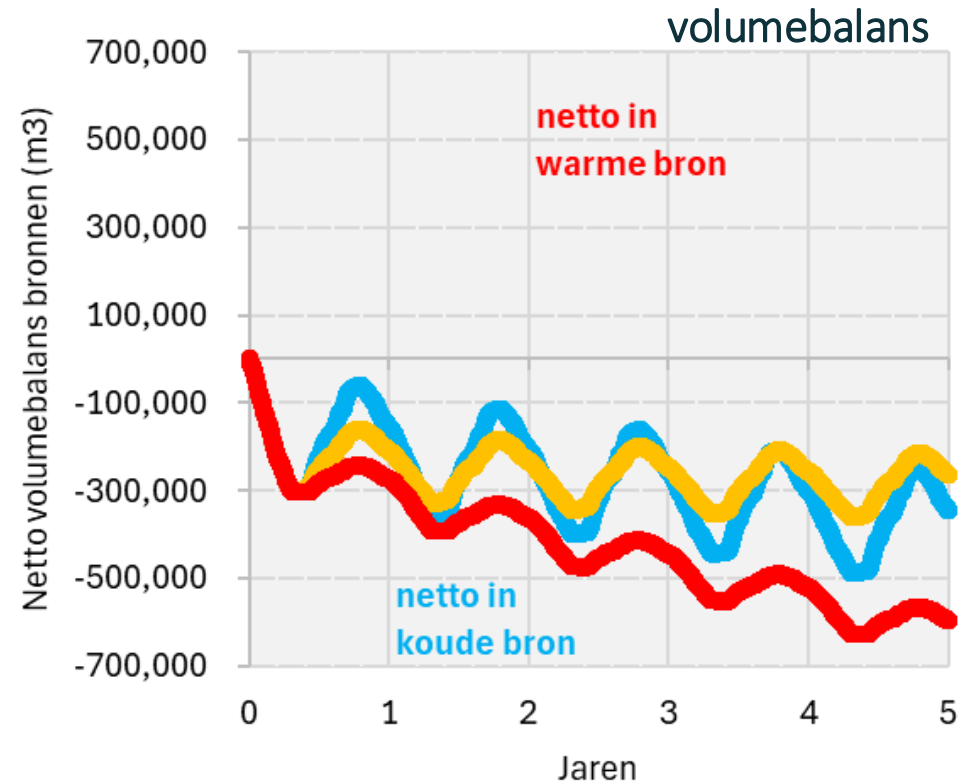


Temperatuur uit warme en koude bron

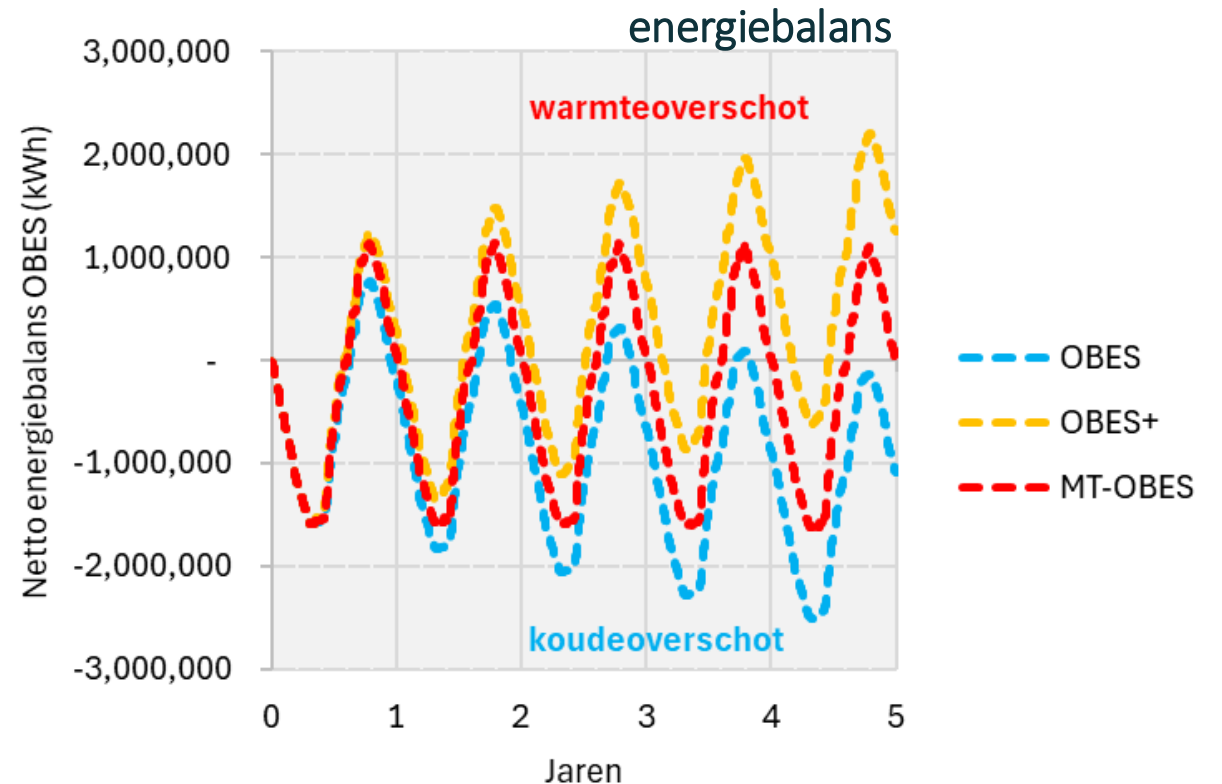


Volumebalans & Energiebalans

Sterkere volumeonbalans bij MT-OBES



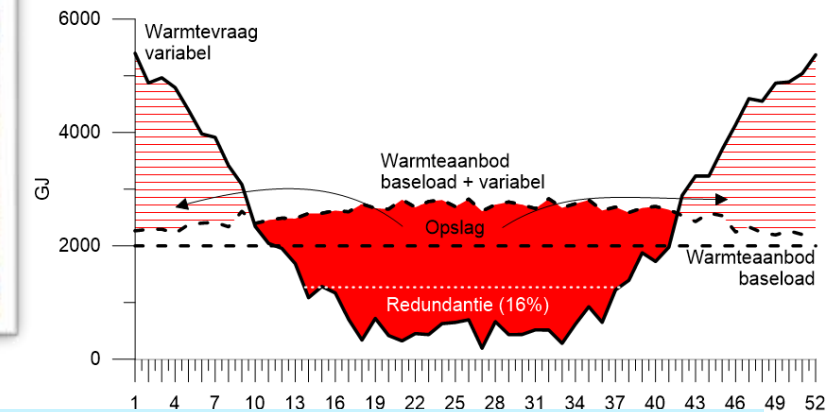
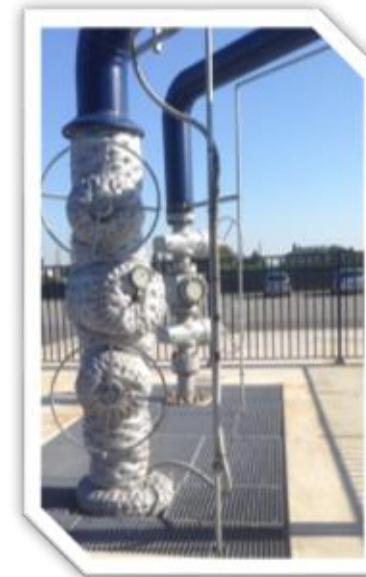
Volume & energiebalans niet gelijk bij hogere warme bron temperatuur



Meerwaarde verhogen opslagtemperatuur OBES

- Kleiner opslagvolume/
ruimtegebruik → steden
 - Minder elektriciteitsverbruik in
winter → CO2 & netcongestie
 - CAPEX: voordeel minder bronnen
- Potentie voor verbetering met
'slimmere' aansturing (prijs/CO2)

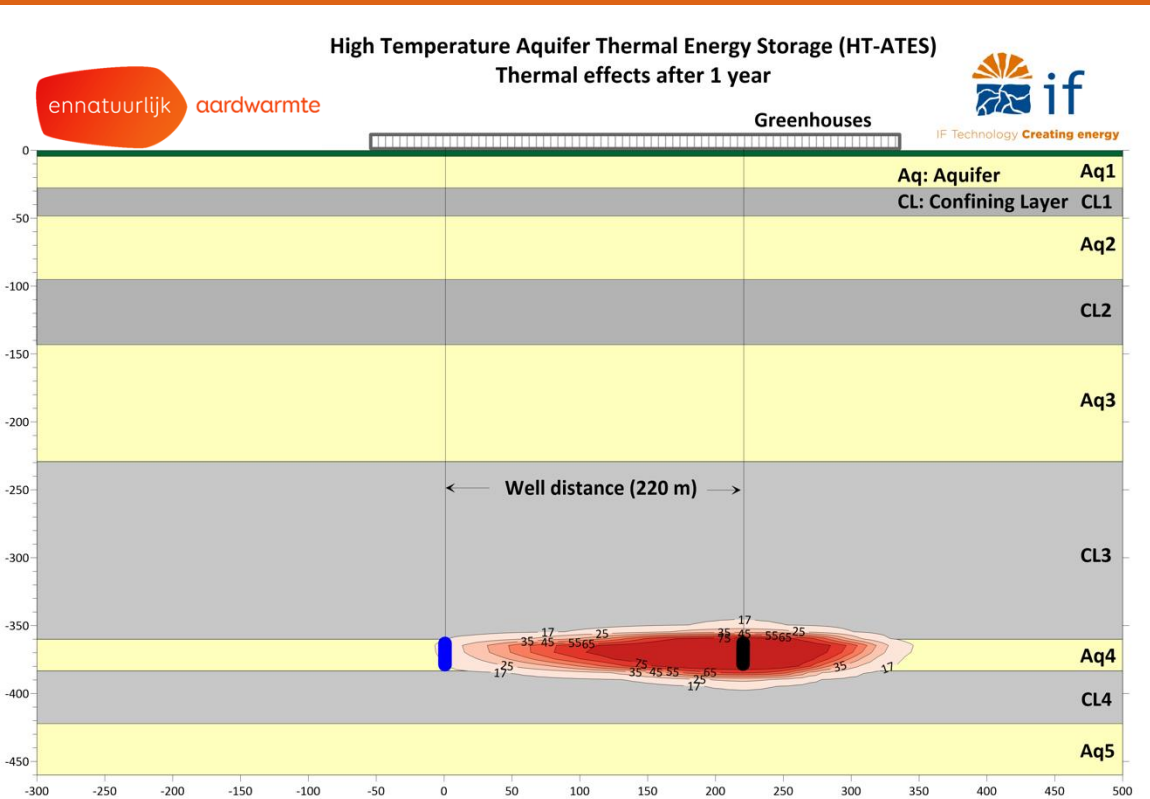
Maar... ook nog HT-verwarming nodig
Badkuip HT-warmte..



→ **Hoge Temperatuur Opslag (HTO)**

Hoge Temperatuur Opslag

Waar staan we nu? - Kansen HTO in NL - Lessons Learned na 5 jaar HTO Middenmeer



HTO: Waar staan we nu?

De stap van WKO → MTO en HTO wordt al gemaakt. We zitten in de fase van opschaling.

Wat zijn de mogelijkheden voor MTO en HTO in NL?

- Technisch
- Juridisch
- Financieel

Wat zijn de mogelijkheden voor MTO en HTO in NL?

Algemeen: Potentie voor MTO/HTO in NL

- Nederland is koploper OBES in de wereld. Bodem is uniek en biedt giga potentie.
- MTO en HTO benutten die bodem nog beter.

Stand der techniek MTO

- MTO in de praktijk succesvol en lijkt erg op WKO.
- Logische go-to techniek voor gasloze tuinbouw, gebouwde omgeving, power-to-heat.

Stand der techniek HTO

- HTO is technisch mogelijk en succesvol. Wel complexer door hoge T, integratie warmtesysteem en materialen.
- Middenmeer (2021) 5 jaar succesvol, enige systeem in NL. HTO TU Delft (2027) is 'new kid on the block'.

Wat zijn de mogelijkheden voor MTO en HTO in NL?

Juridisch

- MTO/HTO = OBES, net als WKO
- Dezelfde kaders als WKO (tot 500 m-mv)
- Afwijkingen t.o.v. WKO:
 - Hogere temperatuur
 - Warmteoverschot in de ondergrond
- Wetgeving biedt ruimte, maar #hoedan?
 - Voorlopig Afwegingskader vergunningverlening MTO en HTO

WARMINGUP
Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

<https://www.warmingup.info/documenten/voorlopig-afwegingskader-vergunningverlening-hto-okt-2021.pdf>

Voorlopig afwegingskader voor vergunningverlening HTO

Juridisch afwegingskader ondergrondse warmteopslag

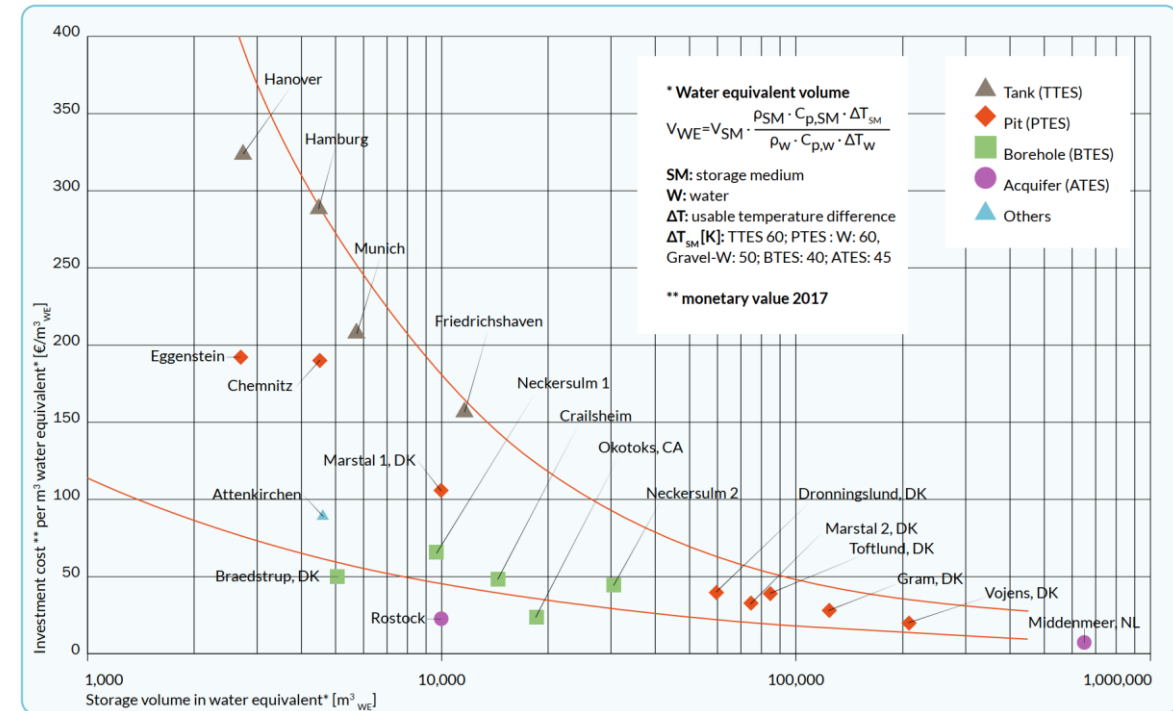
dr.ir. Martin Bloemendal (KWR)
drs. Peter Oerlemans (IF Technology)
dr. Gillian Schout (KWR)

29 oktober 2021

Wat zijn de mogelijkheden voor MTO en HTO in NL?

Financieel

- Meest logische keuze voor grootschalige warmteopslag
- Hoge dT → veel meer MW en MWh per bron dan WKO
- Relatief klein thermisch invloedsgebied



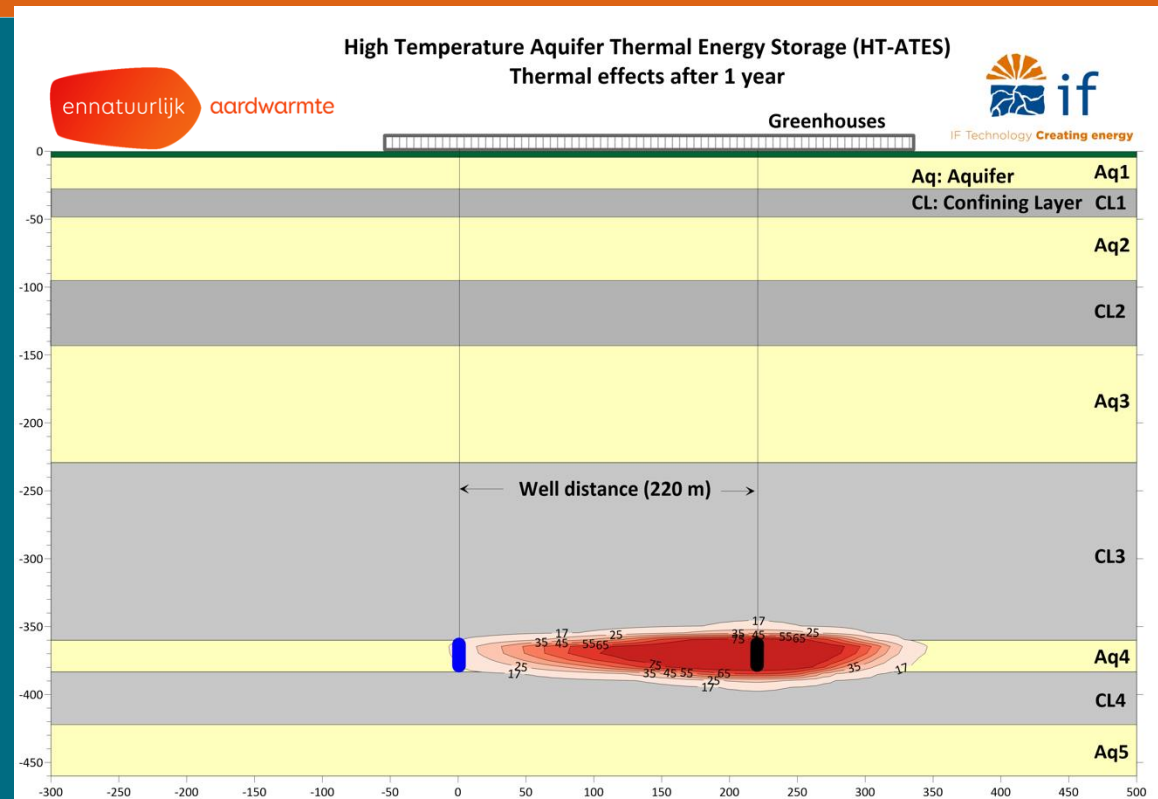
• Rekenvoorbeeld OBES 10MW warmteopslag (Middenmeer):

- HTO Middenmeer 10 MW: 150 m³/u (dT = 55 °C) → 1 HTO doublet
- Reguliere WKO van 10 MW: 1.000 m³/u (dT = 8 °C) → 20 WKO doubletten

Heatstore.eu

HTO Middenmeer

Hoe ziet het systeem er uit? - Verschillen met WKO en MTO - Lessons Learned na 5 jaar bedrijf



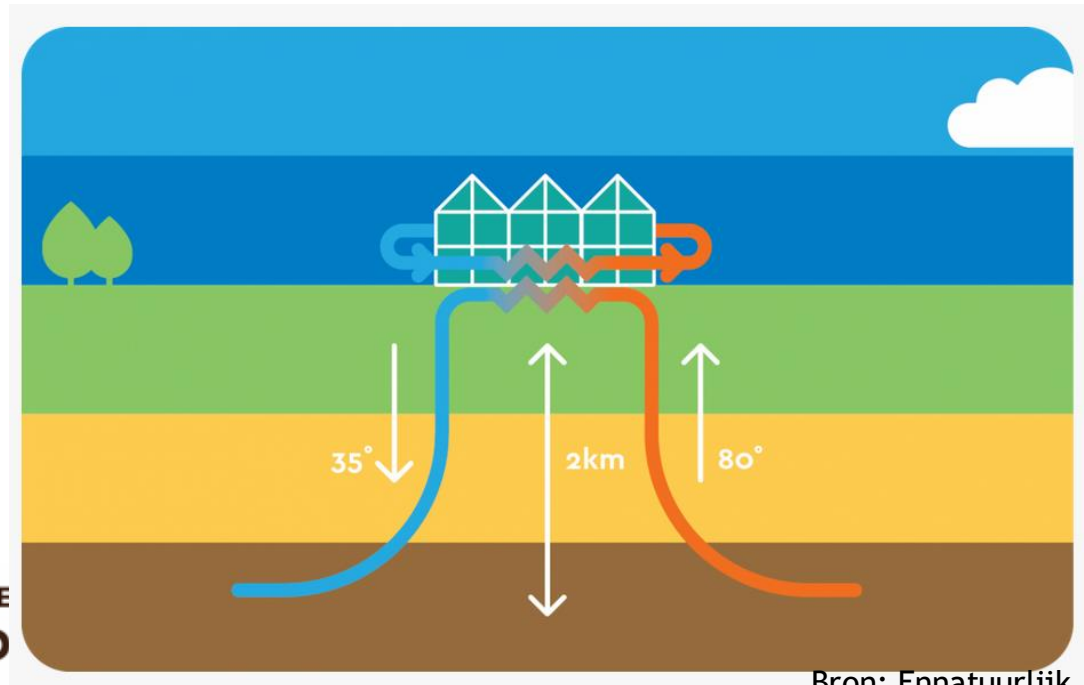
HTO Middenmeer: Waar?

ennatuurlijk

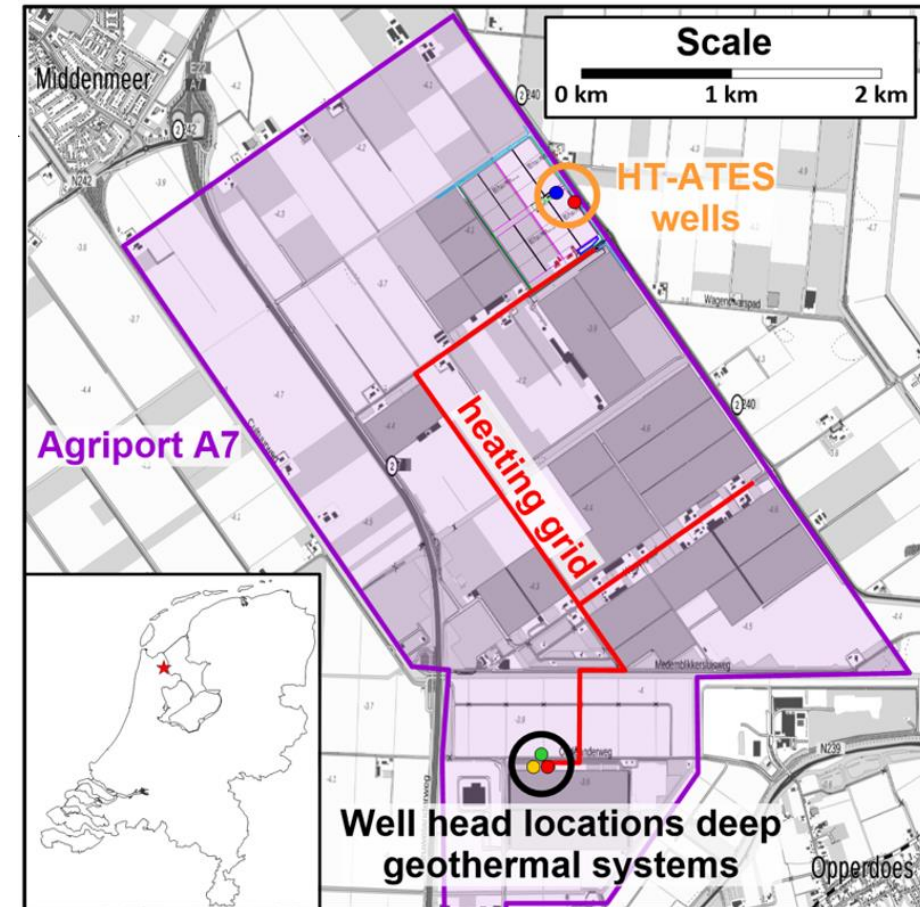
aardwarmte

Ennatuurlijk Aardwarmte - Middenmeer

- 3 Geothermie doubletten (80 - 85 °C)
- Warmtenet voor grootschalige glastuinbouw (Agriport A7)
- 1 HTO doublet



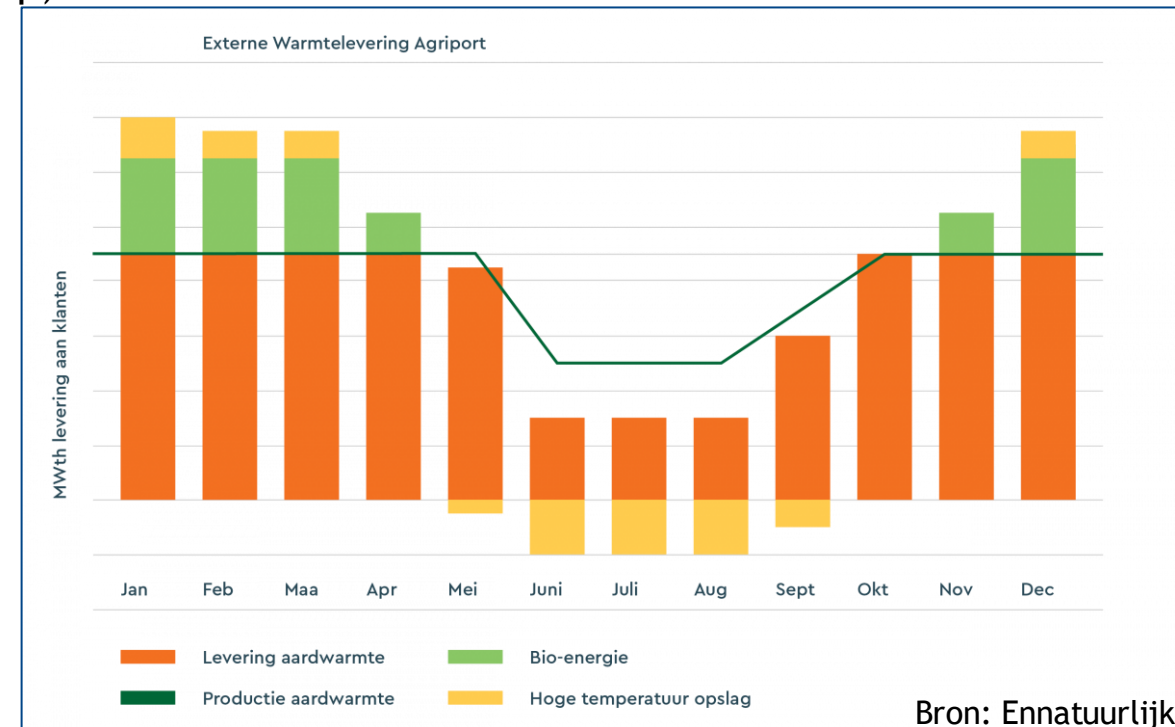
Bron: Ennatuurlijk



HTO Middenmeer: Waarom?

Voordelen van HTO

- Jaarlijks meer productie uit Geothermie, dankzij HTO (badkuip)
- Beter gebruik van warmtenet capaciteit



HTO Middenmeer: Wat?

Één Doublet, gigantische warmteopslag

Verschillen met WKO:

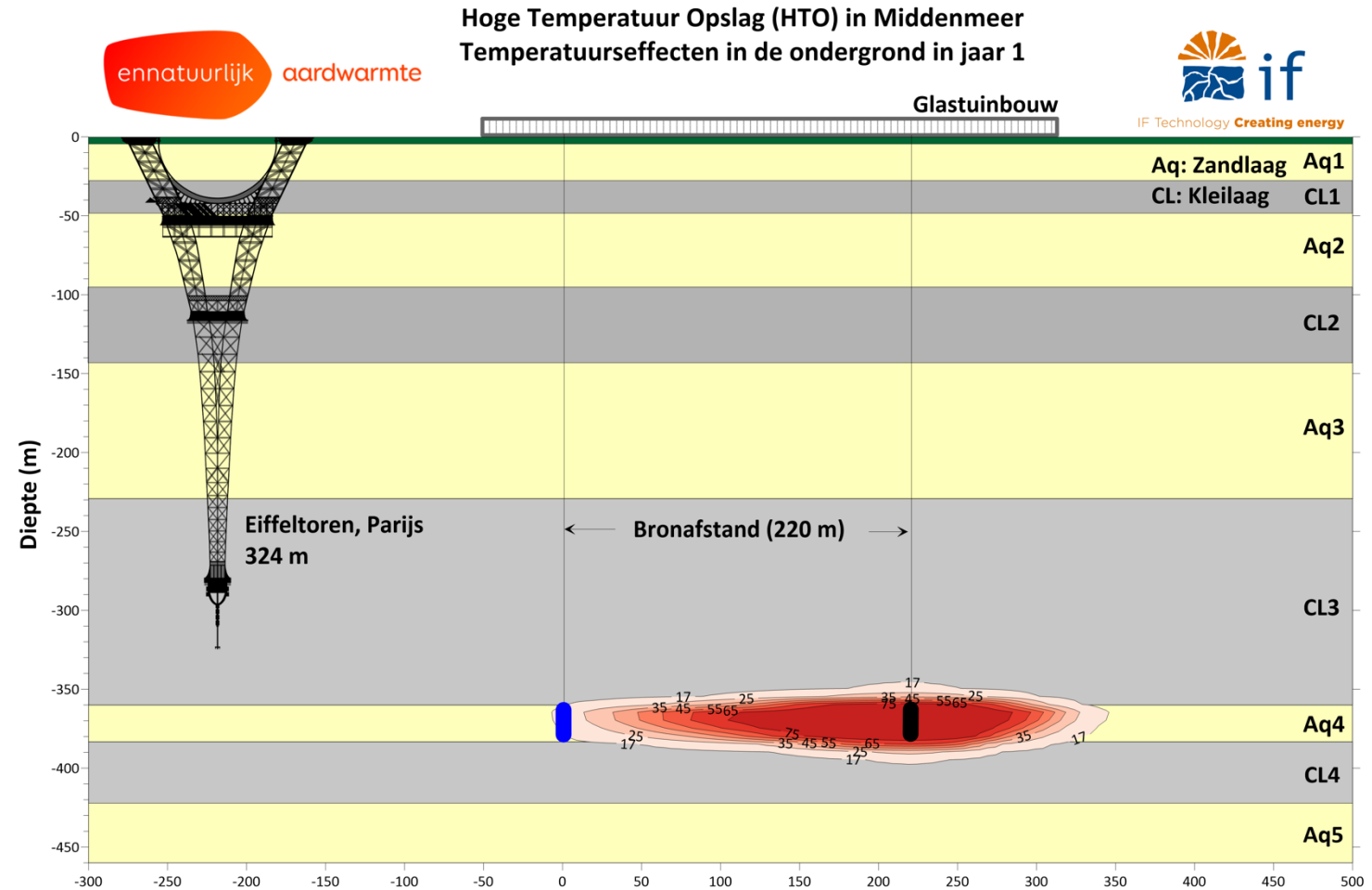
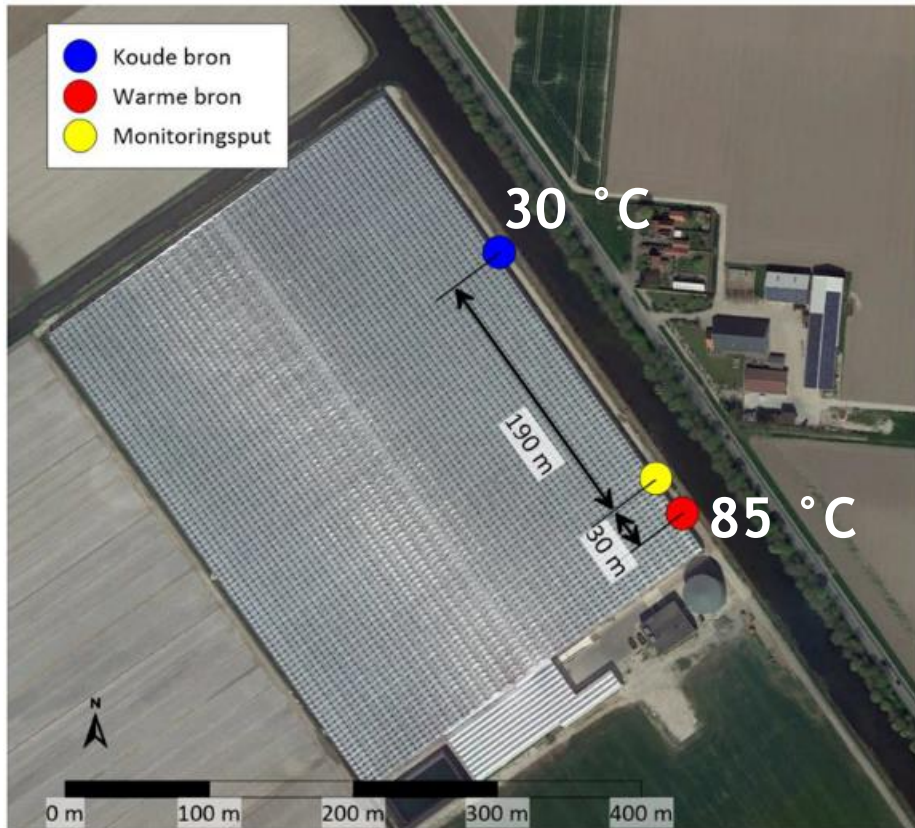
Algemeen: Schaal van opslag, Temperatuur

Ontwerp: Aantal benodigde bronnen, materiaal, waterbehandeling

Parameters	eenheid	Zomer	Winter
Grondwater verplaatsing	[m ³ /seizoen]	440,000	440,000
Debiet (ontwerp)	[m ³ /h]	150	150
Injectie Temperatuur	[°C]	85	30
Thermisch vermogen opslag	[MW]	10	2 - 8
Omvang Energieopslag	[MWht/yr]	28,000	20,000



HTO Middenmeer: Wat?



HTO Middenmeer: Hoe?

Proefboring (2019)



Ontwerp en Realisatie (2020)
(Composiet put, meetinstrumenten)

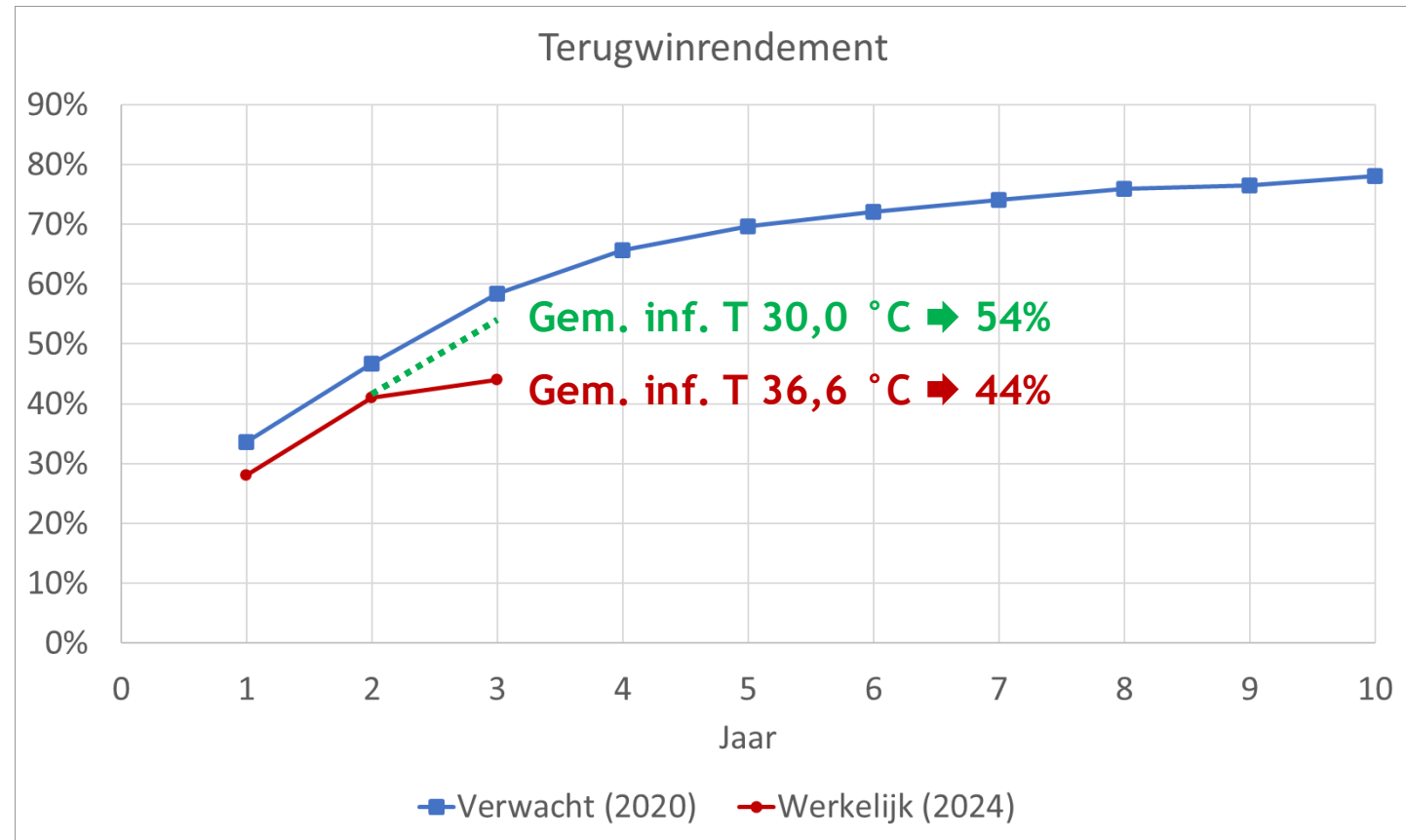


Operatie en monitoring (2021-heden)



HTO Middenmeer: Rendement?

- Terugwinrendement conform verwachting?
 - Rendement groeit ieder jaar
 - Iets lager dan inschatting 2020
 - Kleiner opslagvolume
 - Temp. K-bron hoger dan ontwerp (warmte niet allemaal gebruikt)



HTO Middenmeer: Putverstopping?

Verstoppingsproces

- Kalkneerslag door hoge Temp.
- Verstopping door deeltjesproductie

Mitigatie

- CO₂-dosering
- Continue filtering deeltjes

Prestatie

- Werkt goed, wel complex
- Werkt goed, relatief eenvoudig



HTO Middenmeer: Take Home Message

HTO Middenmeer laat zien: HTO kan en het werkt!

- Geschikt voor grootschalige warmteopslag op hoge T (Geothermie, Warmtenetten, restwarmte)
 - Technische aandachtspunten, maar (bewezen) effectieve mitigatiemaatregelen beschikbaar
 - Niet alleen de bodem, ook integratie HTO in warmtesysteem is bepalend voor prestatie
-
- **Vergunning mogelijk?** Ja, Omgevingswet biedt ruimte via maatwerk. Voorwaarden in vergunning.
 - **Vooruitblik MTO/HTO?** Opschaling op korte termijn mogelijk door volwassen BE sector en >35 jaar ervaring bij overheden en markt. Unieke Nederlandse ondergrond

Deze zomer: TKI onderzoeksproject HTO-PEN afgerond. 4-jarige studie naar effecten en prestatie van HTO.



GEBRUIKERSPLATFORM
bodemenergie

28 mei 2026

**Middelhoge en Hoge Temperatuur Opslag (MTO, HTO):
Meerwaarde van een nieuwe generatie Open Bodemenergiesystemen**

Hartelijk dank voor uw aandacht

Zijn er nog vragen?

KWR

Stijn Beernink | stijn.beernink@kwrwater.nl



Peter Oerlemans | p.oerlemans@iftechnology.nl