



Warmtebuffering: een no-brainer



Inleiding

Ontwerp duurzaam systeem gemaakt op kortdurende piekbelasting (koudste dag van het jaar). Dit resulteert in grote systemen.

Duurzame warmte kan worden gebufferd als de vraag / elektriciteitsprijs laag is en gebruikt worden als de vraag / elektriciteitsprijs hoog is

Hierdoor:

- Beter gebruik van duurzame warmtebron - er kan duurzame warmte worden geleverd: zelfs tijdens een dunkelflaute
- Stabieler levering zorgt voor minder slijtage van de bron.
- Vermindering netcongestie. Tijdens de piekvraag levering uit de buffer.
- Buffering is interessant vanuit maatschappelijk en financieel perspectief → deze presentatie.

Warmtebuffering: een no-brainer

Inleiding

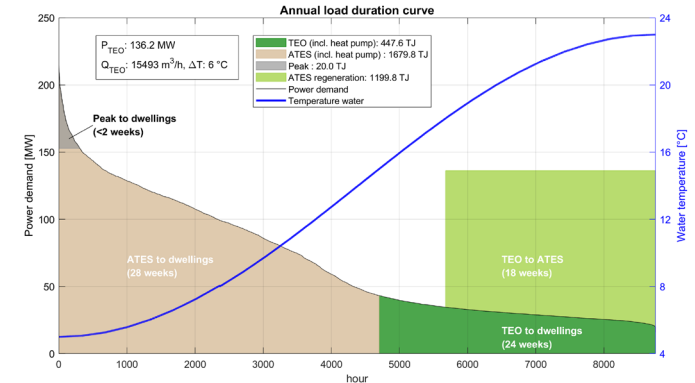
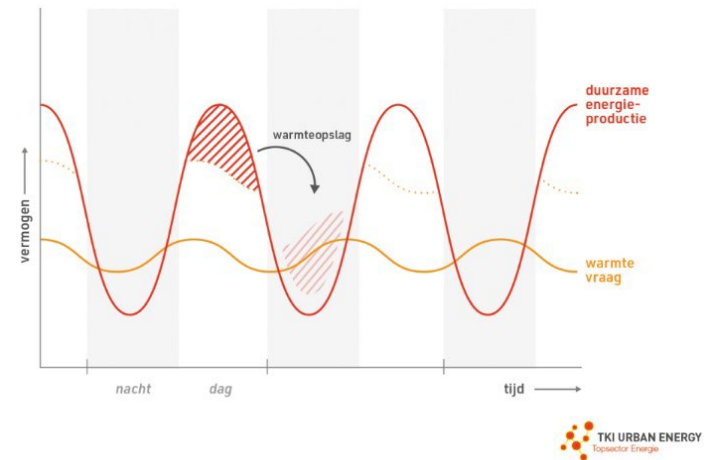
Warmteopslag kan plaats vinden op verschillende termijnen:

- Seizoensopslag
- Dagopslag

Voor beide vormen zijn opslagmogelijkheden:

- WKO: typische seizoensopslag
- Buffervat: typische dagopslag

We gaan verder in op een aantal vormen van warmteopslag die in de praktijk worden toegepast

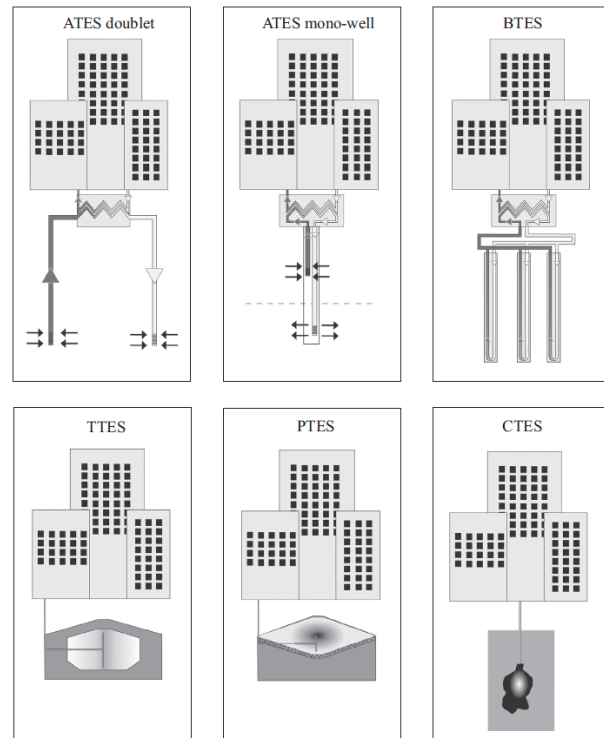


Warmtebuffering: een no-brainer

Typen warmtebuffering

Afkorting	Beschrijving	Nederlands
ATES	Aquifer thermal energy system	WKO
BTES	Borehole thermal energy system	Bodemlus
TTES	Tank thermal energy system	Buffervat
PTES	Pit thermal energy system	Opslag in kuil / put
CTES	Cavern thermal energy system	In grot

- Warmteopslag in vaste materialen (steen, beton, basalt)
- Warmteopslag in zoutoplossing
- Stoomaccumulator
- Warmte in fase-verandering materialen

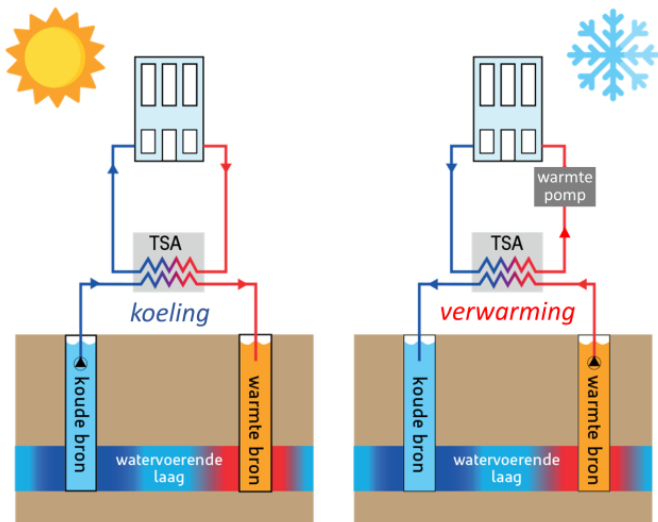


Fleuchaus, 2018

Warmtebuffering: een no-brainer

Voorbeeld warmtebuffering - ATES

Duizenden WKO systemen in Nederland door het hele land
Nu alleen lage temperatuur, maar er wordt ook gekeken
naar hoge temperatuur opslag in een WKO (HT-ATES)



1990



2000



2010

Warmtebuffering: een no-brainer

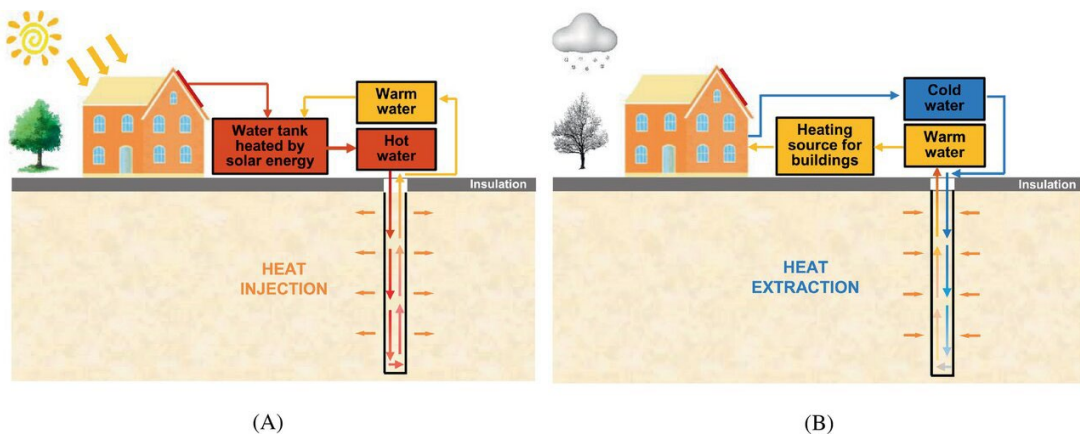
Voorbeeld warmtebuffering - BTES

Vaak toegepast bij nieuwbouw

Voor individuele toepassingen

Combinatie met PTV collectoren mogelijk

Warmteverlies (en dus efficiëntie) afhankelijk van grondwaterstroming



Warmtebuffering: een no-brainer

Voorbeeld warmtebuffering - TTES

Voor individuele toepassing:

- Boilervat (warm water voor douche / keuken)
- Buffervat (warm water voor verwarming)

Voor dagelijkse opslag (t.b.v. balanceren)

Voor grootschalige toepassing mogelijk

Onder hoge druk en hoge temperatuur mogelijk



Warmtebuffering: een no-brainer

Voorbeeld warmtebuffering - PTES

Grootschalige seizoensopslag projecten in Denemarken



Toftlund – 85,000 m³ (2017)

Vojens – 205,000 m³ (2015)



Dronninglund – 60,000 m³ (2014)

Marstal – 75,000 m³ (2012/2020)



Energiforsk:
Slutkonferens Termiska energilager
19. Jan. 2021

Gram – 120,000 m³ (2015)



RAMBOLL

Hoge efficiëntie (>90%)

Zowel seizoensopslag als dagopslag mogelijk

Boven grondwaterstand i.v.m. warmteverlies en opwarming grondwater

Uitgegraven grond gebruiken voor dijk rondom opslag

Warmtebuffering: een no-brainer

Hocosto:

warmteopslag onder speeltuin



Voorbeeld warmtebuffering - CTES

Mijnwater Heerlen

Thermische opslag in volgelopen mijngangen

Natuurlijke opwarming van de aarde – dus naast opslag ook productie



Warmtebuffering: een no-brainer

Twee uitwerkingen

Ontwerp warmtenet: Vergelijking warmtenet met en zonder buffer met

Design Toolkit

Dit resulteert erin dat de buffer ervoor zorgt dat de bron kleiner gedimensioneerd kan worden

Ontwerp buffer op basis van marktprijs elektriciteit

Hierbij wordt de actuele elektriciteitsprijs gebruikt om te bepalen of je buffert, direct levert, of levert vanuit de buffer.

Design toolkit

Effect buffering op ontwerp

Warmtebuffering: een no-brainer



Berekening buffer met Design toolkit

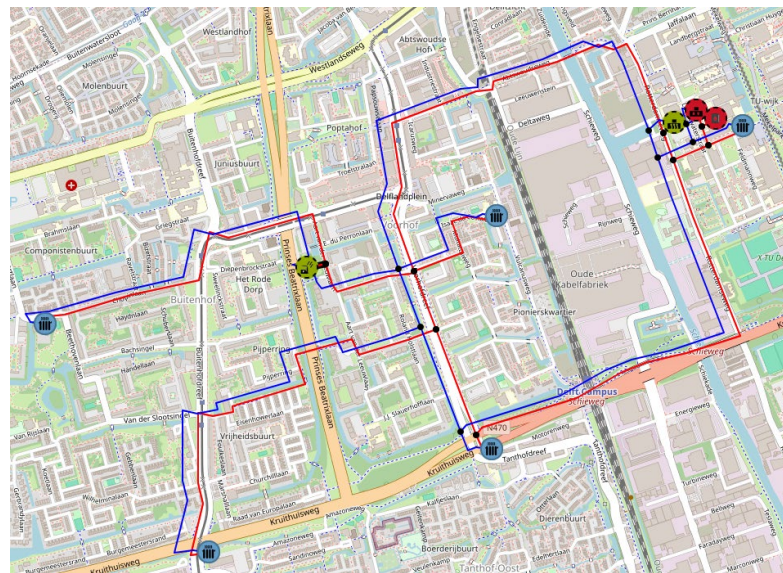
Met de Design Toolkit kun je een warmtesysteem ontwerpen
(<https://nwn.nu/projecten/innovaties/design-toolkit-warmtenetten/>)

- Er is een bèta versie ontwikkeld onder het WarmingUP programma
- Doorontwikkeling onder Nieuwe Warmte Nu. Versie 1.0 verwacht eind 2026
- Doel: sneller en slimmere warmtenetten ontwerpen om zo kosten te besparen
- Focus: transport systeem van bron tot warmteoverdrachtstations in de wijk
- Ontwikkeld door TNO, Deltares, The People Group en in nauwe samenwerking met 10 partners.

Berekening buffer met Design toolkit

Warmtenet in Delft

- Vraag (blauw):
 - Meerdere wijken met variatie in bouwjaar
 - Warmtevraag over het jaar bekend
- Bron
 - Geothermie (max 30W - Rood)
 - Connectie met Warmteling (max 30MW - Groen)
- Opslag
 - HT-ATES (Rood)
 - Dag-nacht buffer
- Transport
 - Voorbeeld routes, diameters moeten worden geoptimaliseerd



<https://vimeo.com/1041187906/3ca485b386>

Warmtebuffering: een no-brainer

Berekening buffer met Design toolkit

De Design Toolkit optimaliseert het netwerk voor de laagste kosten (CAPEX en OPEX)

- Grootte van de bronnen
- Grootte WKO
- Route
- Grootte transportleidingen

Let op: de uitkomsten hangen sterk af van de waarden die als input (bijvoorbeeld kostenkentalen) worden gebruikt

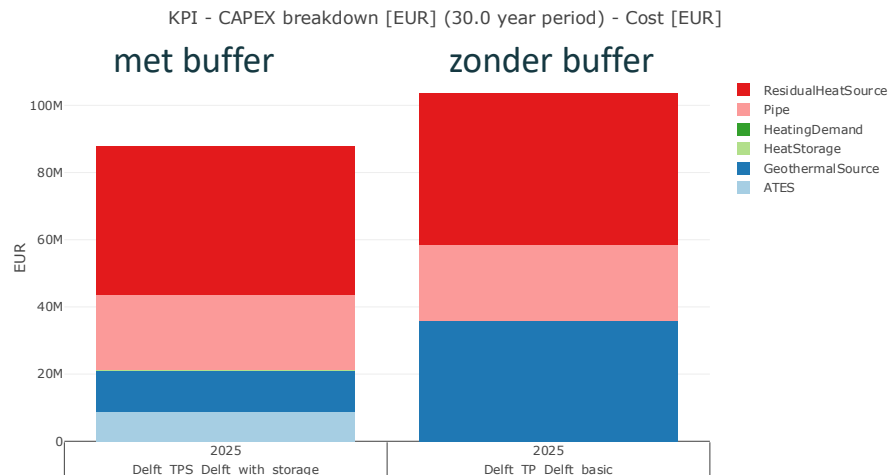
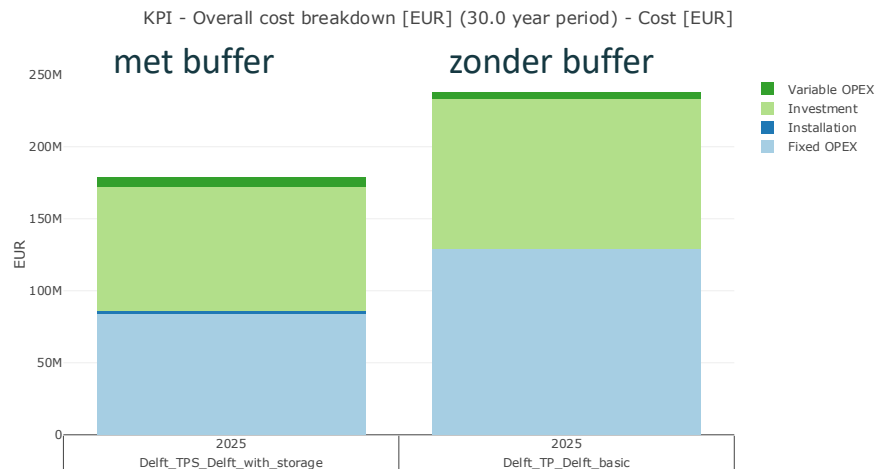
Resultaat

Buffers toevoegen reduceert de totale kosten in dit voorbeeld met:

- Totale kosten
 - 50 miljoen euro (22%)
- CAPEX:
 - 15 miljoen euro
 - Door kleiner geothermiebron
- OPEX:
 - 35 miljoen euro
 - Door lagere vaste operationele kosten (i.v.m. kleiner systeem)

De kostenkenticallen die gebruikt zijn in deze berekeningen zijn afgeleid in het WarmingUP programma

Warmtebuffering: een no-brainer



Rekenmodel buffering op basis van elektriciteitsprijs

Warmtebuffering: een no-brainer

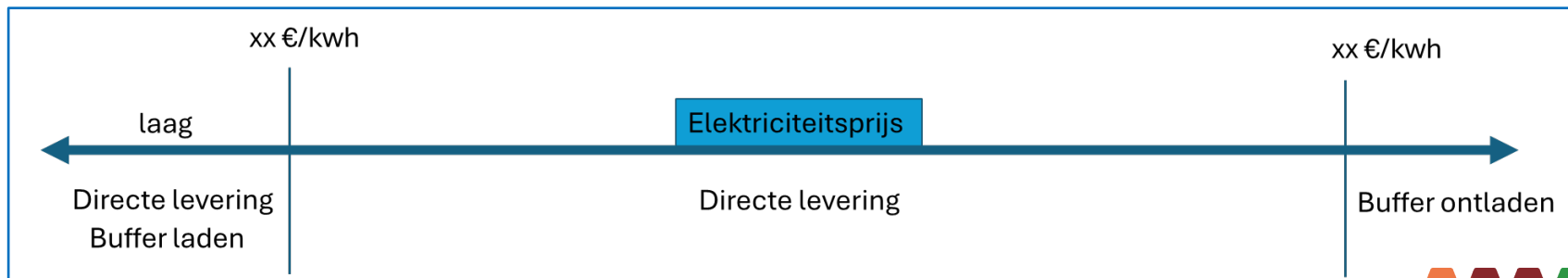


Rekenmodel warmtebuffering

We hebben een eerste rekenmodel opgezet in Excel om een seizoenopslag te ontwerpen. We gaan dit model in de verdiepingssessie gebruiken.

Dit rekenmodel kan worden gebruikt om een eerste beeld te krijgen wat warmtebuffering kan doen op de businesscase en hoe groot het ongeveer ontworpen moet worden

Als een buffer in het systeem interessant is, dan kan het verder uitgewerkt worden



Warmtebuffering: een no-brainer

Rekenmodel warmtebuffer

- Warmte wordt met een warmtepomp aan de buffer toegevoegd
- Data bronnen
 - Elektriciteitsprijzen gebaseerd op prijzen energiemarkt (verleden) en het energietransitiemodel (toekomst)
 - Warmtevraag gebaseerd op warmtevraagprofiel volgens het energietransitiemodel (<https://energytransitionmodel.com/>)

Aandachtspunten rekenmodel

- Gele invulvelden aanpassen naar eigen inzichten
- Zorgen dat de buffer groot genoeg is en in balans is over een geheel jaar (d.w.z.: er moet net zoveel warmte geladen als ontladen worden)

Warmtebuffering: een no-brainer

Rekenmodel warmtebuffer

Wijk met centrale warmtepomp		
ruimteverwarmingvraag per woning	32	GJ / jaar
	8889	kwh / jaar
COP warmtepomp	3	-
elektriciteit warmtepomp	2963	kwh / jaar
aantal woningen	70000	-
elektriciteitsvraag	207407407	kwh / jaar
jaar analyse	2050	(2018, 2023, 2035,2040,2050)

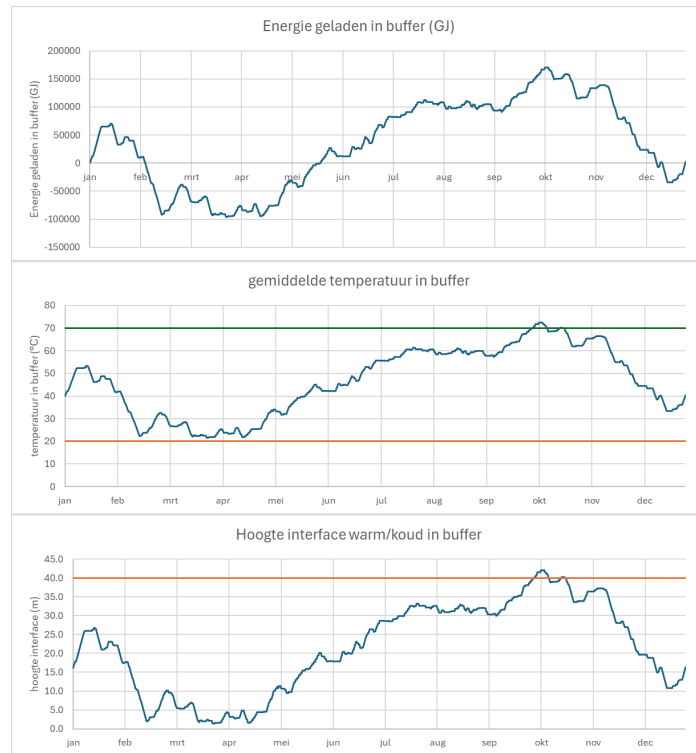
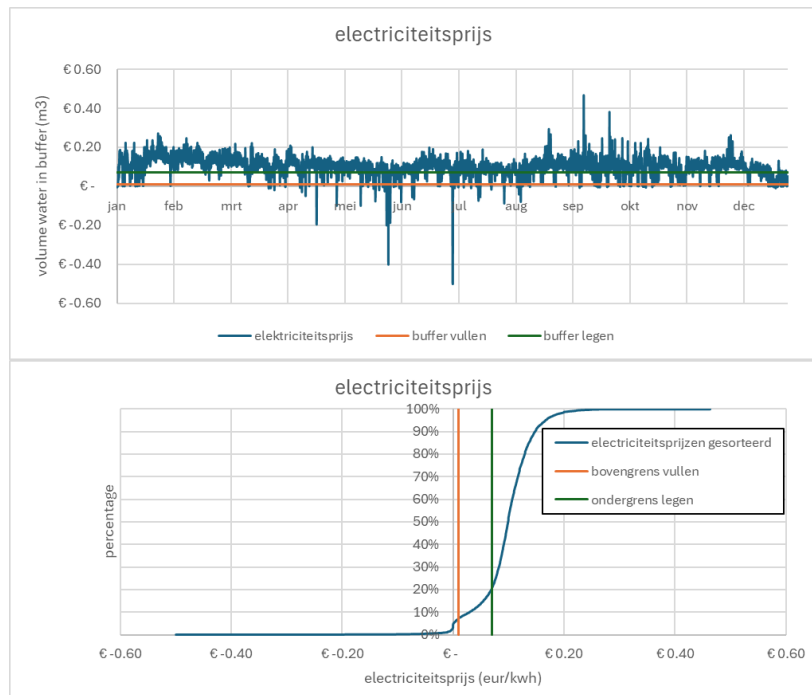
Buffer				
vullen	(prijs kleiner dan)	€	0.01	
leggen	(prijs groter dan)	€	0.07	
volume	m3	1250000	buffer hoogte (m)	40
temp buffer laag	°C	20	diameter (m)	199.5
temp buffer hoog	°C	70		
P buffering	MW	125		
Q vullen	m3/h	2153		
dT per uur	°C	0.09		
start temperatuur buffer	°C	40		
start energie in buffer	GJ	0		

aansluiting				
		datum	vermogen	
max vermogen zonder buffer		28-02-00 19:00	75884.3	kW
max vermogen met buffer		28-02-00 15:00	64147.2	kW

Kosten				
			per jaar	levensduur
				1
				30
kosten zonder buffer		€	8,737,062	€ 262,111,861
OPEX met buffer				
kosten warmtepomp	€	30,977		
kosten directe levering	€	4,159,955		
OPEX totaal met buffer			€	4,190,932
CAPEX buffer (per m3)	€ 25	€	31,250,000	
kosten totaal met buffer			€	5,232,599
				€ 156,977,960
kosten-besparing OPEX			€	4,546,130
				€ 136,383,900
				52%
terugverdientijd buffer (jaar)				6.9

Warmtebuffering: een no-brainer

Rekenmodel warmtebuffer



Warmtebuffering: een no-brainer

Conclusie

Warmtebuffers worden beperkt meegenomen in de ontwerpfase van een warmtenet



Warmtebuffering (in welke vorm dan ook) kan een significante positieve invloed hebben op de business case.

Warmtebuffering heeft een positieve invloed op netcongestie. Op het moment van een elektriciteitsoverschot kan via Power2Heat warmte worden opgeslagen. En er kan een netaansluiting verkregen worden als er flexibel wordt afgenomen

Het is aan te raden om de meerwaarde van een warmtebuffer bij de start van een project goed te onderzoeken

Warmtebuffering: een no-brainer



Anton de Fockert
Ronald Roosjen
Sam van der Zwan



Vervolg

Presentatie InvestNL: Max Verbaas - Hoe verbetert buffering de businesscase en hoe zorgt het voor een kortere return-on-investment?

Presentatie Linthorst: Rene Geerts - Hoe ziet thermische buffering er in de praktijk uit?

Warmtebuffering: een no-brainer



Hoe warmteopslag je business case kan verbeteren

NPLW Impulsdag | 19 juni 2025

Financieringsknelpunten van warmteopslag



Hoge investering en onduidelijke terugverdientijd – De te verwachten financiële baten van warmteopslag zijn onduidelijk terwijl opslaginstallaties een extra investering zijn in projecten.



Nog geen bewezen technologie – Het wordt nog weinig toegepast, en kennis over de waarde van warmteopslag ontbreekt. Financiers kunnen de waarde van warmteopslag in het energiesysteem daardoor moeilijk inschatten.



Onvoldoende stimuleringsmaatregelen – Subsidieregelingen en financiële prikkels specifiek voor warmteopslag blijven uit. Alternatieven zijn daardoor nog een aantrekkelijke optie.



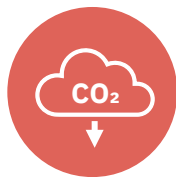
Geen standalone business case – Warmteopslag wordt integraal met een warmtenet beoordeeld terwijl warmteopslag verdienmodellen kent die ervan los staan.

In een onderzoek de volgende financiële/maatschappelijke baten geïdentificeerd



Lagere LCOH

Door warmteopslag kunnen de kosten per geleverde eenheid warmte verlaagd worden. Bij een kostenplus model kan dit ook resulteren in lagere eindgebruiker kosten.



Lagere emissies

Door warmteopslag te laden met groene stroom zijn de emissies van de geleverde warmte lager met lagere emissiekosten in de business case.



Minder netcongestie

Door de warmteopslag te laden op momenten dat er een overschot is aan hernieuwbare elektriciteit en te gebruiken op piek vraag momenten van het elektriciteitsnet.



Minder curtailment

De overschotten van hernieuwbare elektriciteit kunnen worden opgeslagen in warmte waardoor de zon en windparken bij een overschot niet uit gezet dienen te worden.

In een modellering de baten berekend voor verschillende soorten warmtenetten

Door een vorm van warmteopslag toe te voegen aan een warmtenet kan de:



LCOH* omlaag waardoor de businesscase verbeterd wordt en warmte voor de consument mogelijk betaalbaarder wordt

Van 25 €/GJ zonder opslag naar 23,8 €/GJ (-5%)

Door PTES toe te voegen aan een middelgroot MT warmtenet met een groot warmtepomp, WKK en gasketels



CO₂-uitstoot omlaag waardoor emissiedoelen sneller behaald worden en de emissiekosten afnemen

Van 15,7 kg CO₂ / GJ zonder opslag naar 11,1 kg CO₂ /GJ (-29%)

Door HT-ATES toe te voegen aan een groot MT warmtenet met geothermie en gasketels



Netbelasting omlaag en in het geval een non-firm ATO is afgesloten ook een lagere LCOH* en uitstoot

Met non-firm ATO van 27,0 €/GJ zonder opslag naar 25,0 €/GJ

Door TTES toe te voegen aan een klein LT warmtenet met aquathermie en gasketels



Curtailment omlaag en daardoor meer gebruik van beschikbare hernieuwbare elektriciteit

Van 2 MWh zonder opslag naar 18 MWh

Door TTES toe te voegen aan een klein LT warmtenet met aquathermie en gasketels

Positieve effecten op de businesscase vanuit het perspectief van een financier



Robuustheid van case verbeterd – De businesscase is minder afhankelijk van schommelingen in de gas- en elektriciteitsprijs. Er is zo meer zekerheid in de case – financiers hebben meer zekerheid dat hun lening zoals afgesproken wordt terugbetaald.



Lagere productiekosten voor warmte – Nu verbetert dit businesscase omdat er meer marge is (opbrengst - kosten). Met de nieuwe warmtewet wordt er overgegaan op een kostenplus tarief en betekent dit dat er een lager warmtetarief kan worden gehanteerd. De marges staan dan vast wat meer zekerheid biedt aan financiers.



Lager volloopprijs – In de nieuwe warmtewet is het aannemelijk dat er een lager warmtetarief kan worden behaald door warmteopslag. Daarmee verbetert de propositie naar mogelijke gebruikers en worden er waarschijnlijk meer aansluitingen gerealiseerd. De afzet van warmte wordt zo vergroot.



Haalbaarheid verbeterd – Ondanks netcongestie kan een warmtenet worden aangelegd omdat opslag ervoor zorgt dat het een netbewust warmtenet wordt. Ook verbetert de duurzaamheid van een warmtenet aanzienlijk, de duurzaamheidseisen kunnen zo makkelijker worden behaald.



Duurzaamheid van portfolio verbeterd – Financiers zijn hun portfolio aan investeringen ook aan het verduurzamen. Door warmteopslag wordt een warmtenet duurzamer en daarmee ook een meer aantrekkelijke investering voor de financier.

Vervolg

Presentatie Linthorst: Rene Geerts - Hoe ziet thermische buffering er in de praktijk uit?

Warmtebuffering: een no-brainer

