

13-03-2023



# Flexibili-tijd

**KWR**

Bridging Science to Practice



~  
Drie keer welkom!

# Welkom bij KWR Water Research institute

- Onderzoek bij KWR gaat over water en energie
- Motto 'bridging science to practice'
- Aandeelhouders: 10 Nederlands and 1 Vlaams drinkwaterbedrijf
- +/-200 werknemers: +/- 160 onderzoekers



Kiwa  
opgericht



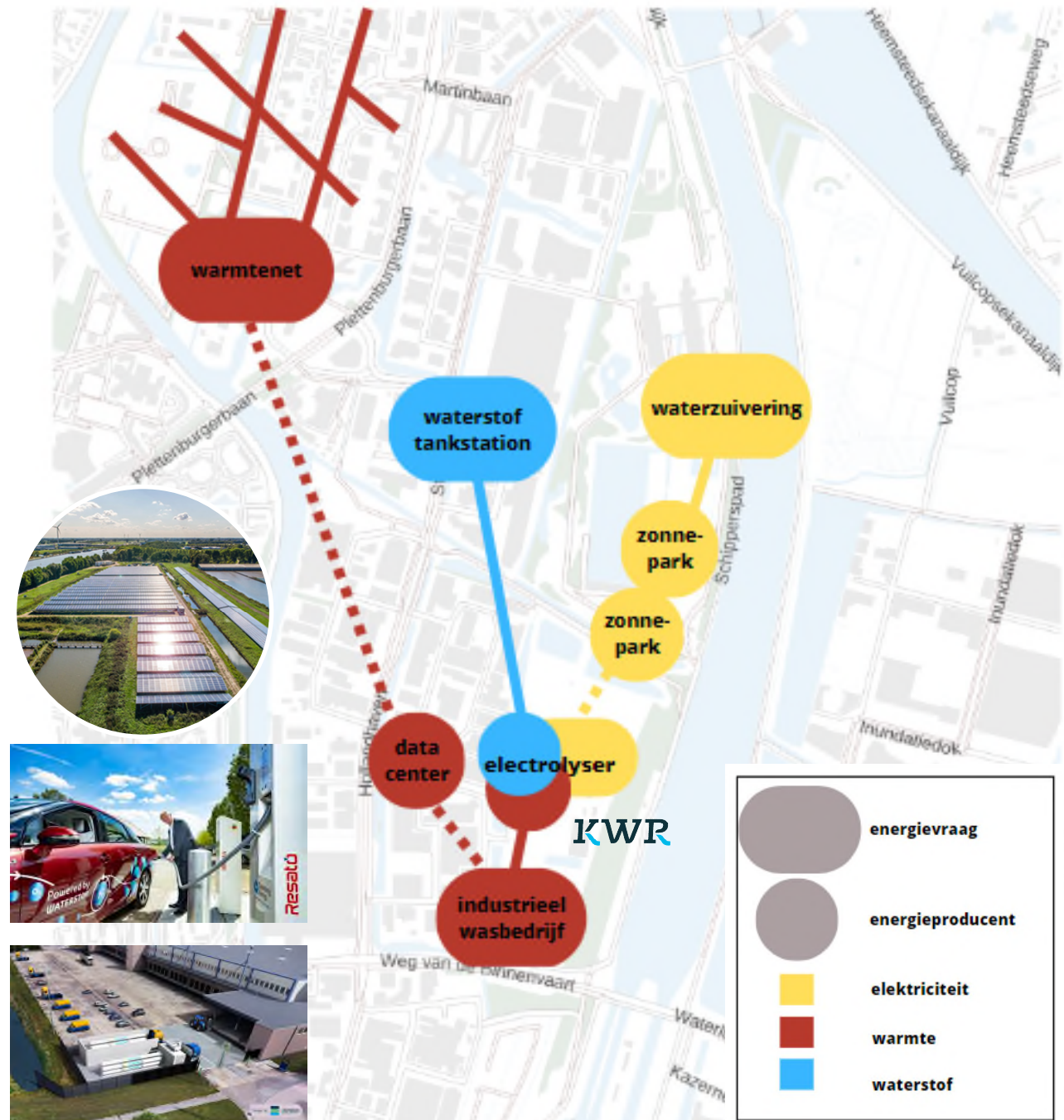
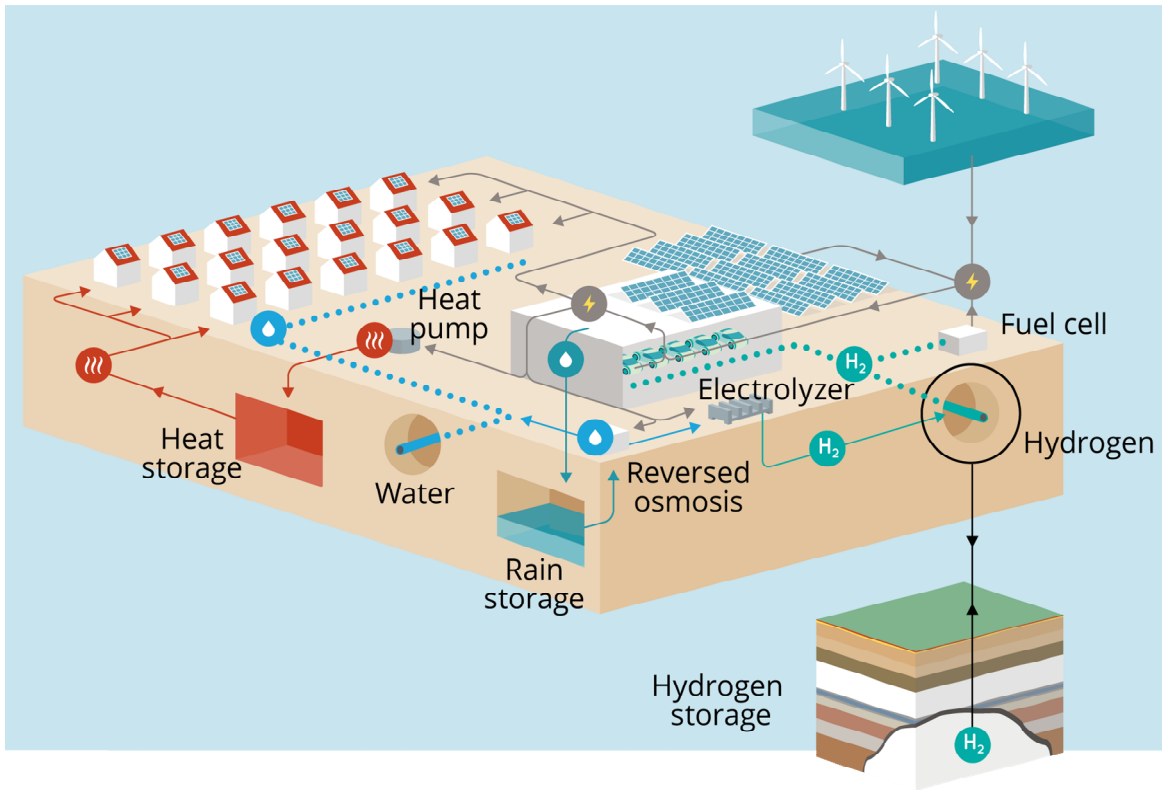
Afdeling  
water-  
onderzoek:  
KWR



KWR  
onafhankelijk



# Bridging science to practice: Power-to-X onderzoek en realisatie rond ons terrein



# Welkom 2

## P2H+S: integratie van elektriciteit en warmte

Robert Jan van Egmond  
13 maart 2023



# TKI Urban Energy in het kort

- **Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma's**
  - MMIP2: Hernieuwbare opwek op land
  - MMIP3: Versnelling energierenovaties
  - MMIP4: Duurzame Warmte & Koude**
  - MMIP5: Elektrificatie van het energiesysteem**
- Consortiumvorming & begeleiden co-financiering
- Kennisontwikkeling en disseminatie: rapporten, events, social
- Opschaling (UPTEMPO! / Versnellingsprogr. Bedrijventerreinen / Verbouwstromen)



## Verbinden elektriciteit en warmte

- Flex is meer dan elektrische batterijen en waterstof!
- Welke rol kan P2H+S spelen?
- Ons doel: handvatten bieden om de warmte- en elektriciteitswereld samen te brengen



# Contactpersonen TKI Urban Energy

Elektrificatie van het energiesysteem

Duurzame warmte & koude



Jasmijn Kleij – innovatieanalist



Maarten de Vries – Programmamanager



David van Petersen – innovatieanalist



Robert Jan van Egmond - Programmamanager





# Welkom 3: Learning Community Systemintegratie

In de Nationale Learning Community Systemintegratie werken en leren professionals, onderzoekers en studenten vanuit de kennisinstellingen samen aan systeemintegratievraagstukken.

## Organisaties

- Hogeschool van Amsterdam
- HAN ism Hogeschool Saxion
- TU Delft| The Green Village
- Hanzehogeschool Groningen
- KWR
- Jouw organisatie?





# Programma

- 13:00-13:10 uur Drie keer welkom en introductie
- 13:10-14:10 uur Presentatie over eindresultaten van studie “Potentie van Power-to-heat en warmteopslag als flexibiliteitsoplossing voor de gebouwde omgeving”
- 14:10-14:35 uur Paneldiscussie
- 14:35-15:00 uur Pauze
- 15:00-16:00 uur Presentatie over eindresultaten van het COHEASY-project
- 16:00-16:45 uur Pitches van innovators rond het thema elektriciteit, warmte & flexibiliteit
- 16.45-17.00 uur Afsluiting
- 17:00 uur Netwerkborrel



# Power-to-Heat en warmteopslag in warmtenetten



# CE Delft

- Onafhankelijk onderzoek en advies sinds 1978
- Energie, transport en grondstoffen
- Economische, technische en beleidsmatige expertise
- 80 medewerkers
- Not-for-profit



## Klanten



Bedrijven  
(MKB, industrie,  
transport, energie en  
brancheorganisaties)



Overheden  
(Europese Commissie,  
Europees Parlement, ministeries,  
provincies, gemeenten,  
waterschappen)



NGO's

# Agenda

## Presentatie (~35 min)

- Waarom onderzoek naar P2H+S?
- Wat is P2H+S precies?
- Is er een businesscase voor P2H+S in warmtenetten?
- Hoe past P2H+S in het energiesysteem?
- Hoeveel P2H+S kunnen we verwachten?
- Komt het vanzelf?

## Vragen en discussie (~25 min)

Vragen graag achteraf om uitloop te voorkomen



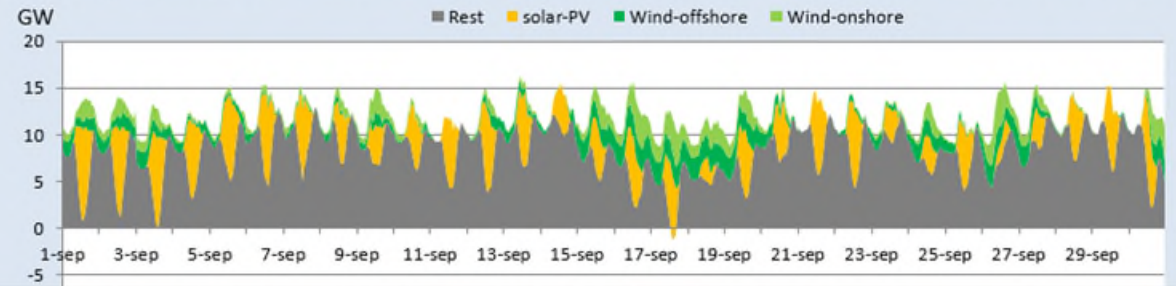
## Waarom onderzoek naar P2H+S in warmtenetten?



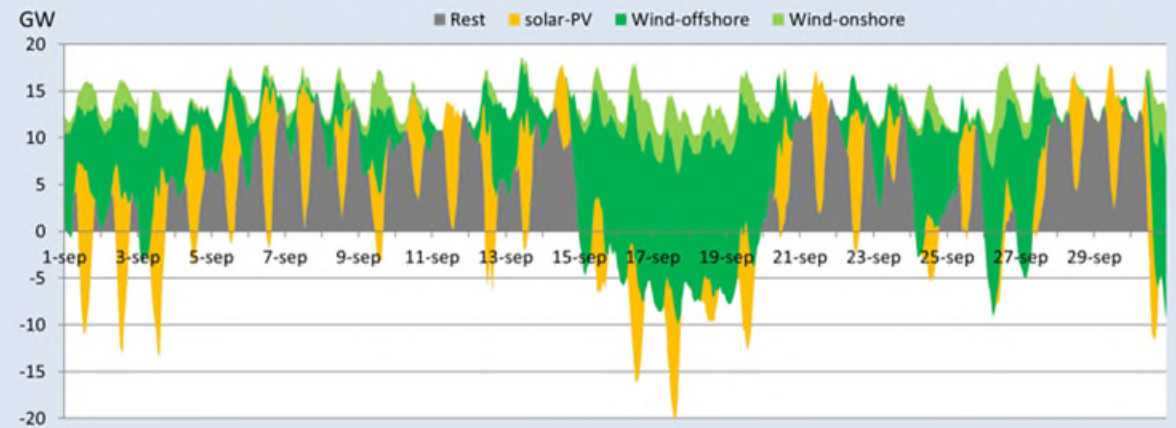
# Aanleiding

- ‘Dom’ verduurzamen loopt ten einde
- Volgende fase moet slimmer  
→ Aanbod en vraag samen bekijken!
- Opslag cruciaal
- Warmte goedkoper op te slaan dan elektriciteit  
→ Power-to-heat met opslag!
- Makkelijker in warmtenetten dan individueel

Bijdragen van zon en wind aan de Nederlandse elektriciteitsvraag in september 2022



Bijdragen van zon en wind aan de Nederlandse elektriciteitsvraag in september 2030



Entrance/Energieopwek.nl

[https://twitter.com/BM\\_Visser/status/1578269642254008320#m](https://twitter.com/BM_Visser/status/1578269642254008320#m)

# Scope

- Alleen gebouwde omgeving  
(geen industrie/glastuinbouw/overig)
- Alleen warmtenetten  
(niet individueel)
- Focus op bestaande bouw
- Hier en daar vergelijking met andere technieken, maar niet uitputtend



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland







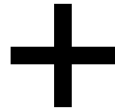
## Wat is P2H+S precies?



## Wat is P2H+S precies?

### Power-to-Heat (P2H)

- Elektrische boilers
- Warmtepompen



### Warmteopslag (Storage)

- Tankopslag (TTES)
- Putopslag (PTES)
- Aquiferopslag (HT-ATES)

## P2H - Elektrische boilers

- Maakt warmte uit elektriciteit
- Goedkoop in aanschaf (~200 €/kWe)
- Rendement ~99%
- Zeer flexibel te schakelen
- Hoge kosten voor netaansluiting

### Klein

Itho-Daalderop

warm water

80 liter

2,5 kW



### Groot

Parat-Halvorsen

warm water of stoom

ca. 80.000 liter

tot 75.000 kW



## P2H - Warmtepompen

- Waardeert warmte op met elektriciteit
  - Uit buitenlucht (klein)
  - Uit bodem/water (groot)
- Duur in aanschaf (1000+ €/kWe)
- Rendement 300+%
  - (afhankelijk van temperatuur)
- Niet zo flexibel

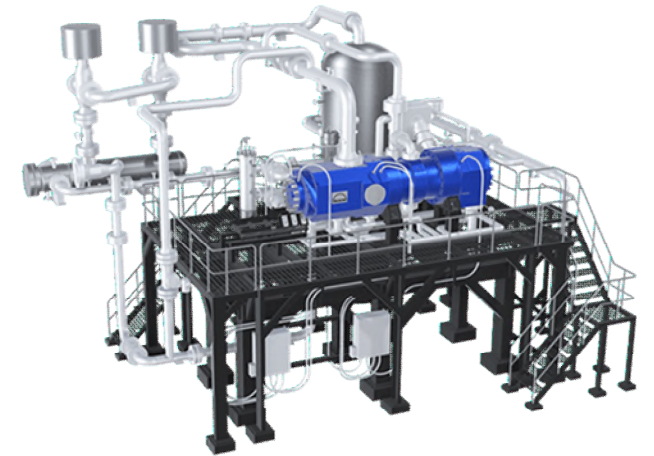
### Klein

Vaillant  
tot 75°C  
tot 10 kW



### Groot

MAN Energy  
tot 150°C  
tot 80.000 kW



# Warmteopslag - TTES

- Opslag van warm water in stalen tank
- Duur in aanschaf (~3 €/kWh)
- Weinig verlies bij korte opslag
  - Typisch ~99% rendement bij dagopslag

## Klein

Itho-Daalderop

warm water tot 85 °C

80 liter

0,015 GJ (85-38)



## Groot

Vattenfall Diemen

warm water tot 125 °C

22.000.000 liter

~5500 GJ (125-60)



## Warmteopslag - PTES

- Opslag van warm water in gat in de bodem
- Goedkoper in aanschaf (~0,4 €/kWh)
- Verliezen afhankelijk van temperatuur, isolatie en opslagduur
  - Typisch ~80% rendement bij maandopslag

**Klein**

Niet bekend



**Groot**

Vojens (DK)

warm water tot 90°C

200.000.000 liter

~40.000 GJ (90-40)

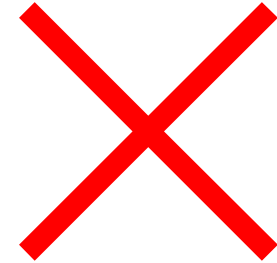


# Warmteopslag - HT-ATES

- Opslag van warm water in watervoerende laag in de bodem
- Op hoge temperatuur (tot 85° C)
- Kosten bepaald door *vermogen* (150 €/kW)
- *Capaciteit* zeer groot
- Rendement redelijk, afhankelijk van temperatuur
  - Typisch 65-70% bij seizoensopslag

**Klein**

Kan alleen groot



**Groot**

Middenmeer

warm water tot 90° C

>100.000 GJ





## Is er een businesscase voor P2H+S in warmtenetten?

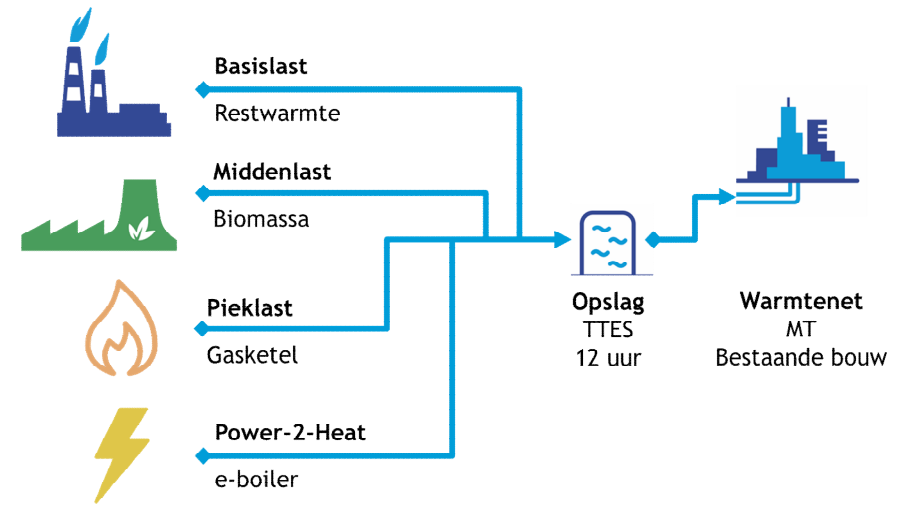




# Business case - Hoe berekend?

- Drie verschillende warmtenetten
  - Alle technieken komen aan bod
- Inzet warmtebronnen op basis van laagste kosten
- Elektriciteitsprijs per uur apart gemodelleerd
- Energieprijzen voor 2030
- Berekening op kostprijs, geen subsidies

# Business case - E-boiler + TTES



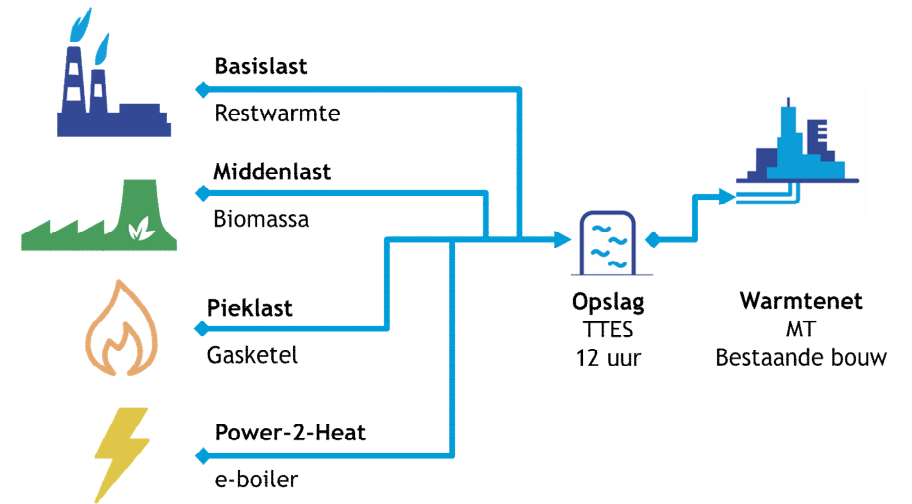
# Business case - E-boiler + TTES

## Opslag rendabel

- Betere benutting basis/middenlast met TTES
  - → Lagere kosten
  - → Lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot (-25%)
- Terugverdiëntijd TTES 10 jaar

## E-boiler niet rendabel

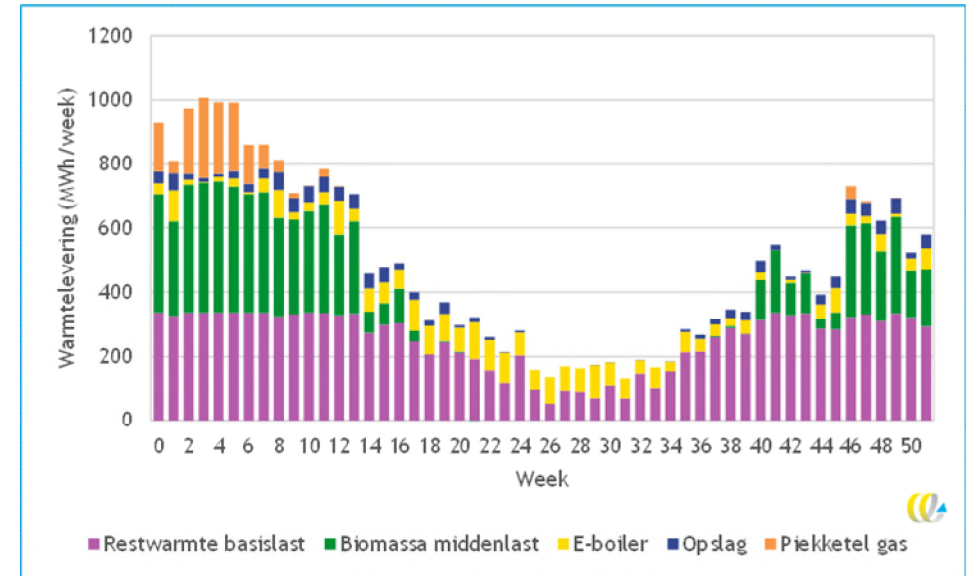
- Nettarief belangrijke kostenpost e-boiler
- E-boiler wel rendabel:
  - In warmtenet met basislast gas + CO<sub>2</sub>
  - (Met SDE++ subsidie)



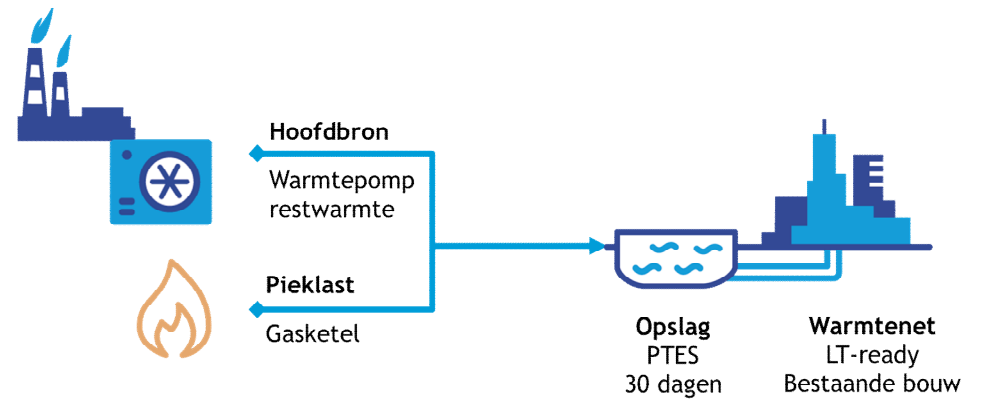
# Business case - E-boiler + TTES

Afbeelding: inzet met P2H én opslag

- Opslag vooral actief in stookseizoen
  - In zomer weinig warmtevraag, wordt al gedekt door goedkope restwarmte
  - E-boiler in zomer tóch aan bij negatieve prijs
- 
- P2H heeft lagere emissies met opslag



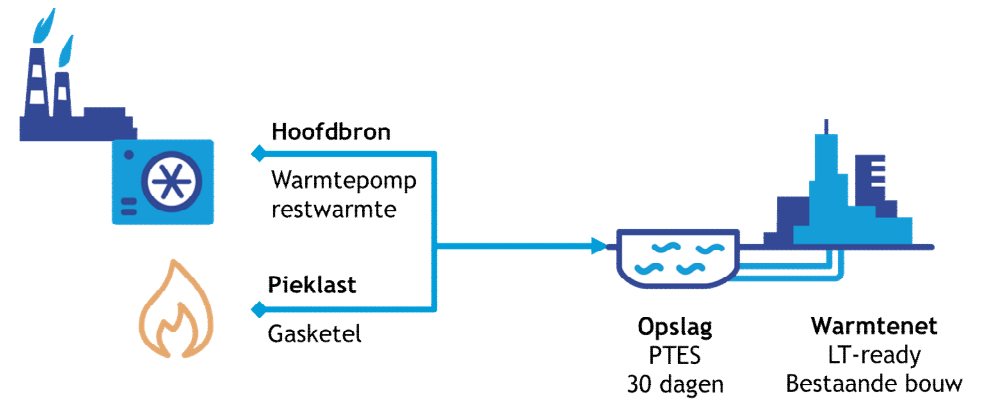
# Business case - WP LT restwarmte + PTES



# Business case - WP LT restwarmte + PTES

## PTES rendabel

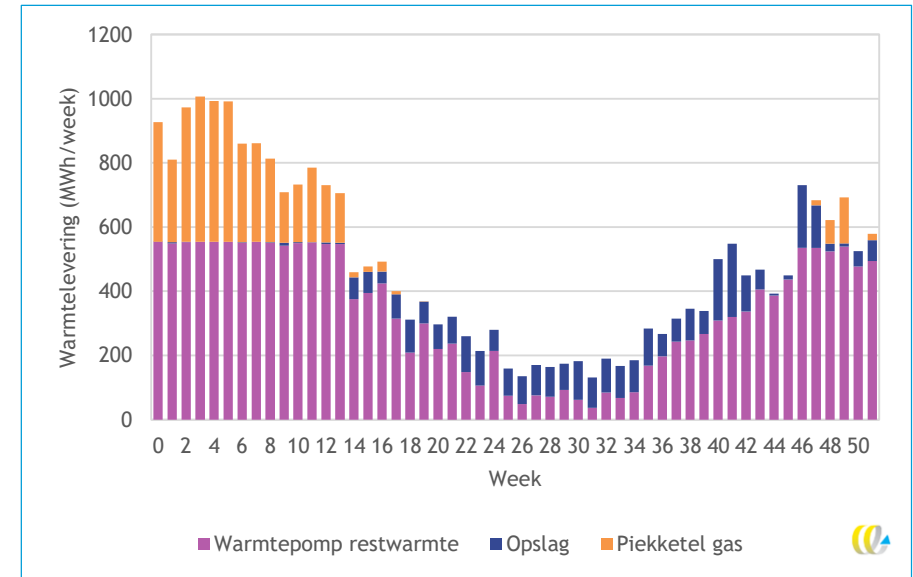
- Terugverdientijd <3 jaar
- Lagere emissies (-15%)
  - Schonere elektriciteit warmtepomp
  - Minder piekgas
  
- Opslag maximaal 2 dagen gebruikt



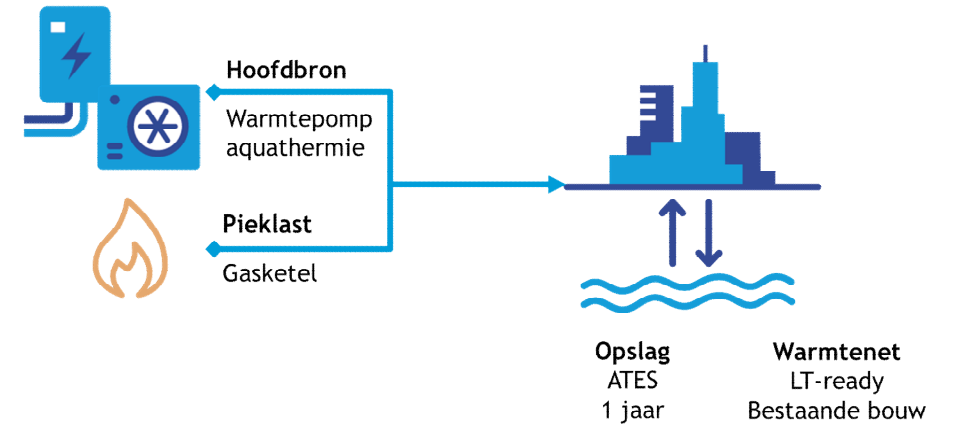
# Business case - WP LT restwarmte + PTES

Afbeelding: inzet bronnen met PTES

- Opslag vooral ingezet in zomer en tussenseizoenen, als warmtepomp capaciteit over heeft
- Met grotere warmtepomp meer gebruik van opslag en nog (veel) lagere emissies



# Business case - WP aquathermie + ATES

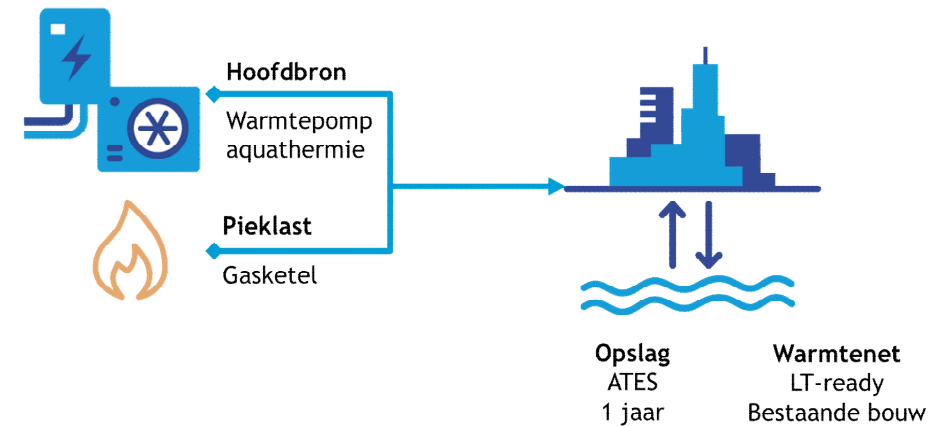




# Business case - WP aquathermie + ATES

## ATES rendabel

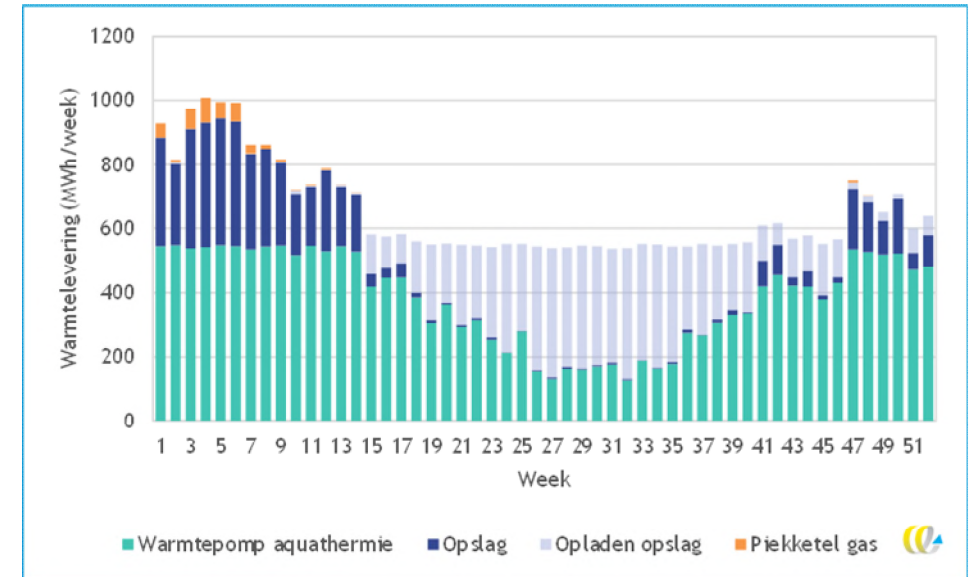
- Terugverdientijd 6-7 jaar
- Lagere uitstoot (-30%)
  - Warmtepomp niet schoner, draait basislast
  - Nauwelijks inzet piekgas meer



# Business case - WP aquathermie + ATES

Afbeelding: inzet bronnen met ATES

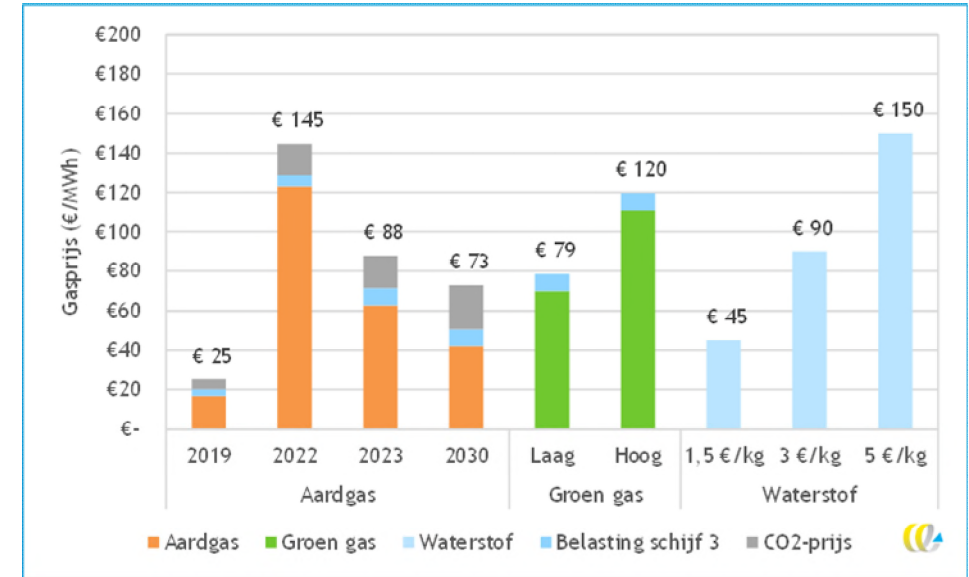
- Warmtepomp draait vrijwel constant
- Effect seizoensopslag duidelijk zichtbaar
- Nog klein beetje gas



# Outlook business case 2050

- Hogere opbrengsten P2H+S
  - Moleculen duurder
  - → Inzet piek ketels duurder
  - → Inzet elektriciteitscentrales duurder
- Meer hernieuwbare opwek
  - → Volatielere elektriciteitsmarkt
- Kosten lager door leereffecten

→ Business case verbetert sterk na 2030





## Hoe past P2H+S in het energiesysteem?



# Systeemanalyse aanpak

- Effect van P2H op elektriciteitssysteem
  - Benutting hernieuwbaar
  - Inzet centrales
  - CO<sub>2</sub>-emissies

# Systeemanalyse

- Belangrijk onderscheid:
  - **Prijsgestuurde inzet**
    - Warmtepomp met opslag/vraagsturing
    - Flexibele e-boiler
  - **Vraaggestuurde inzet**
    - Warmtepomp zonder opslag/vraagsturing
    - E-boiler als piekketel

# Systemeanalyse

- Belangrijk onderscheid:
  - *Prijsgestuurde* inzet
  - *Vraaggestuurde* inzet

Parameter	Prijsgestuurd	Vraaggestuurd
Correlatie hernieuwbaar	Goed, weinig afhankelijk van vraagprofiel	Beperkt, sterk afhankelijk van vraagprofiel
Curtailement zon en wind	Kan curtailement behoorlijk verlagen	Kan curtailement nauwelijks verlagen
Elektriciteit uit centrales	Wordt deels vermeden	Wordt niet vermeden → Centrales bijbouwen om aan vraag te voldoen
Effect op CO <sub>2</sub> -uitstoot	Afhankelijk van technologie, maar prijsgestuurd beter dan vraaggestuurd	

# Systeemanalyse

- Belangrijk onderscheid:
  - *Prijsgestuurde* inzet
  - *Vraaggestuurde* inzet

Parameter	Prijsgestuurd	Vraaggestuurd
Correlatie hernieuwbaar	Goed, weinig afhankelijk van vraagprofiel	Beperkt, sterk afhankelijk van vraagprofiel
Curtailement zon en wind	Kan curtailement behoorlijk verlagen	Kan curtailement nauwelijks verlagen
Elektriciteit uit centrales	Wordt deels vermeden	Wordt niet vermeden → Centrales bijbouwen om aan vraag te voldoen
Effect op CO <sub>2</sub> -uitstoot	Afhankelijk van technologie, maar prijsgestuurd beter dan vraaggestuurd	

**Opslag vrijwel altijd goed voor systeem, warmtepompen + e-boilers ook afhankelijk van inzet!**



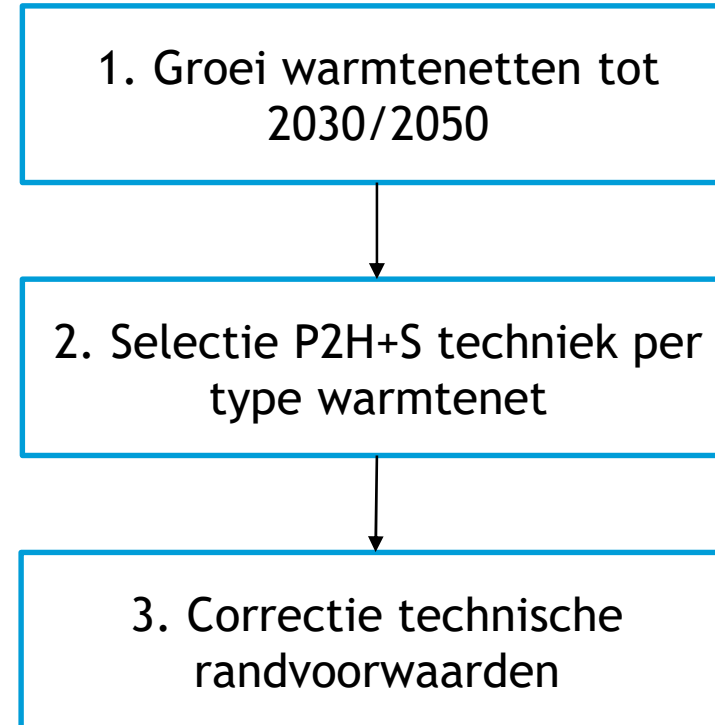


Hoeveel P2H+S kunnen we  
verwachten?



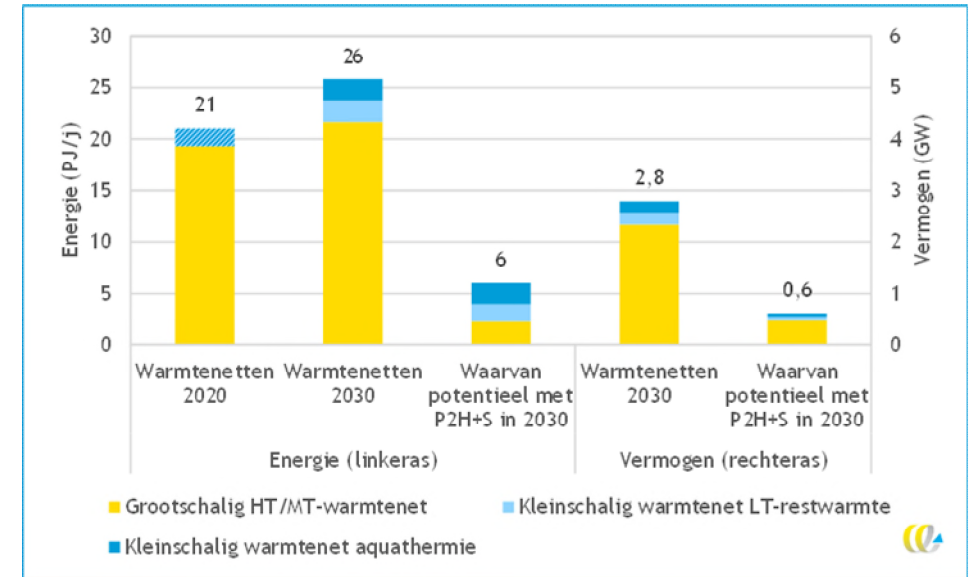
# Potentieel aanpak

- Hoeveel warmte uit P2H+S?
- Hoeveel vermogen aan P2H?
- Hoeveel capaciteit aan warmteopslag?



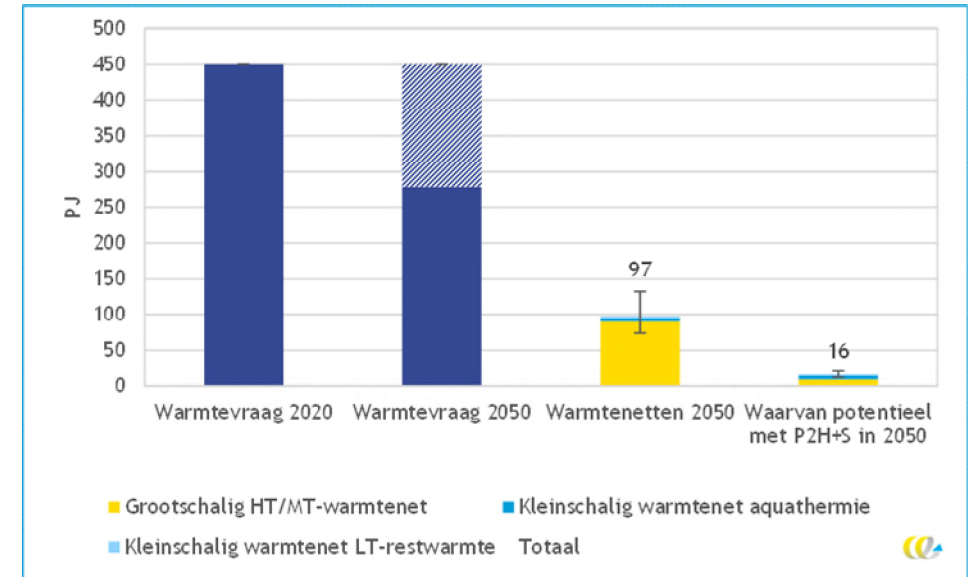
# Potentieel 2030

- **Warmte geleverd** - 6 PJ/j P2H in 2030
  - Voornamelijk warmtepompen in kleinere netten
  - Grotere netten vooral geothermie/restwarmte
- **Vermogen** - 0,6 GW in 2030
  - Met name e-boilers in grotere netten, laag vermogen vergeleken met industrie (~7 GW)
  - Warmtepompen veel vollasturen, laag vermogen
- **Opslagcapaciteit** - 0,6 PJ in 2030 (165 GWh)
  - Vergelijkbaar met opslag elektriciteit



## Potentieel 2050 - x3 tov 2030

- Warmte geleverd - 16 PJ/j P2H in 2030
- Vermogen - 2,2 GW in 2030
- Opslagcapaciteit - 1,4 PJ in 2050 (400 GWh)



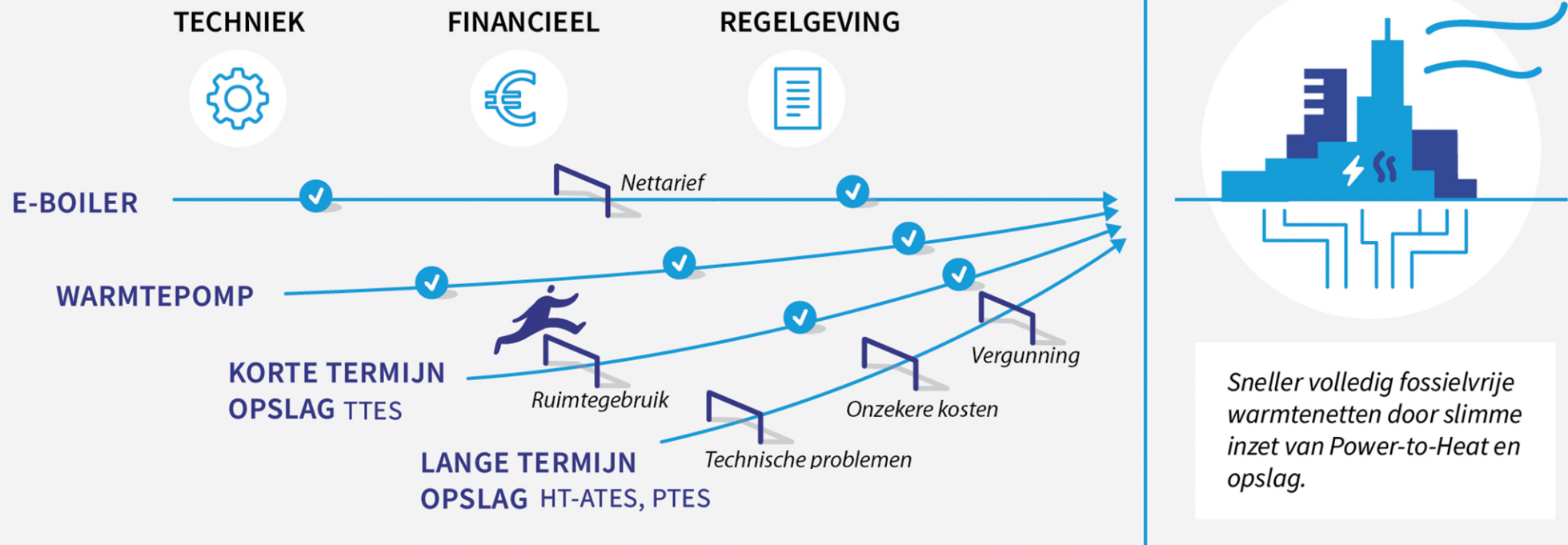


**Komt het vanzelf?**



# Komt het vanzelf?

## Welke barrières zijn er nog?



## Komt het vanzelf? - Niet helemaal

Geen aanvullend beleid nodig

- Tankopslag voor korte termijn
- Elektrische boiler (SDE++)
- Warmtepompen basislast (SDE++)

Wel aanvullend beleid nodig

- Langetermijnopslag
- Warmtebronnen deellast

# Stimulering midden- en pieklast

## Probleem

- Er zijn afspraken voor CO<sub>2</sub>-vrije warmtenetten in 2040 (Warmtepact)
- Oók verduurzaming midden- en pieklast nodig
- Hogere kosten bij inzet in deellast

## Beleidsvoorstel

SDE++ is mooi instrument, maar finetuning aan te raden:

- Meer categorieën vollasturen
- Herziening grens van 300 €/ton
- (Invoering minimum budget per categorie - 'hekjes')





# Stimulering langetermijnopslag

## Probleem

- Techniek nog niet gereed voor grootschalige uitrol
- Kosten onvoorspelbaar
  
- Vergunningverlening HT bodemopslag-systemen langzaam en niet uniform

## Beleidsvoorstel

- Tijdelijke investeringssubsidie voor grootschalige langetermijn warmteopslag
  - Klimaatfonds ‘Vroege fase opschaling’; of
  - Groeifonds
  
- Doorontwikkeling gestandaardiseerd toetsingskader



## Tot slot



## Tot slot

1. Schonere en goedkopere warmte door warmteopslag
2. Systeemwinst opslag positief, winst P2H sterk afhankelijk van inzet
3. Beleid nodig voor langetermijnopslag





## Vragen en discussie



# Panel



KWR

- Anton Tijdink – elektriciteitsmarkt analist (Tennet)
- Ad van Wijk – professor Future Energy Systems (TU Delft)
- Murette Zwamborn – senior onderzoeker bodemenergie (KWR Water)
- Theo Venema – business developer Warmtestad





Moet Power-to-Heat in collectieve netten gestimuleerd worden?

Niet stimuleren, onvoldoende netcapaciteit voor Power-to-Heat in collectieve netten

Wel stimuleren, Power-to-Heat met warmteopslag biedt mogelijkheden voor flexibiliteit op het elektriciteitsnet



Hoe groot wordt de toekomstige rol van Power-to-Heat:

- als basislast voor warmtevoorziening?
- als flexibiliteitsoplossing voor het elektriciteitsnet?

~

Heeft seizoenswarmteopslag de potentie om de plaats in te nemen van de huidige gasopslag in het toekomstig warmtesysteem van de gebouwde omgeving?

Nee, seizoenwarmteopslag marginale rol (alternatieve vorm van opslag blijft nodig)

Ja, seizoenswarmteopslag neemt de rol over van de huidige gasopslag





Netwerkbedrijven zouden actief het gesprek aan moeten gaan met warmtebedrijven voor balancering en/of optimalisatie van transportcapaciteit.

13-03-2023



Pauze tot 15.00

**KWR**

Bridging Science to Practice

