



WARMING^{UP}

Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

WARMING^{UP} WINDOW AFSLUITINGS- & WARMING^{UP} *GOO* CONSORTIUMBIJEENKOMST

8 FEBRUARI 2024

TU DELFT

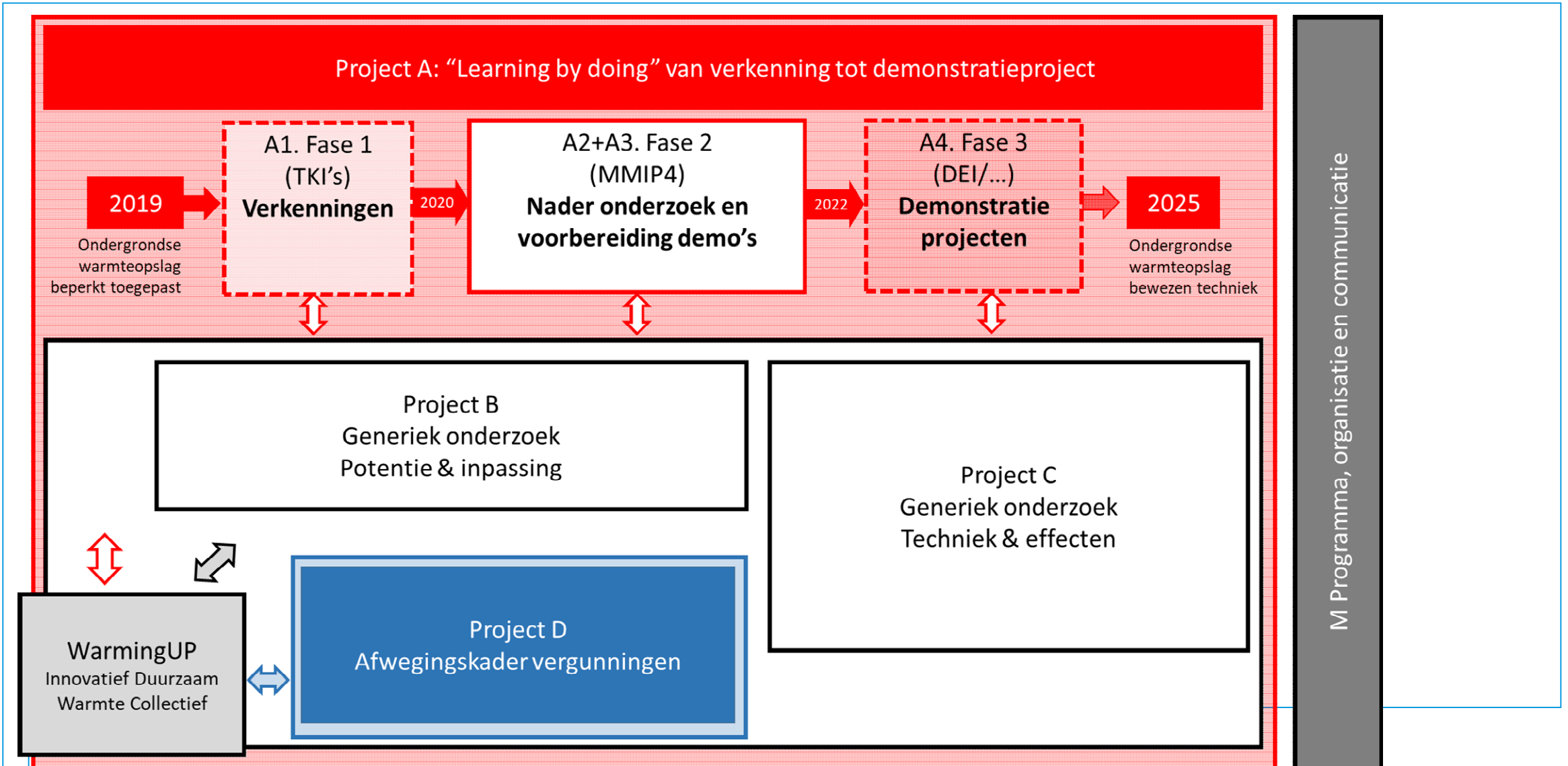
Warming^{UP} *GOO*

Geothermie & Opslag Opschaling

- 12:30 Ontvangst met koffie/thee
- 13:00 Opening: Welkom en blik op WarmingUP WINDOW en WarmingUP GOO
- 13:15 Pilot Leeuwarden
- 13:45 Pilot Delft
- 14:15 De laatste resultaten uit WarmingUP WINDOW:
 - Waterkwaliteit
 - Putontwerp
 - ThermoGIS
- *15:00 Pauze*
- 15:30 Stand der techniek van HTO: Gezamenlijke terugblik en vooruitblik
- 16:15 Veldbezoek:
 - Geothermal&HTO site
 - Green village warmte projecten
- 17:00 Afsluitende borrel

Terugblik op WarmingUP WINDOW

WARMINGUP



- Consortium: samenwerking, co-creatie, betrokken interesse, breed netwerk
- Quicksan – verkenning – proefboring – ontwerp - aanbesteding - realisatie
- Organisatie – kennisopbouw – vergunningproces - besluitvorming - ...
- Drie pilot-locaties uitgewerkt: Rotterdam, Leeuwarden en Delft
- Ontwikkeling tools voor beoordeling potentie en ontwerp-simulaties inpassing
- Inzichten in techniek en effecten van HTO bronnen
- Juridisch afwegingskader vergunningverlening HTO samen met provincies
- Vervolg in projecten PUSH-IT, WarmingUP GOO, Nieuwe Warmte Nu

WarmingUP GOO: PILOTS, TECHNISCHE INNOVATIES EN MILIEUEFFECTEN VAN HTO

Warming^{UP}GOO
Geothermie & Opslag Opschaling

- **Doel:**
Versnellen/grootschalige uitrol van HTO in Nederland mogelijk maken
- **Hoe:**
 - 'Learning by doing' op bestaande en nieuwe pilot locaties
 - Onderzoek naar technische optimalisatie en innovaties
 - Beheersbare financiële en juridische kaders
- **Waar:**
Leeuwarden, Delft, Rotterdam Schiebroek, Capelle, Rijnland, zoutcavernes Twente



Activiteiten en samenwerking in WarmingUP GOO

Resultaat 2	Activiteiten	Partners
2.1. Verkenningen		
	2.1.1 4 verkenningen	Shell, EBN, Ennatuurlijk, KWR, TNO, Deltares, IF
	2.1.2 Evaluatie en go-no go beslissing. Selectie 1 locatie voor het uitvoeren van een proefboring	Shell, EBN, Ennatuurlijk, KWR, TNO, Deltares, IF
2.2. Nader onderzoek (proefboring/data acquisitie)		
	2.2.1 Voorbereiden proefboring	IF, Shell, KWR, TNO, Deltares
	2.2.2 Een proefboring inclusief putproeven, filterstelling, installatie kabels	Shell, IF, boorbedrijf (ntb)
	2.2.3 Evaluatie putproeven, boorgatmetingen, grondwateranalyses, gasanalyses	IF, Shell, KWR, Deltares, TNO, EBN
2.3. Ontwerp uitwerking 2 HTO-locaties		
	2.3.1 Evaluatie en go-no go beslissing HTO Delft	Shell, TUD, EBN
	2.3.2 State of the art ontwerp HTO systeem Delft	IF, Shell, EBN, TUD, KWR, Deltares
	2.3.3 Evaluatie en go-no go beslissing HTO Leeuwarden	Shell, Ennatuurlijk, EBN
	2.3.4 State of the art ontwerp HTO systeem Leeuwarden	IF, Shell, EBN, KWR, Deltares, TNO
	2.3.5 Uitwerken mogelijkheden voor werktuigbouwkundige optimalisaties	IF, KWR
2.4 Onderzoek technische optimalisatie en innovatie		
	2.4.1 Optimalisatie geohydrologisch ontwerp	KWR
	2.4.2 Verkenning putverstoppingspotentie bij nieuwe HTO locaties Nederland	KWR
	2.4.3 Planning en integrale ontwerpkeuzes onder invloed van onzekerheden	TNO
	2.4.4 Optimalisatie operationele aansturing	Deltares
2.5 Effecten en afwegingskader vergunningverlening HTO		
	2.5.1 Labonderzoek chemische effecten	KWR
	2.5.2 Updaten van afwegingskader voor wet- en regelgeving	IF, KWR, Provincies, IKBE, BodemenergieNL

Voortgang in WarmingUP GOO

- **WP2.1 - 4 Verkenningen**
 - Locaties: Rijnland, Rotterdam Schiebroek, Capelle, Zoutcavernes Twente
 - Toewerken naar go/no-go beslissing voor proefboring (WP2.2) op 1 locatie – **LOPEND**
- **WP2.2 - Proefboring**
 - Voorbereiding na go/no-go beslissing in WP2.1 – **START 2024**
 - Proefboring met dataaquisitie gepland voor 2025
 - Evaluatie putproeven, boorgatmetingen, grondwateranalyses, gasanalyses gepland voor 2026
- **WP2.3 - Ontwerpuitwerking 2 HTO locaties**
 - Vergunningverlening HTO Delft – **AFGEROND 2023**
 - State-of-the-art ontwerp HTO Delft na go/no-go beslissing – **START 2024?**
 - State-of-the-art ontwerp HTO Leeuwarden na go/no-go beslissing in 2024?
 - Uitwerken mogelijkheden voor werktuigbouwkundige optimalisaties na go/no-go beslissing – **START 2024?**
- **WP2.4 Onderzoek technische optimalisatie en innovatie**
 - Optimalisatie geohydrologisch ontwerp (eventueel beperkte uitwerking ivm go/no-go in WP2.3) – **LOPEND**
 - Verkenning putverstoppingspotentie in 2024/2025
 - Planning en integrale ontwerpkeuzes – **LOPEND**
 - Optimalisatie operationele aansturing – **START 2024**
- **WP2.5 Effecten en afwegingskader vergunningverlening HTO**
 - Labonderzoek effecten HTO (eventueel beperkte uitwerking ivm go/no-go in WP2.3) – **START 2024**
 - Afwegingskader vergunningverlening HTO – **START 2024 & VOOR DELFT UITVOEREN**

Afgerond

Lopend

Start 2024





WARMING^{UP}

Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

Stand van zaken HTO Pilot Leeuwarden

8 februari 2024

Frank Soons, Ennatuurlijk

Rob Kleinlugtenbelt, IF Technology

- Besluitvorming en vervolgstappen
- Proefboring
- Update Business Case

- Besluitvorming en vervolgstappen



Overzicht HTO Project Leeuwarden

WARMING^{UP}

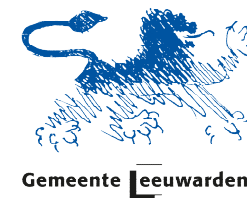


TNO Deltares

KWR



provinsje fryslân
provincie fryslân



FUMO
Omgevingsdienst Fryslân

Geothermiebron en Warmtenet

- FID LLI Geothermie (Q1 '24)
- FID GEO + Warmtenet (Q2 '24)
- Realisatie geothermie bron (Q4 '24)
- Test geothermie bron (Q1 '25)
- Realisatie geothermie installaties (Q1 '25 – Q1 '26)
- Realisatie Warmtenet (Q1 '25 – Q1 '26)
- Levering warmte (Q2 2026)

HTO ontwikkeling

- Business case optimalisatie (Q1 – Q2 '24)
- Principe besluit HTO (Q2 '24)
- Beschikking NWN subsidie obv projectplan (Q2 '24)
- Voorontwerp HTO (Q2 - Q3 '24)
- Aanvraag vergunning (Q3' 24 - Q4 '24)
- FID HTO (Vw. Positieve brontest, Q1 '25)
- Detailontwerp (Q1 '25 – Q2 '25)
- Realisatie (Q3 '25 - Q2' 26)
- Inbedrijf name & start laden (2026 - 2027)

- Proefboring



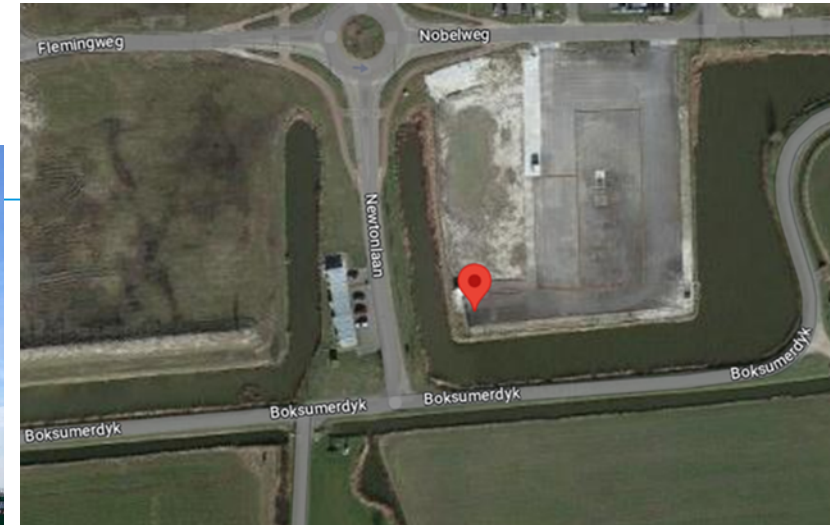
- WINDOW verkenning Leeuwarden kansrijk
- 3 mogelijke opslagpakketten verwacht op 190 – 370 m-mv
- Onzekerheid over eigenschappen en potentie van de zandpakketten

Doel

- Proefboring met als doel informatie voor update haalbaarheid
 - Bepalen welke filterstellingen mogelijk zijn voor HTO
 - Bijbehorende debieten (conform NVOE) bepalen.
- Monitoren van het HTO systeem door de proefboring als monitoringsput af te werken.
- Input leveren voor ontwerp

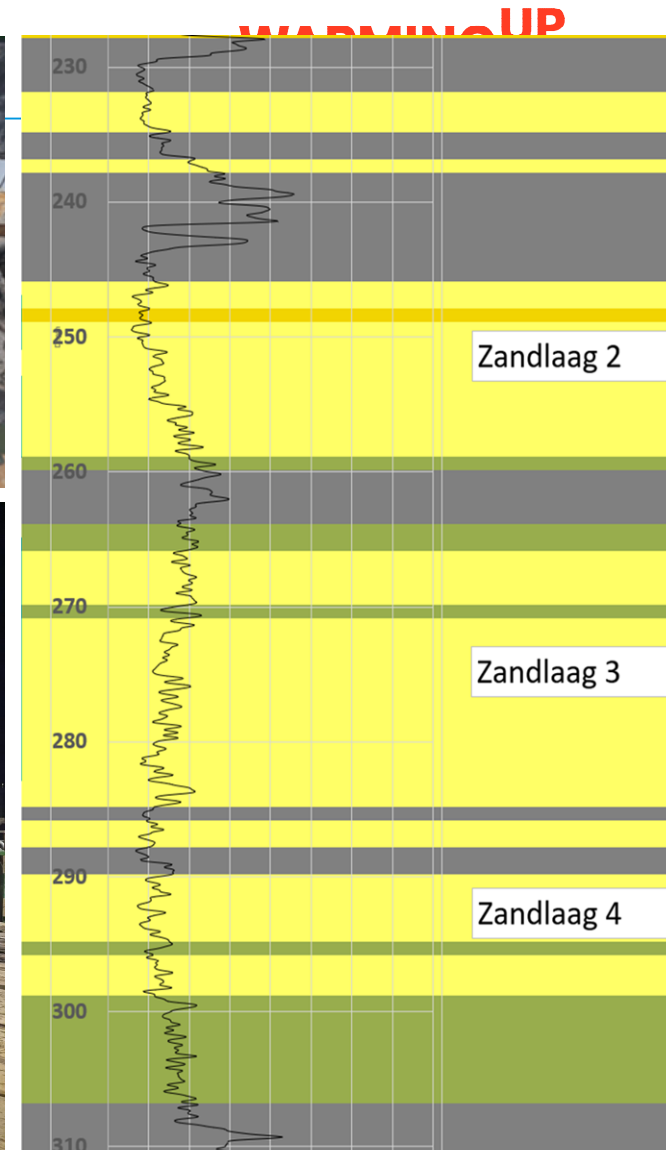
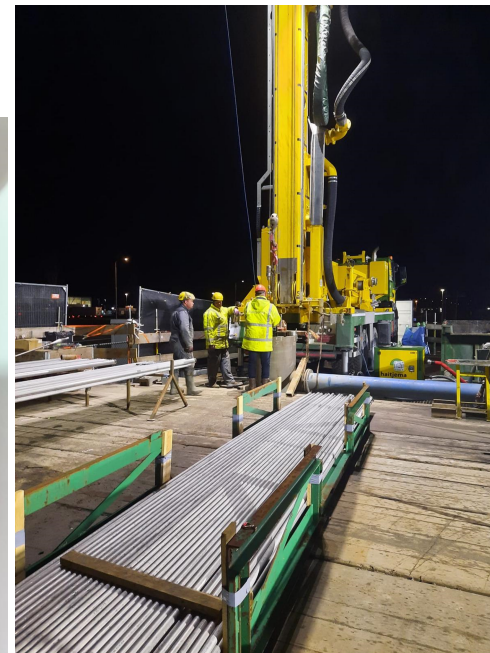
Boren

- Boring tot 395 m-mv
- Geroerde monsters
- Negen steekmonsters



Filterstelling

- Vier zandlagen aangetroffen
 - Zandlaag 1 (193 – 228 m-mv):
 - Te grof, daardoor niet geschikt.
 - Zandlaag 2 en 3 (246 – 285 m-mv):
 - Geschikt, bronfilter geplaatst.
 - Zandlaag 4 (290 – 307 m-mv):
 - Te fijn en kleiig, daardoor niet geschikt.
- Peilbuizen op verschillende dieptes
- Glasvezelkabel



Ontwikkelen en testen

WARMING^{UP}

- Schoonpompen en testen (verhoogde debieten, factor 3,3) zandlaag 2+3
- Afdichten zandlaag 3 en testen (verhoogde debieten, factor 4,2) zandlaag 2
- Pomp-stopproeven, zand en MFI, flowmetingen.
- Grondwaterbemonsteringen



- Potentieel opslagpakket voor HTO gevonden (246 – 285 m-mv). Zandpakket heeft voldoende capaciteit en kleilagen aan boven en onderzijde sluiten voldoende af.
- Proefbron produceert bij hoge debieten weinig zand en slib. Dit suggereert dat HTO bronnen op hoger debiet ontworpen kunnen worden.
- Proefbron is moeilijk schoon te krijgen, daarom moeten de HTO bronnen schoner geboord worden.
- Max debiet (P50), NVOE, T=30°C
 - o Ondiep: 32 m³/h (zandlaag 2)
 - o Diep: 45 m³/h (zandlaag 3)
 - o Combi: 79 m³/h (zandlagen 2&3)

- Update Business Case



- Input leveren die nodig is voor een integrale business case
 - Voor verschillende situaties
 - Het projectconsortium beoordeeld de integrale business case
- Benodigde input
 - Investeringskosten
 - Exploitatiekosten per jaar
 - Energiehoeveelheden per jaar
 - Synergie/interactie met geothermie

- Geothermie
 - Onttrekkingstemperatuur 101°C
 - Vaste injectietemperatuur van 41°C
 - Warmtepomp: om geothermie uit te koelen naar 41°C
- Laden HTO
 - Opslag van geothermische warmte op directe wijze
- Leveren HTO
 - HTO i.c.m. HT-warmtepomp
- Synergie Geothermie en HTO: onder verschillende situaties hoeft warmtepomp geothermiesysteem “minder hard te werken”. Meer info in slide-pack op website WarmingUp.

Case		Warmtevraag [GJ]	T_inj lauw [°C]	Filter [-]	T_inj heet [°C]
BC	Base Case	212.500	40°C	Combi	90°C
VP10	Vraag P10	255.000	40°C	Combi	90°C
VP50	Vraag P50	185.500	40°C	Combi	90°C
TI30	T_inj Lauw 30	212.500	30°C	Combi	90°C
FO	Filter ondiep (zandlaag 2)	212.500	40°C	Ondiep	90°C
FD	Filter diep (zandlaag 3)	212.500	40°C	Diep	90°C
Th100	T_inj heet	212.500	40°C	Combi	100°C

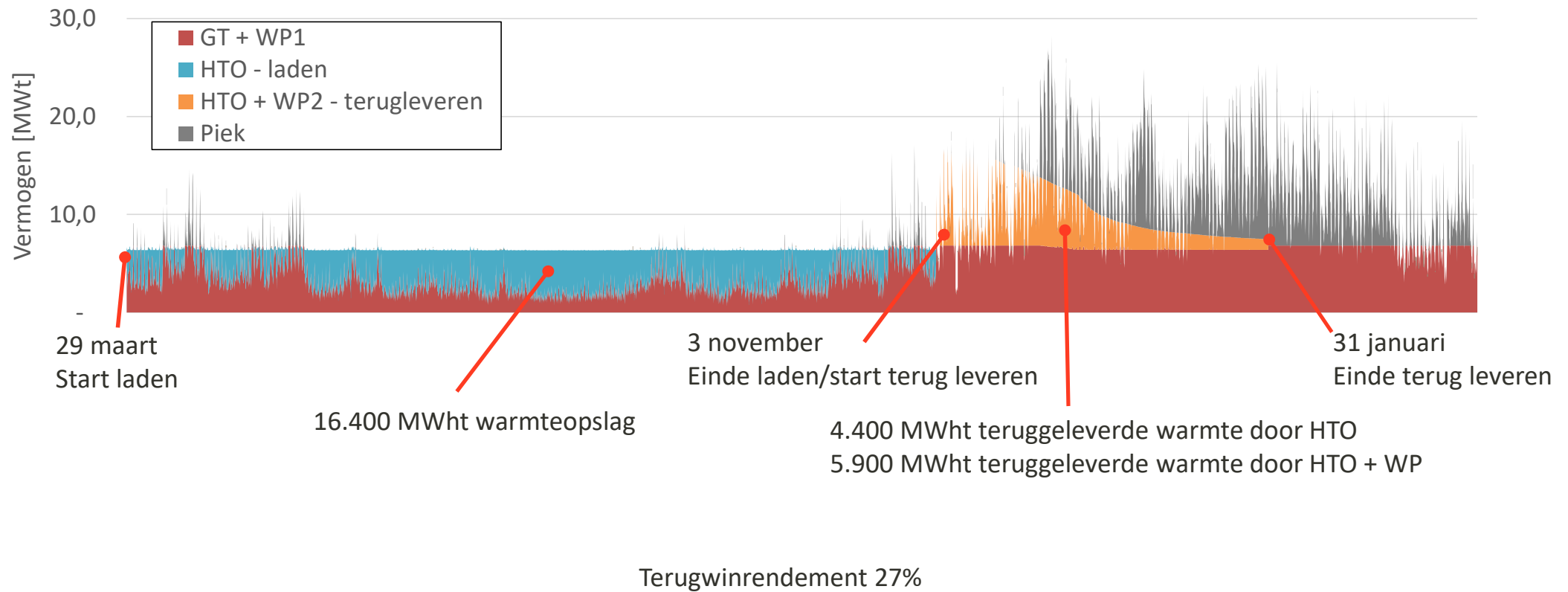
Filter	T_opslag_	T_afkap	Volume	Scenario	jaar1	jaar5	jaar10	jaar20	jaar30
ondiep	90	45	klein	1111	27%	56%	63%	68%	70%
ondiep	90	45	gemiddeld	1112	27%	58%	65%	70%	72%
ondiep	90	45	groot	1113	28%	58%	65%	69%	71%
ondiep	90	35	klein	1121	40%	67%	73%	77%	79%
ondiep	90	35	gemiddeld	1122	41%	67%	73%	77%	78%
ondiep	90	35	groot	1123	41%	65%	71%	75%	76%
diep	90	45	klein	2111	31%	61%	67%	72%	74%
diep	90	45	gemiddeld	2112	32%	63%	69%	74%	76%
diep	90	45	groot	2113	33%	62%	68%	72%	73%
diep	90	35	klein	2121	45%	71%	76%	79%	81%
diep	90	35	gemiddeld	2122	47%	71%	76%	79%	81%
diep	90	35	groot	2123	46%	68%	73%	76%	77%
combi	90	45	klein	3111	26%	62%	69%	75%	77%
combi	90	45	gemiddeld	3112	28%	64%	71%	76%	78%
combi	90	45	groot	3113	29%	63%	70%	74%	76%
combi	90	35	klein	3121	40%	71%	77%	81%	83%
combi	90	35	gemiddeld	3122	42%	71%	77%	81%	82%
combi	90	35	groot	3123	42%	69%	75%	78%	79%
combi	100	45	klein	3211	27%	60%	68%	74%	75%
combi	100	45	gemiddeld	3212	29%	62%	70%	74%	76%
combi	100	45	groot	3213	30%	61%	68%	72%	74%

- Hoge terugwinrendementen haalbaar (tot 80+%)
-> Bodem geschikt voor toepassen HTO.
- Terugwinrendementen zijn het hoogst bij combinatie van zandlaag 2 en 3 (~77% in jaar 10 bij lage afkap-T)

Periode laden en terug leveren

WARMING^{UP}

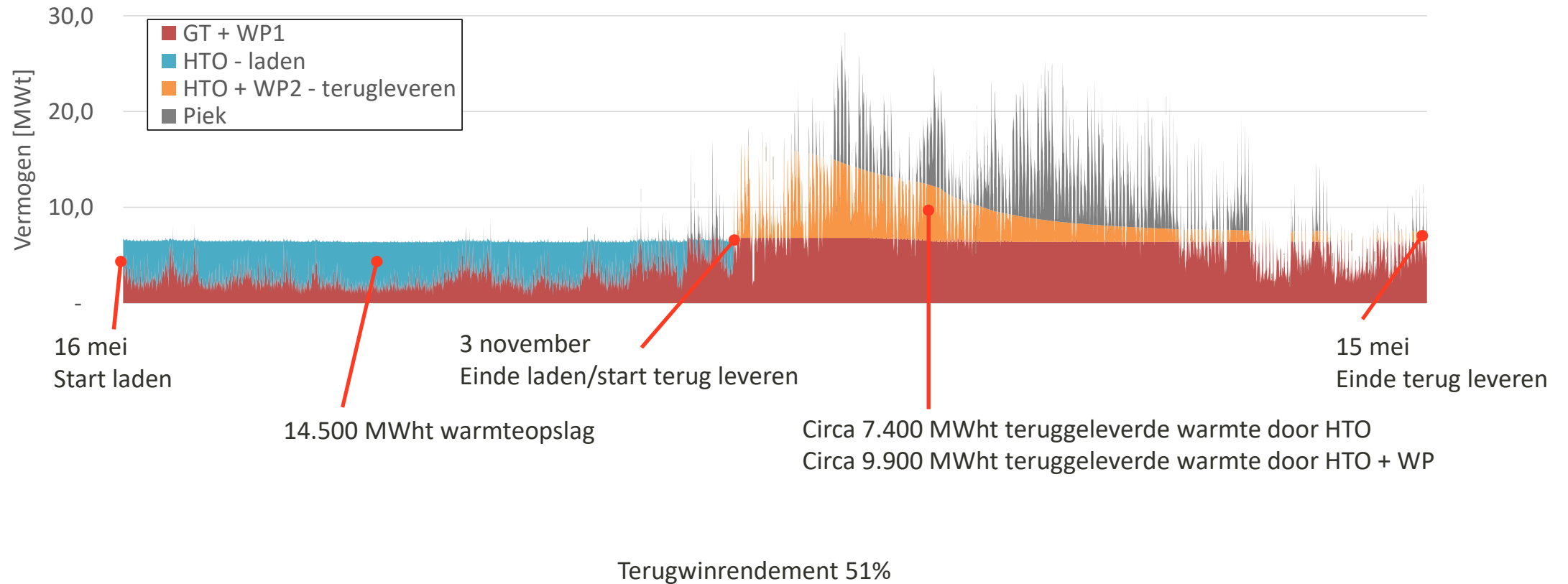
- Jaar 1 – Base Case



Periode laden en terug leveren

WARMING^{UP}

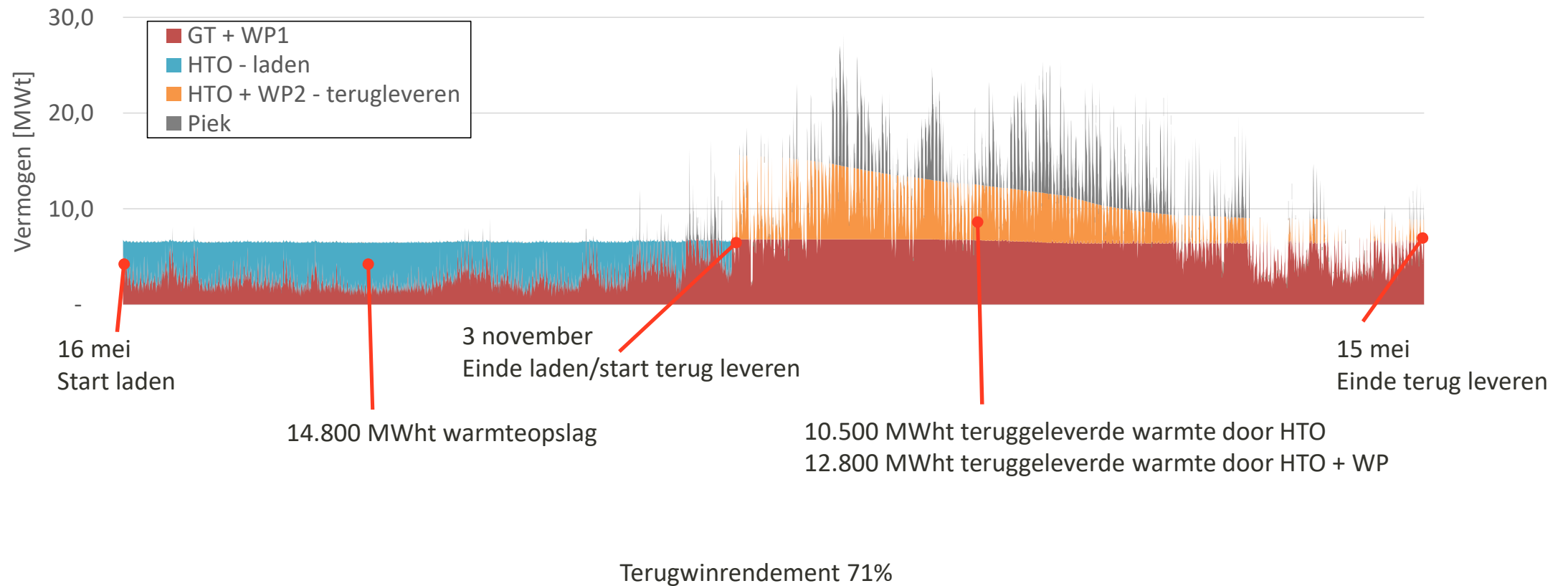
- Jaar 2 – Base Case



Periode laden en terug leveren

WARMING^{UP}

- Jaar 10 – Base Case



- Een gecombineerde filterstelling heeft de voorkeur (246 – 285 m-mv)
 - Deze geeft hoge rendementen en tegelijkertijd beperkt risico op deeltjeslevering en hoog haalbaar debiet per bron
- Een grootste opslagvolume van de HTO (ca 250.000 m³) is mogelijk bij een P50 warmtevraag
 - Bij grotere warmtevraag is het opslagvolume beperkend
 - Bij lagere warmtevraag is het lever-volume beperkend
- De bodem is goed geschikt voor HTO en hoge terugwinrendementen (tot 80+%) zijn haalbaar.
- Een lage temperatuur van de lauwe bron geeft een hoger terugwinrendement, maar ook veel hogere investeringen door een duurdere warmtepomp.

- Ga in basis uit van het volgende HTO ontwerp
- Gecombineerde filterstelling
 - Laden: 100 m³/h, leveren 150 m³/h
 - 1 doublet
 - Sta beperkte overschrijding NVOE-norm toe (factor 1,5)
 - Laadtemperatuur hete bron: 90°C
 - Laadtemperatuur lauwe bron: 40°C
- Onderzoek naast deze base case ook
 - Laadtemperatuur lauwe bron 30°C

- Zijn er nog vragen?



WARMINGUP

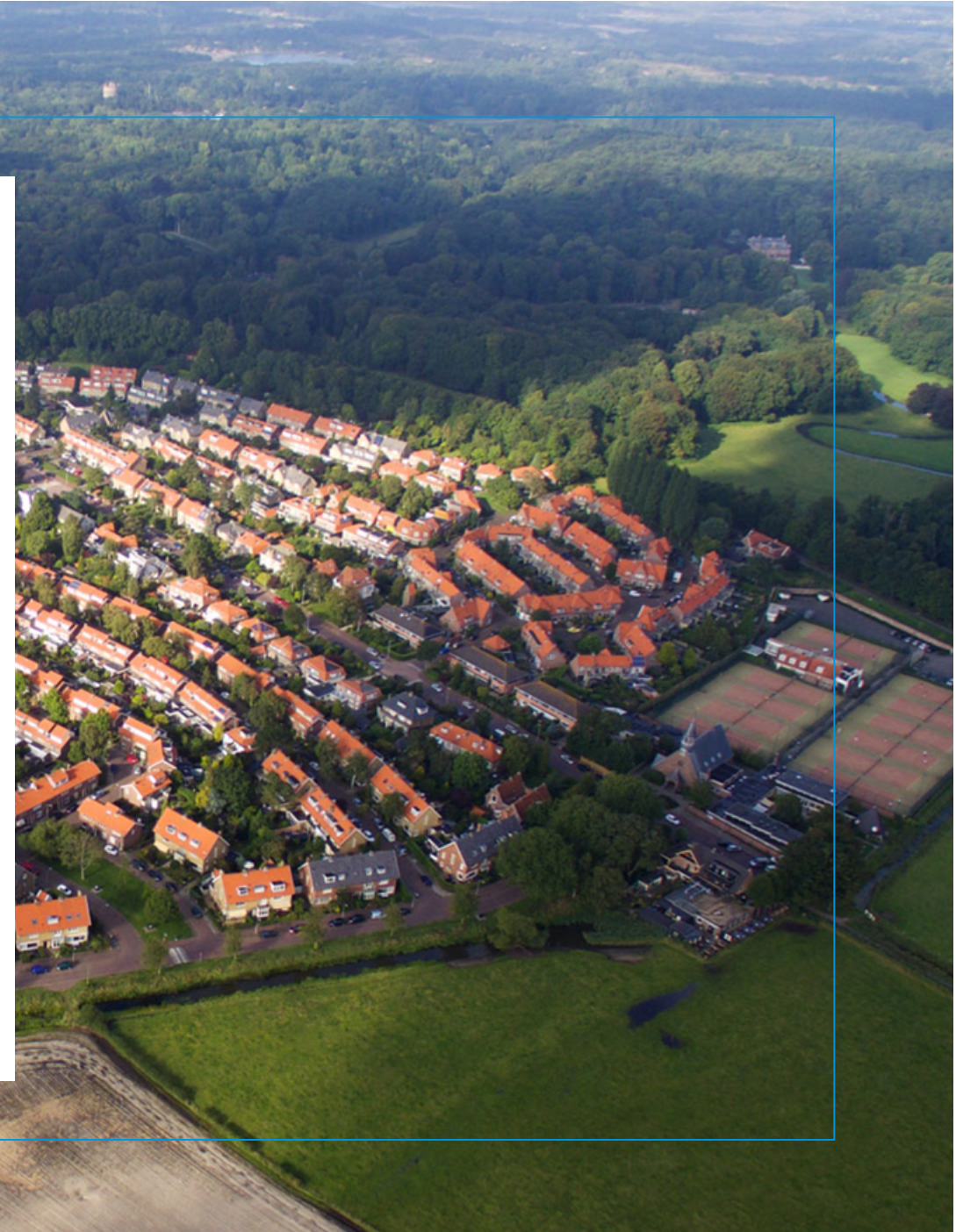
Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

Pilot HTO Delft

ir. Rob Kleinlugtenbelt  if

dr.ir. Martin Bloemendal  TU Delft  TNO

WarmingUP-GOO meeting, Delft, 8 feb. 2024



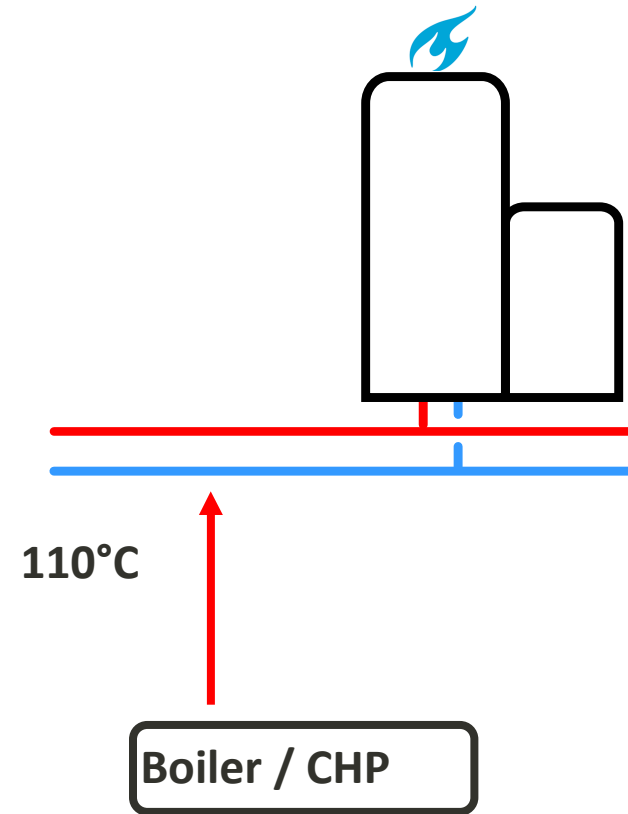
- Algemene toelichting HTO Delft
- Concept select
- Update en Inpassing

- Algemene toelichting
HTO Delft



Current

WARMING^{UP}



~2024

WARMING^{UP}

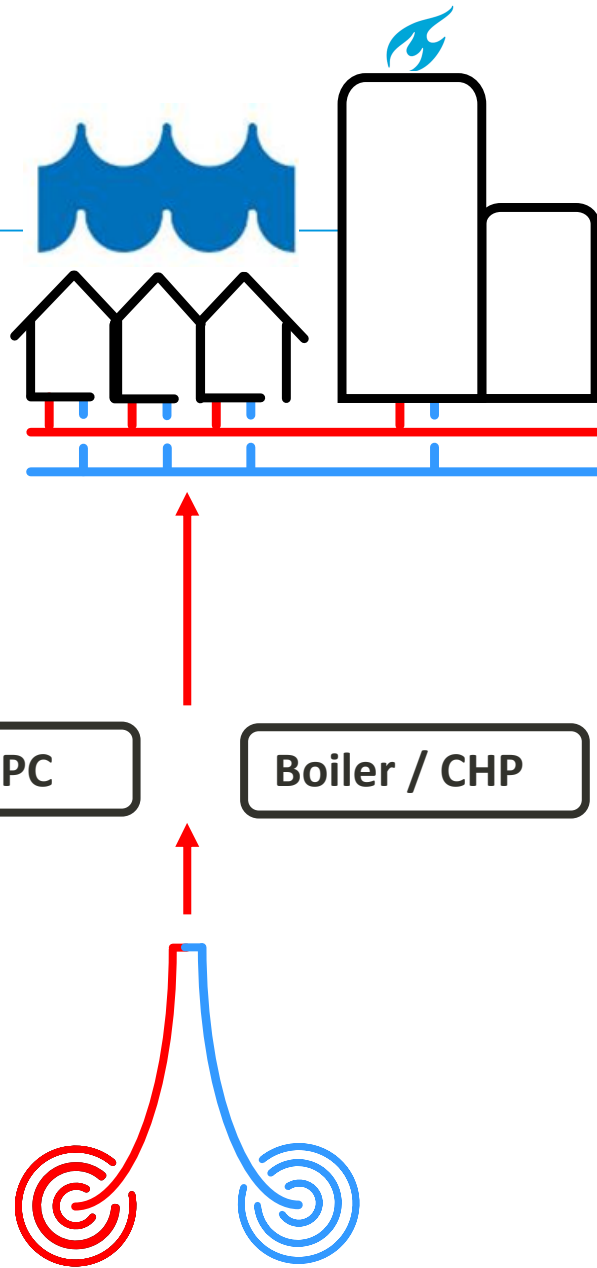
Also deliver to city

Maximise power
Minimise injection temp

HPC

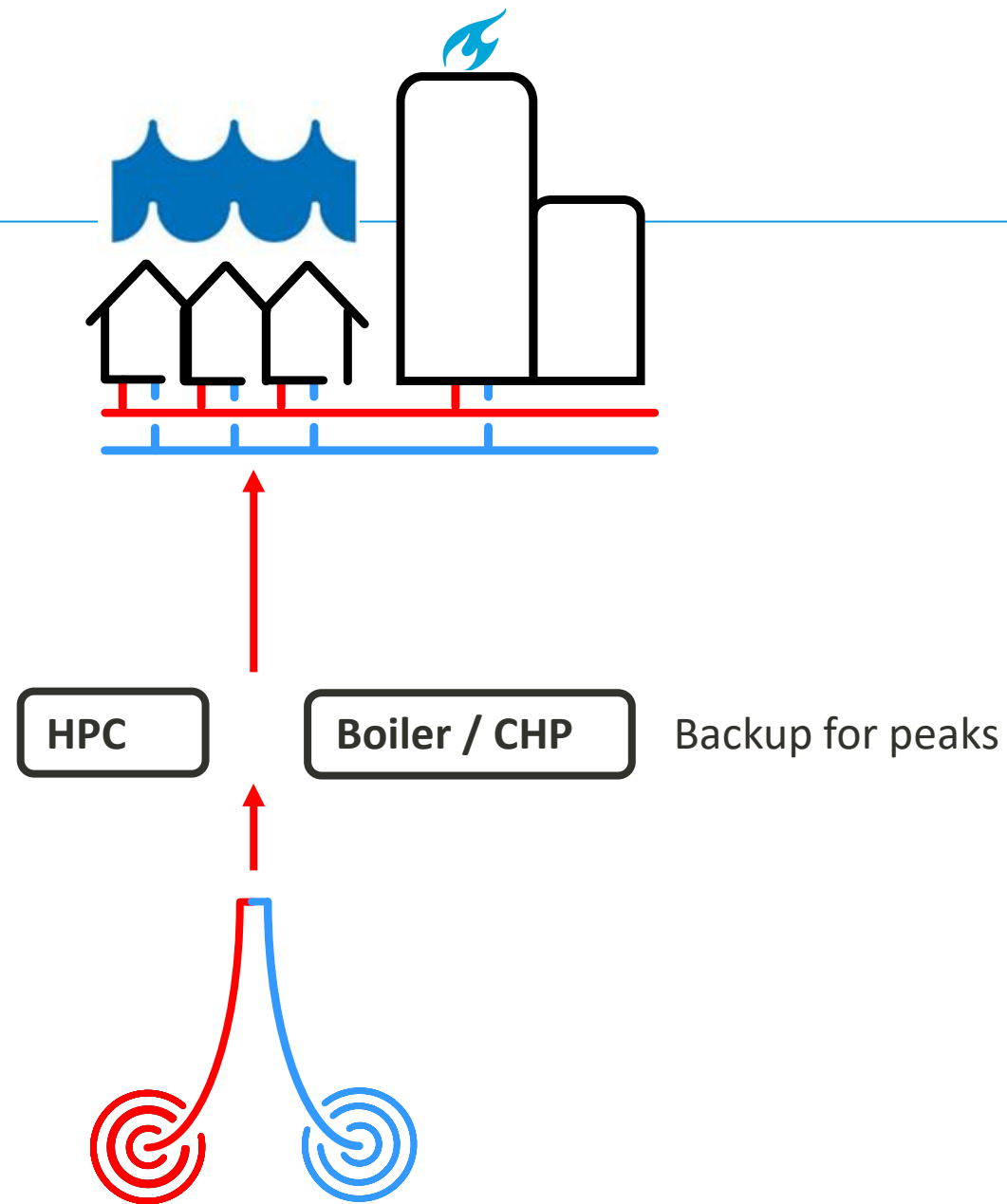
Boiler / CHP

Backup for peaks



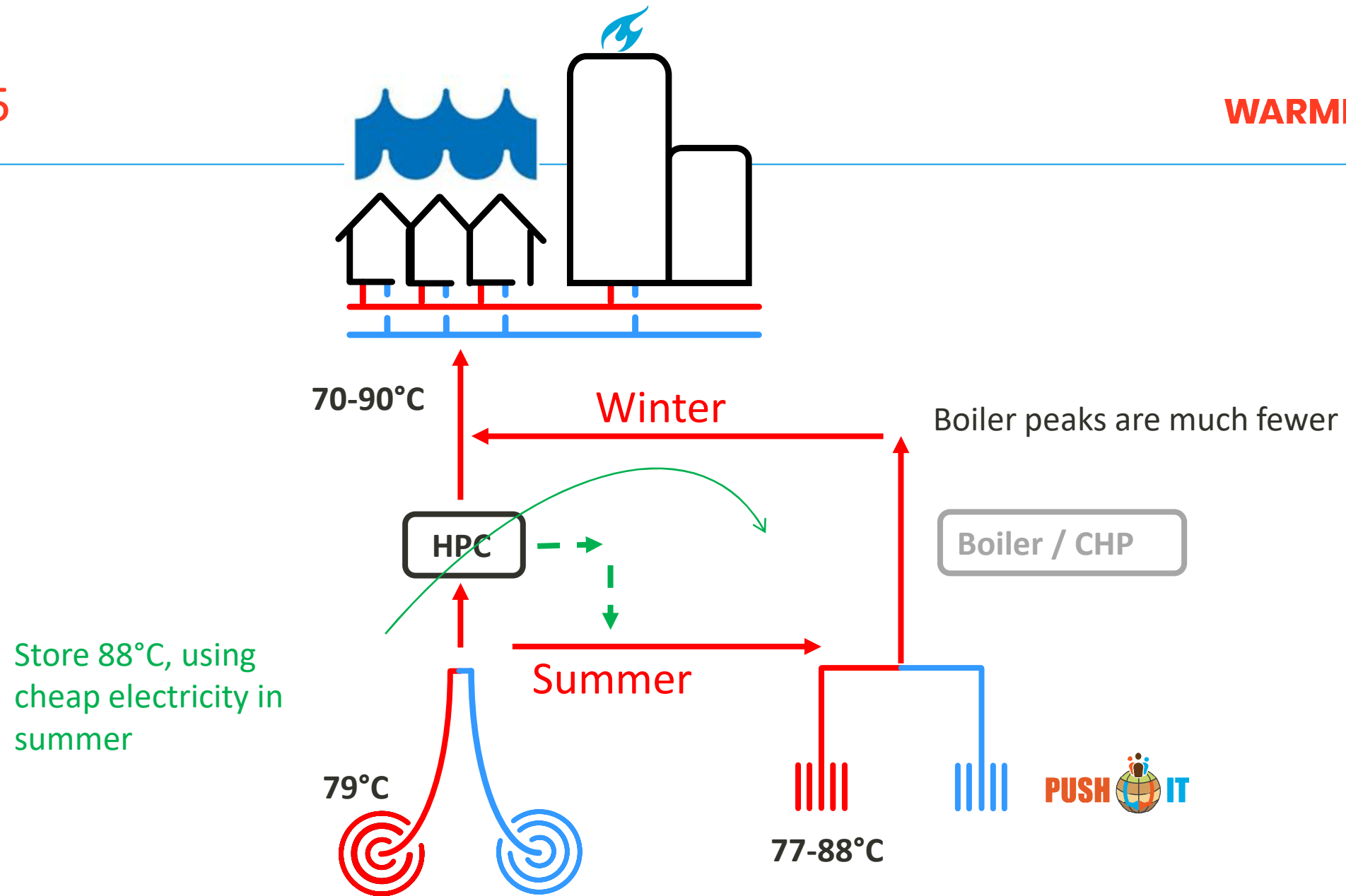
>2024

WARMING^{UP}



>2025

WARMING^{UP}



A source of heat and knowledge

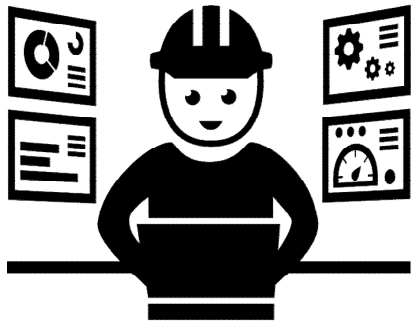


Research &
Education



Reduce CO₂
emissions

Operational principles



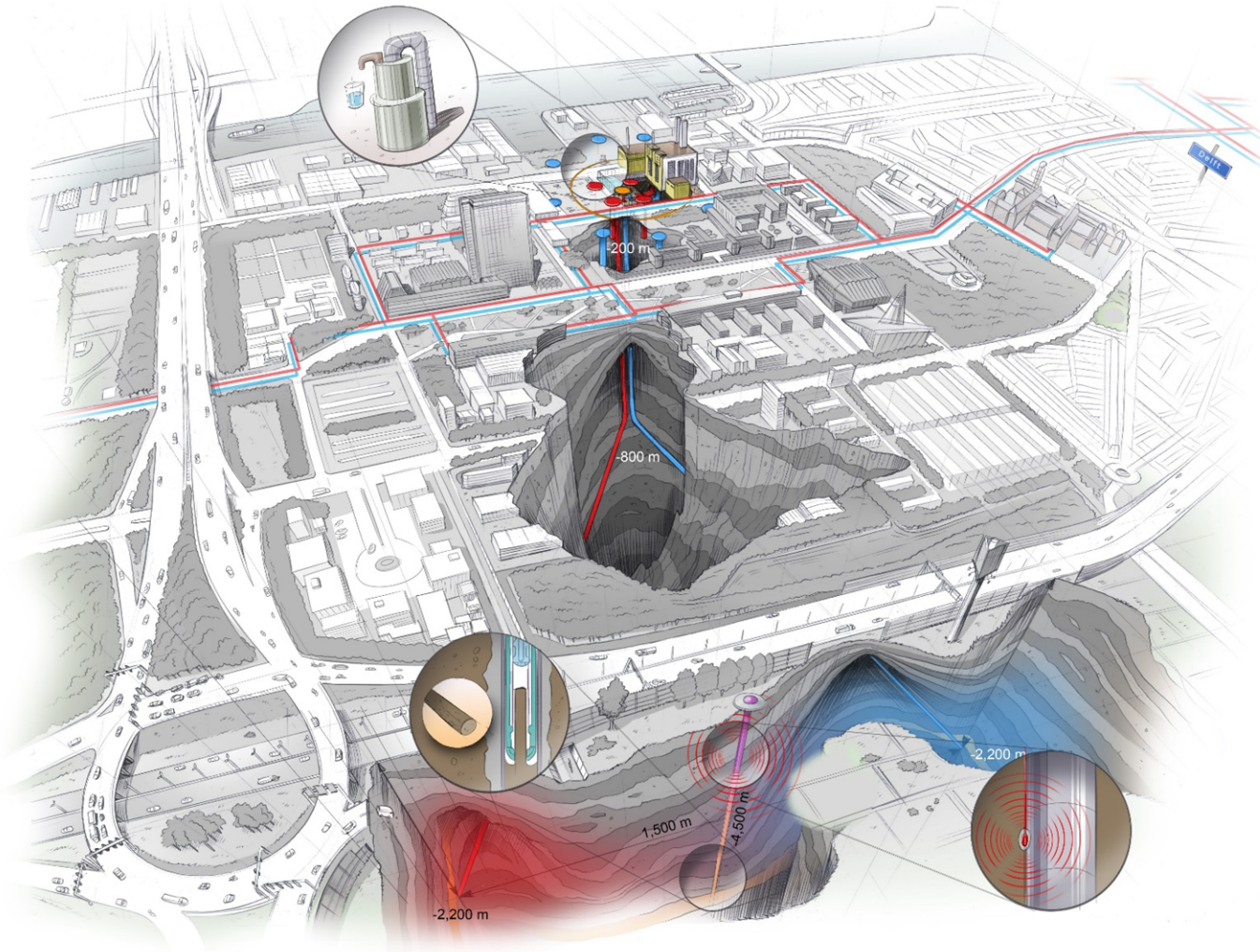
Working energy system: live



Scientific monitoring and developments

DSUEL: Delft Subsurface Urban Energy Lab

WARMING^{UP}



Combined set of major subsurface facilities for research and demonstration:

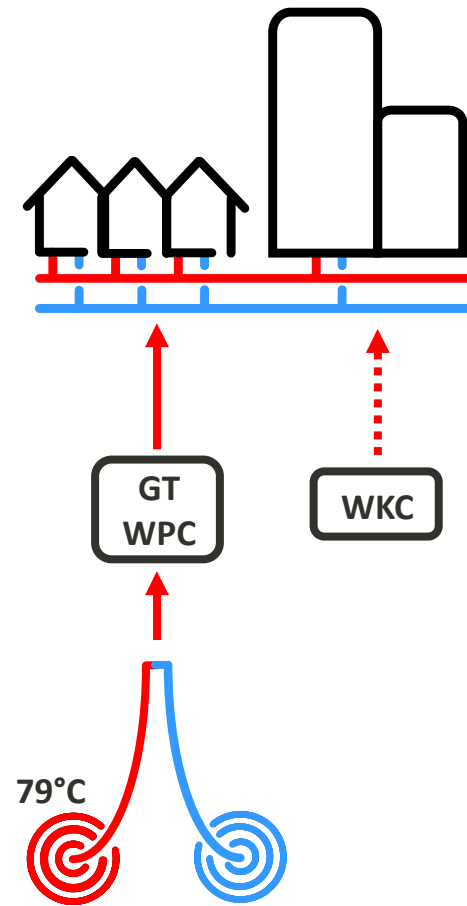
- Geothermal well
- High Temperature – Aquifer Thermal Energy Storage (HT-ATES) system
- Deep exploration and monitoring borehole

Connections with major operational infrastructure

- Campus heating
- Open Warmtenet Delft

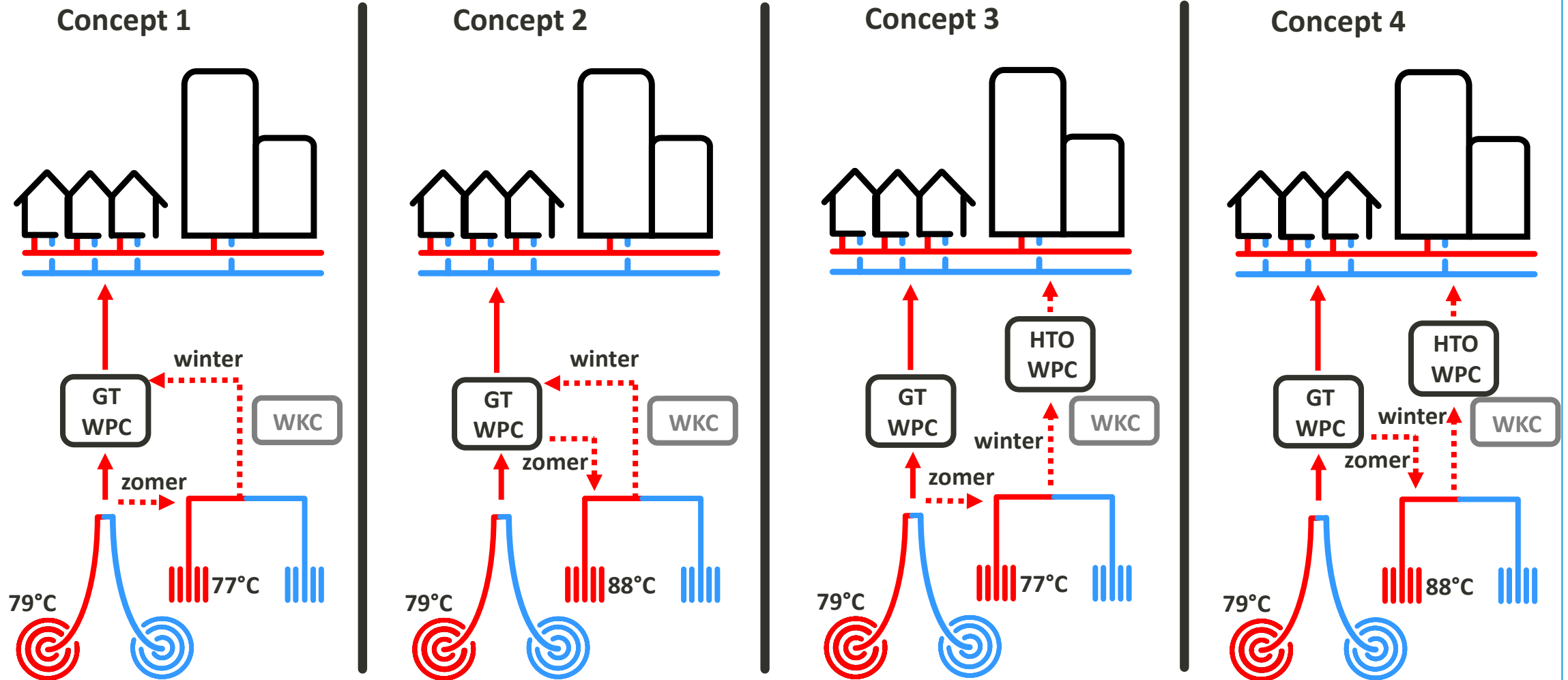
- Concept select



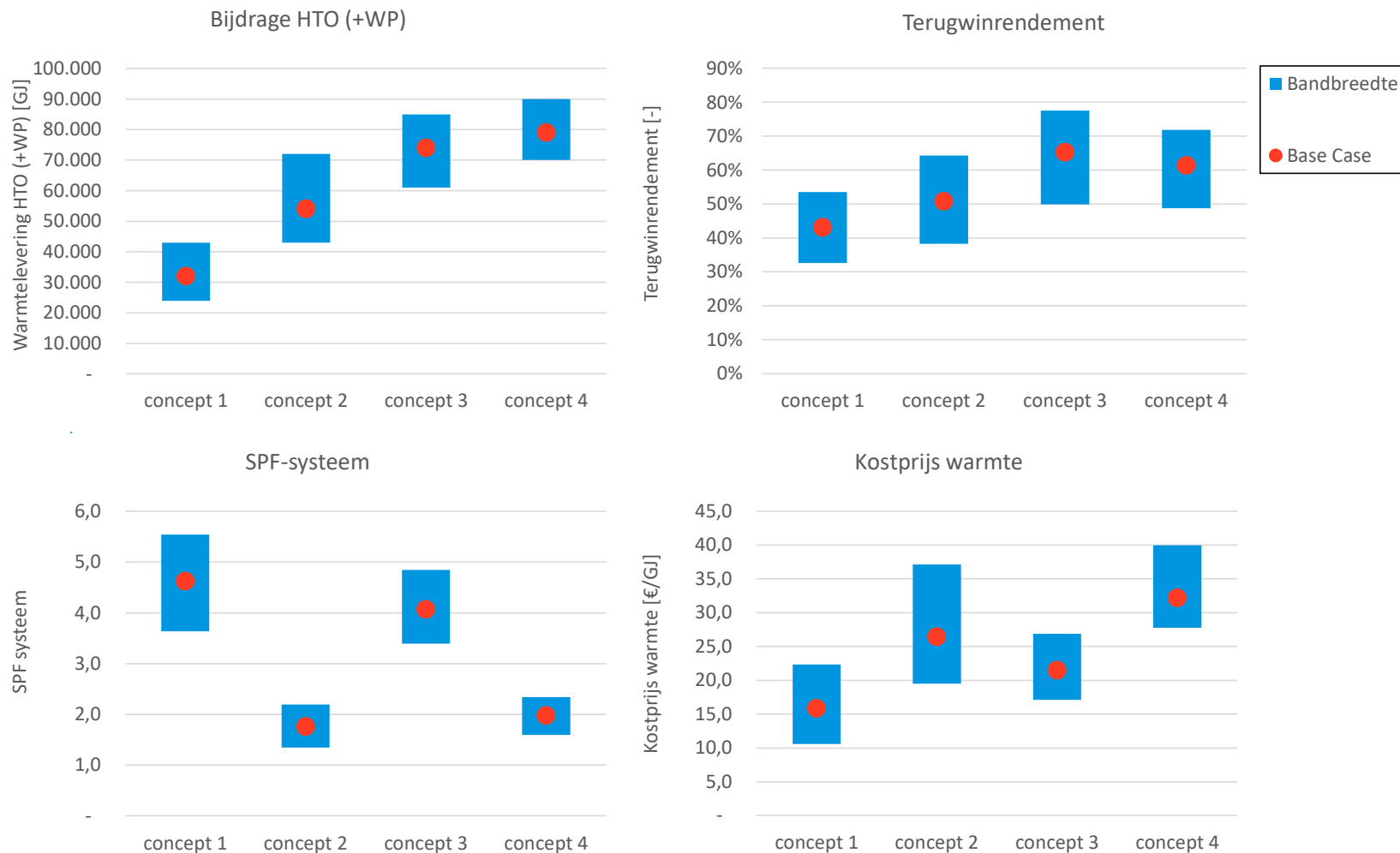


4 Systemconcepten

WARMING^{UP}



- Bijdrage warmtelevering
 - Hoeveelheid geleverde warmte HTO (+WP)
- SPF
 - Geleverde warmte HTO (+WP) / elektriciteitsverbruik
- Terugwinrendement
 - Geleverde warmte ondergrond / opgeslagen warmte ondergrond
- Kostprijs warmte
 - Prijs die nodig is voor geleverde warmte HTO (+WP) om gewenst projectrendement te halen



Concept 1

- Lage bijdrage en terugwinrendement
→ hoge temperatuur lauwe bron
- Hoge SPF en lage kostprijs
→ geen gebruik warmtepomp

Concept 2

- Lage SPF en hoge kostprijs
→ hoog elektriciteitsverbruik. Alleen toepassen P2H op gunstige momenten

Concept 3

- Hoge bijdrage en terugwinrendement
→ hoger vermogen en lage temperatuur lauwe bron door inzet warmtepomp. Gaat wel deels ten kosten van SPF en kostprijs

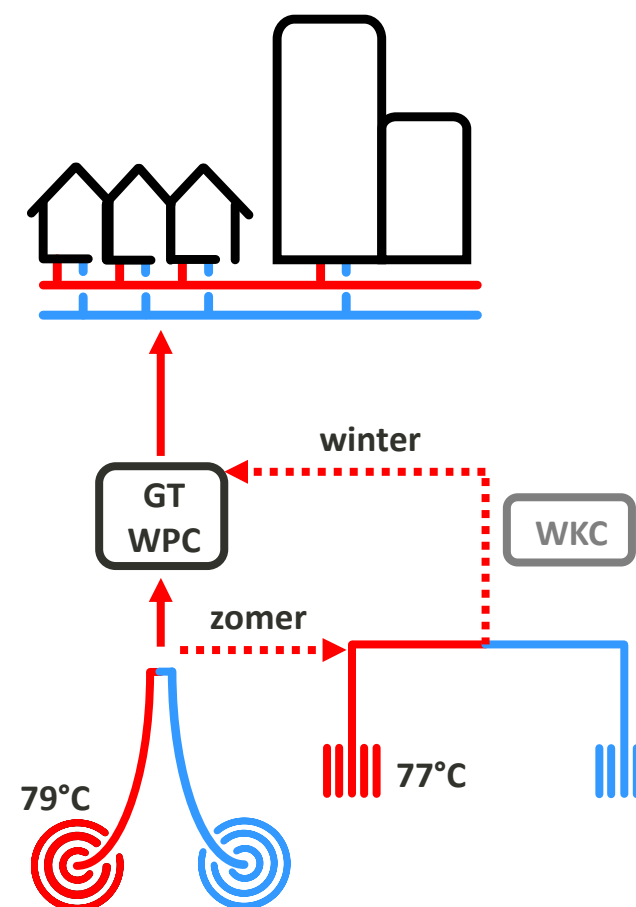
Concept 4

- Combi concept 2 en concept 3

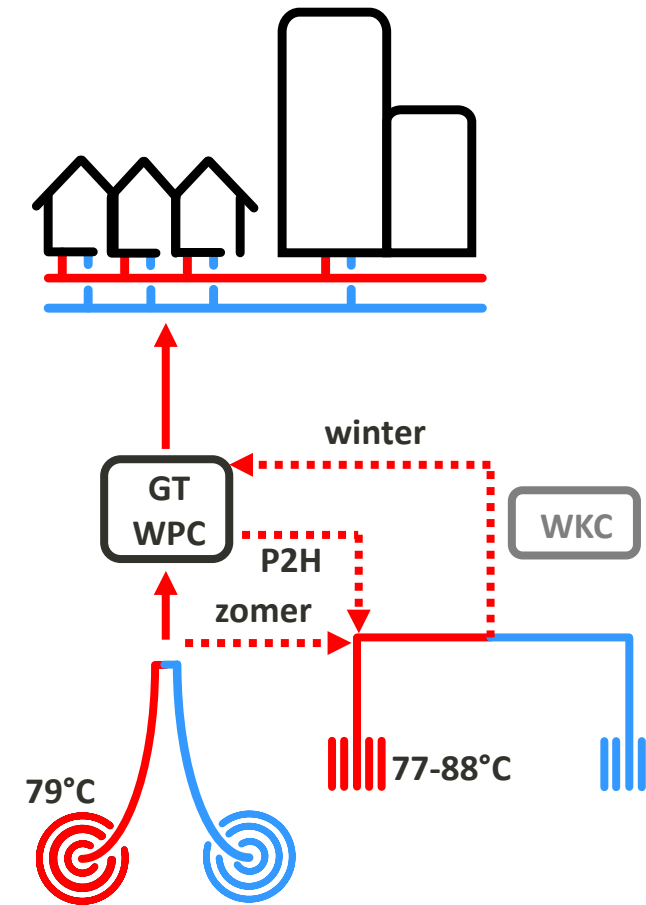
Concept select

WARMING^{UP}

- Overall scoort concept 3 beste. Hoge bijdrage en terugwinrendement, tegen beperkt hogere kostprijs dan concept 1.
- Door toepassen warmtepomp wel fors hogere investering nodig.
- Start met concept zonder warmtepomp.
- Wel focus op:
 - Zo laag mogelijke temperaturen in warmtenet, door gebouwmaatregelen op gebouwen campus.
 - Zorgt voor groter temperatuurverschil hete en lauwe bron en lagere afkaptemperatuur
-> dus hoger vermogen, bijdrage en terugwinrendement



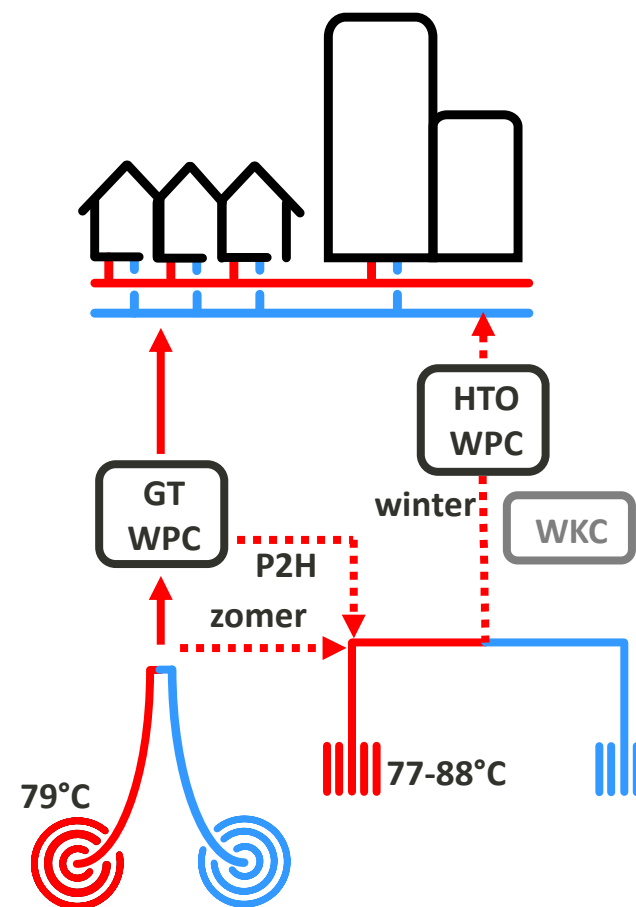
- In zomer, op momenten met veel productie duurzame elektriciteit
 - Warmtepompcentrale geothermie extra laten draaien
 - Warmte op hoge temperatuur opslaan
 - Zorgt voor groter temperatuurverschil hete en lauwe bron
 - > dus hoger vermogen en bijdrage



Optioneel: toepassen warmtepomp

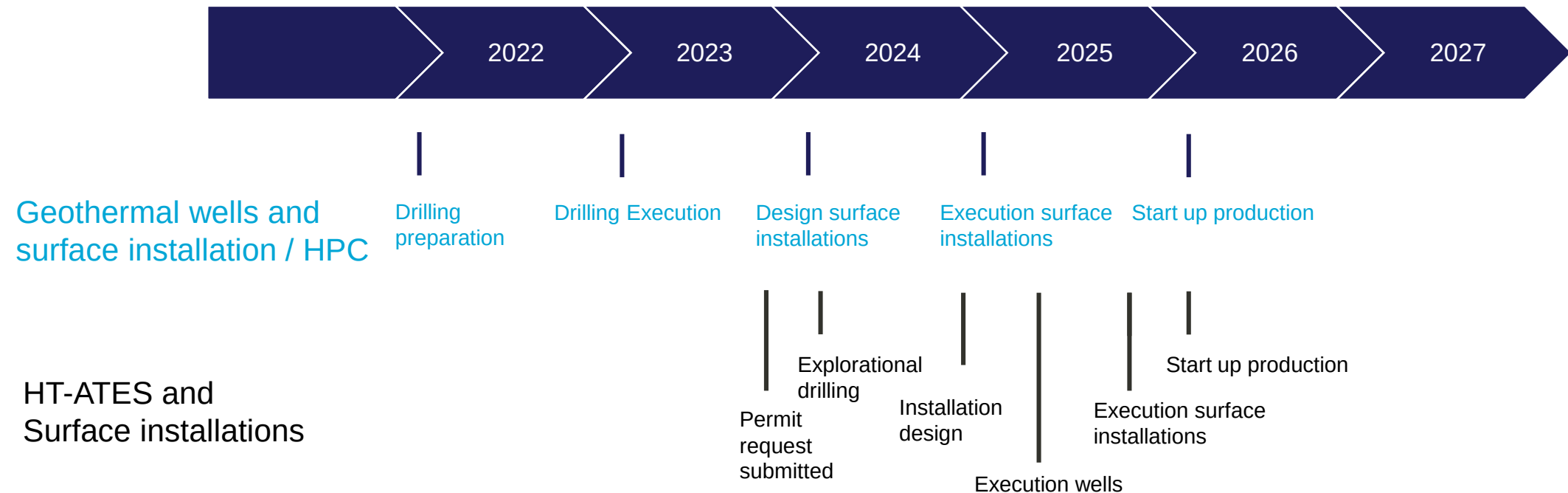
WARMING^{UP}

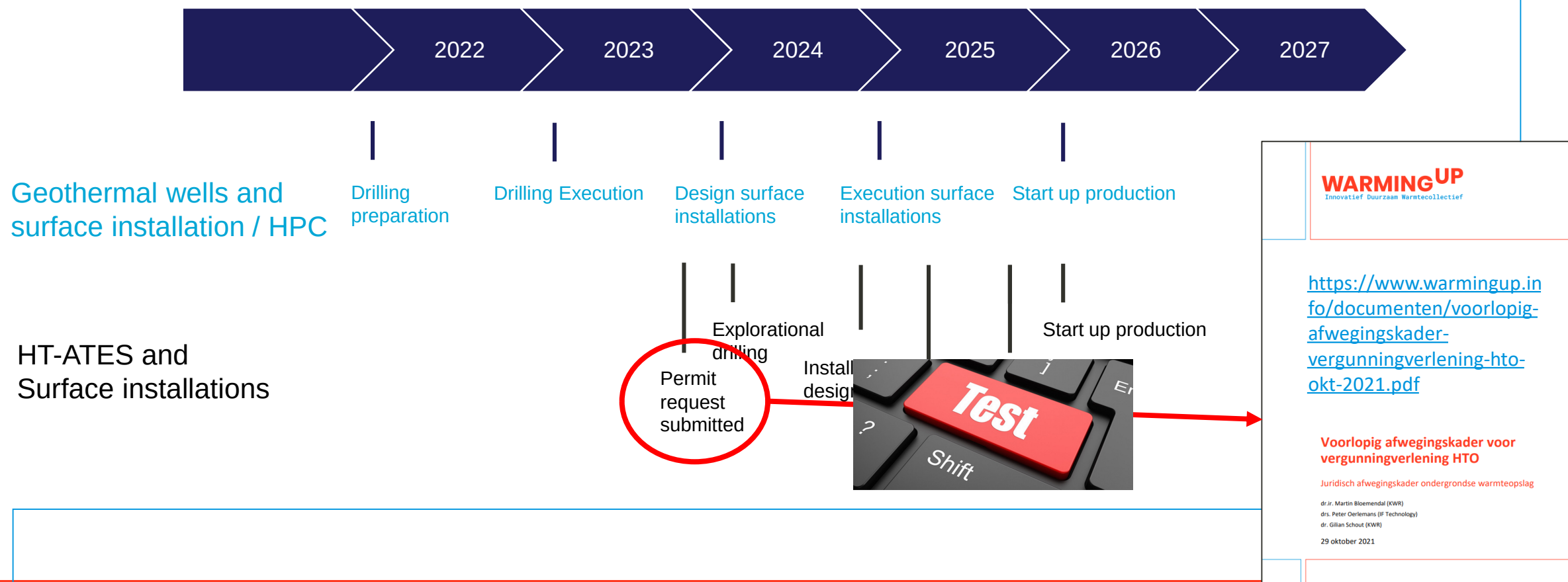
- Indien optimalisaties te weinig oplevert:
- Warmtepomp bij HTO toepassen
 - Bij leveren
 - Ophogen temperatuur uit HTO
 - HTO verder uitkoelen/lagere afkaptemperatuur
- Bij ontwerp alvast rekening houden met extra aansluitingen



- Update & inpassing

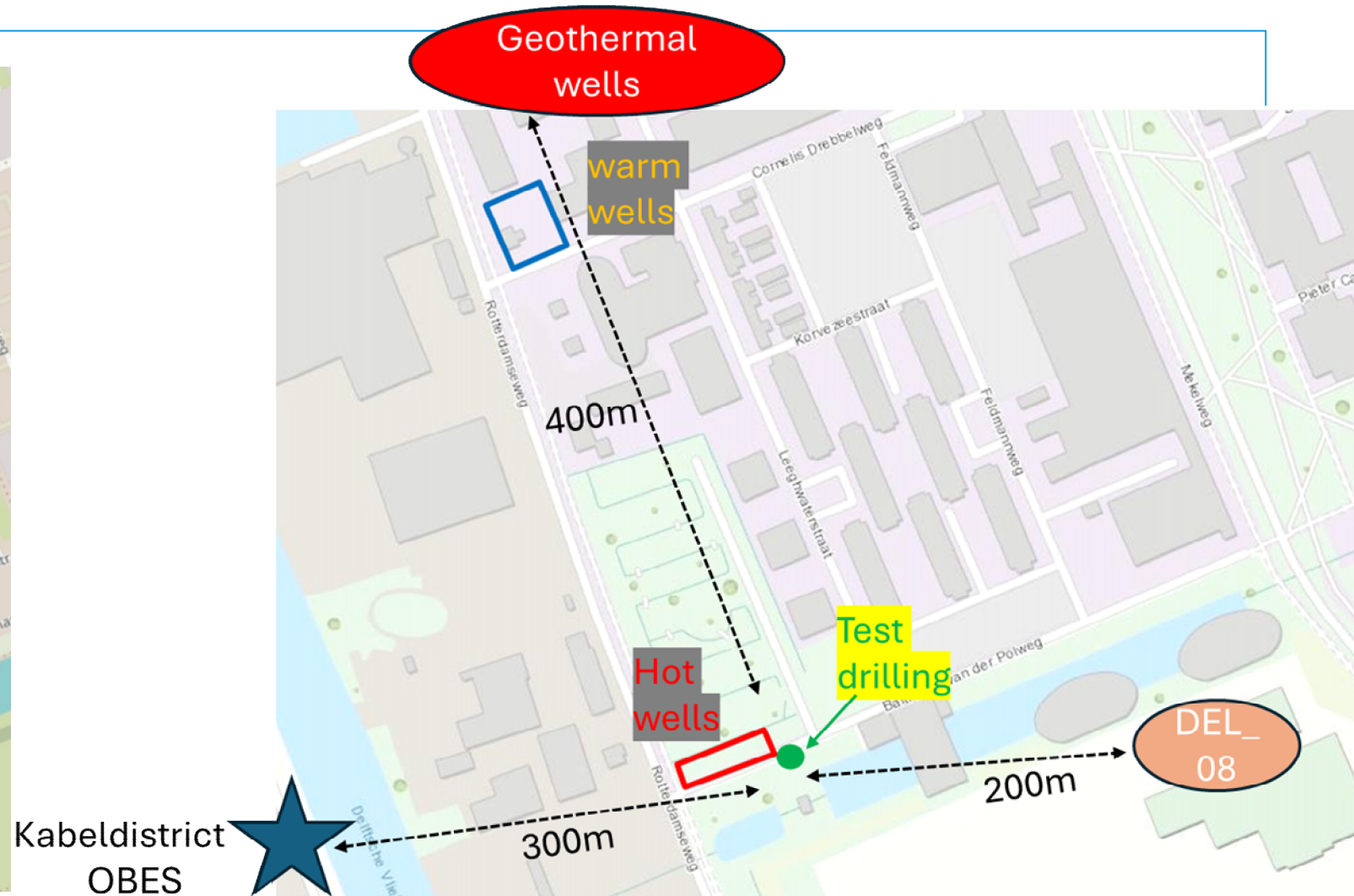
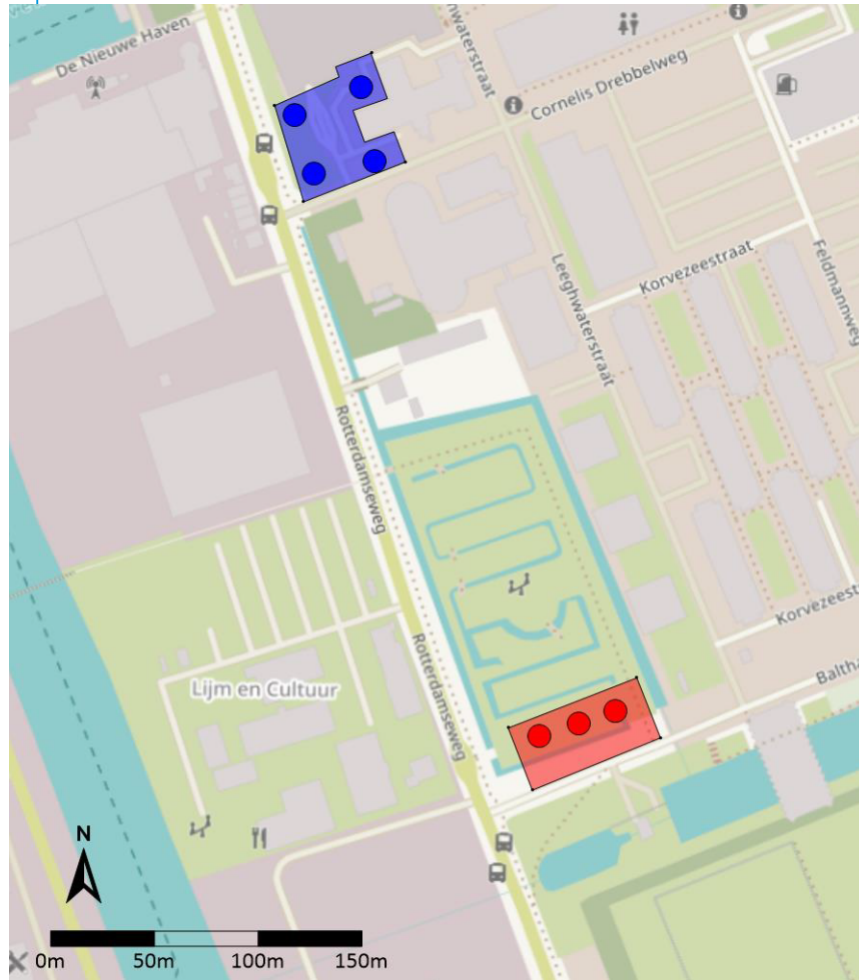






Locaties

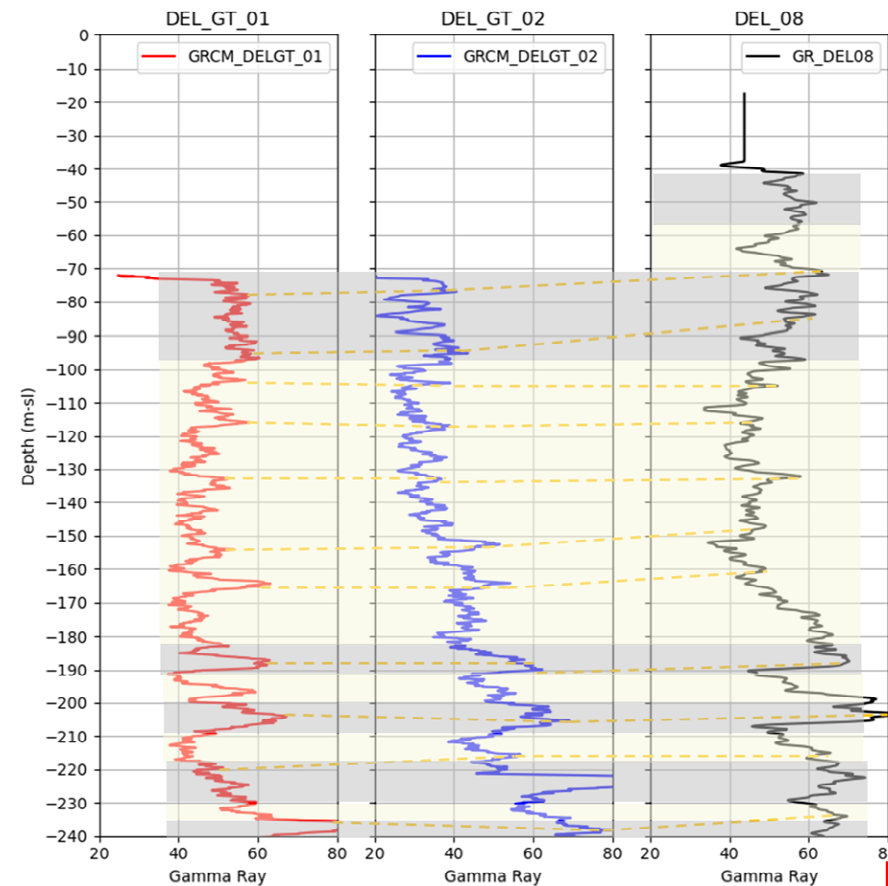
WARMING^{UP}



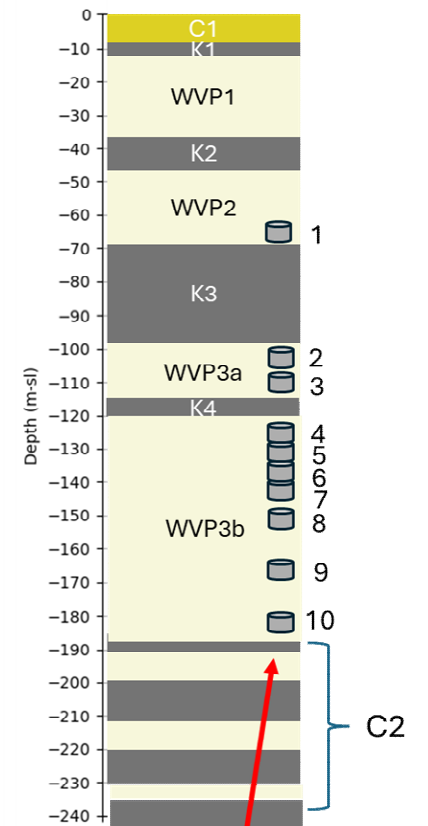
Proefboring → week 12

WARMING^{UP}

- 10 cores
- Pompproeven
- DTS geïnstalleerd
- Geofysische logs

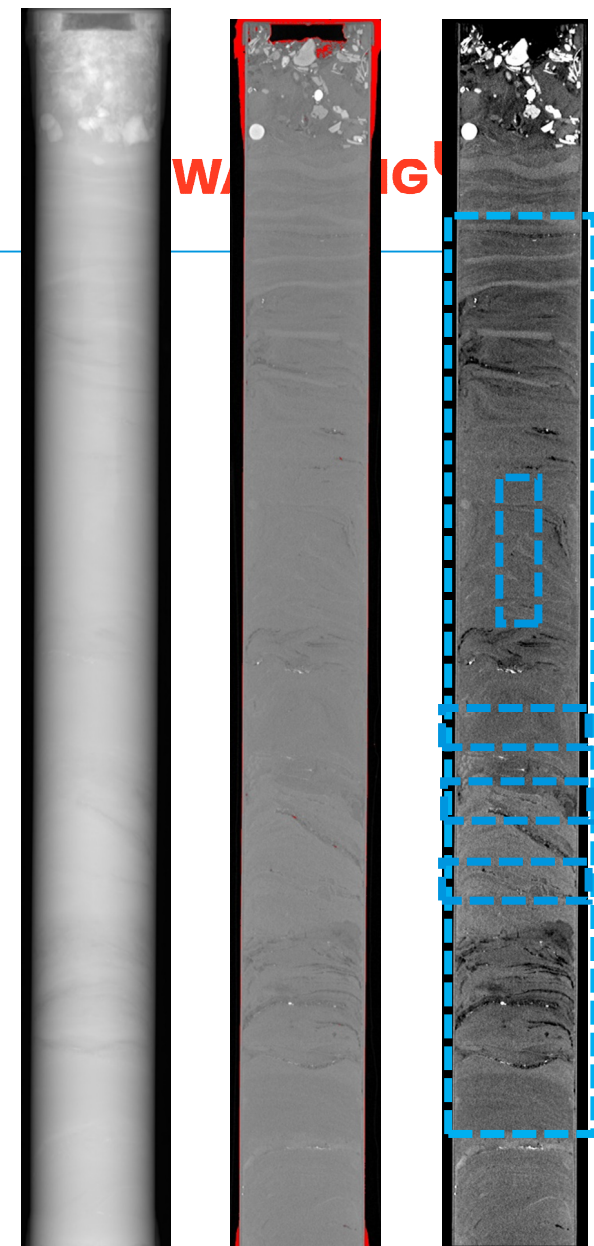
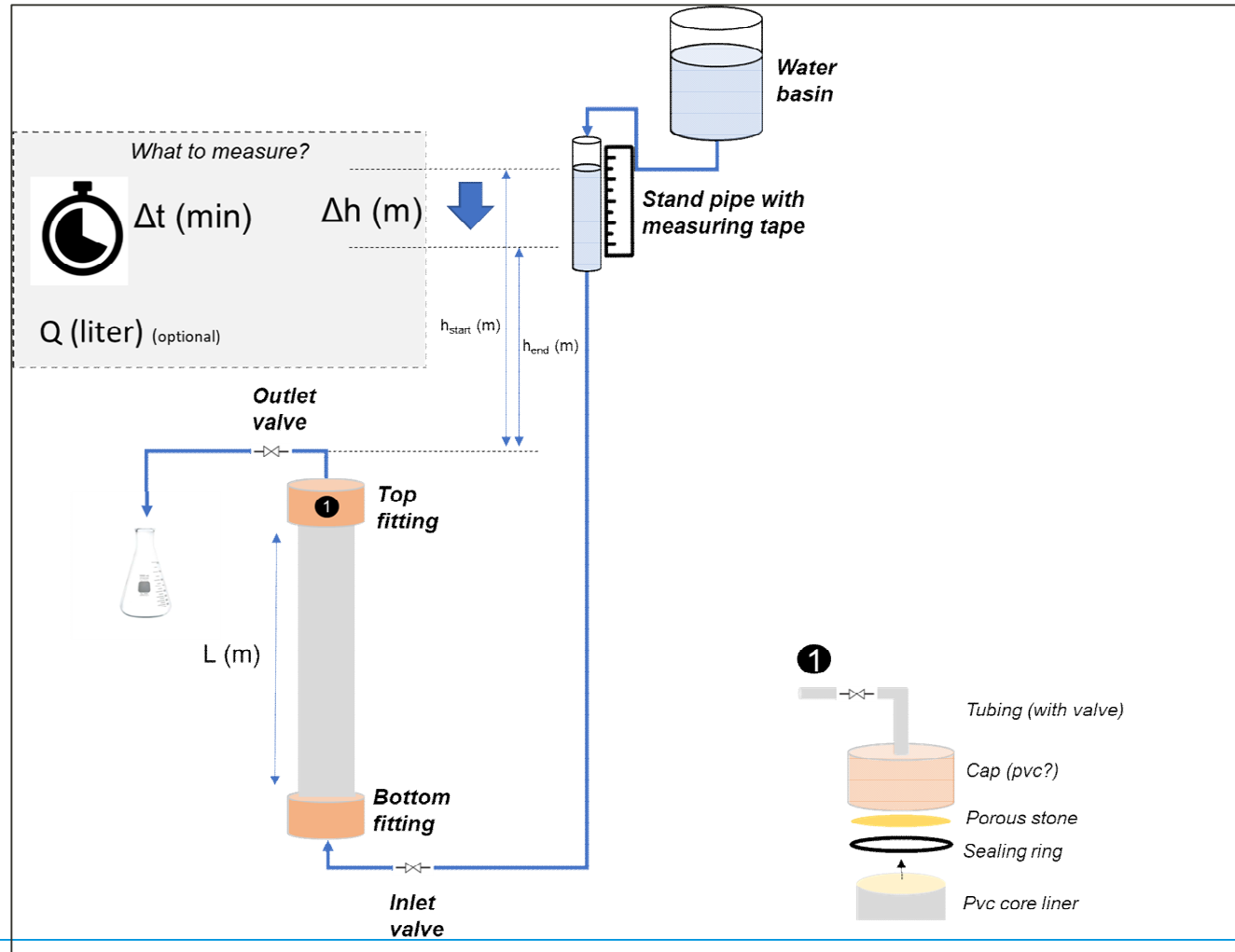


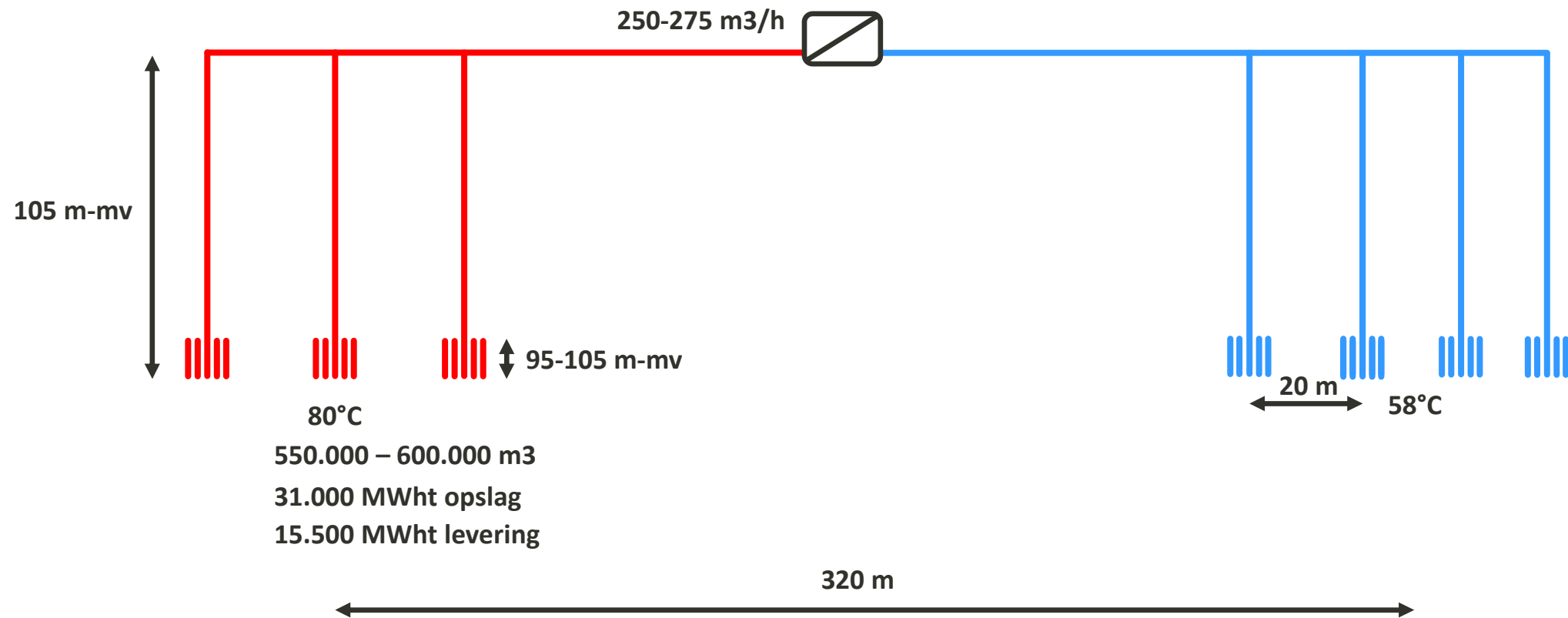
Lithological interpretation of layering



Location of cores (10x)

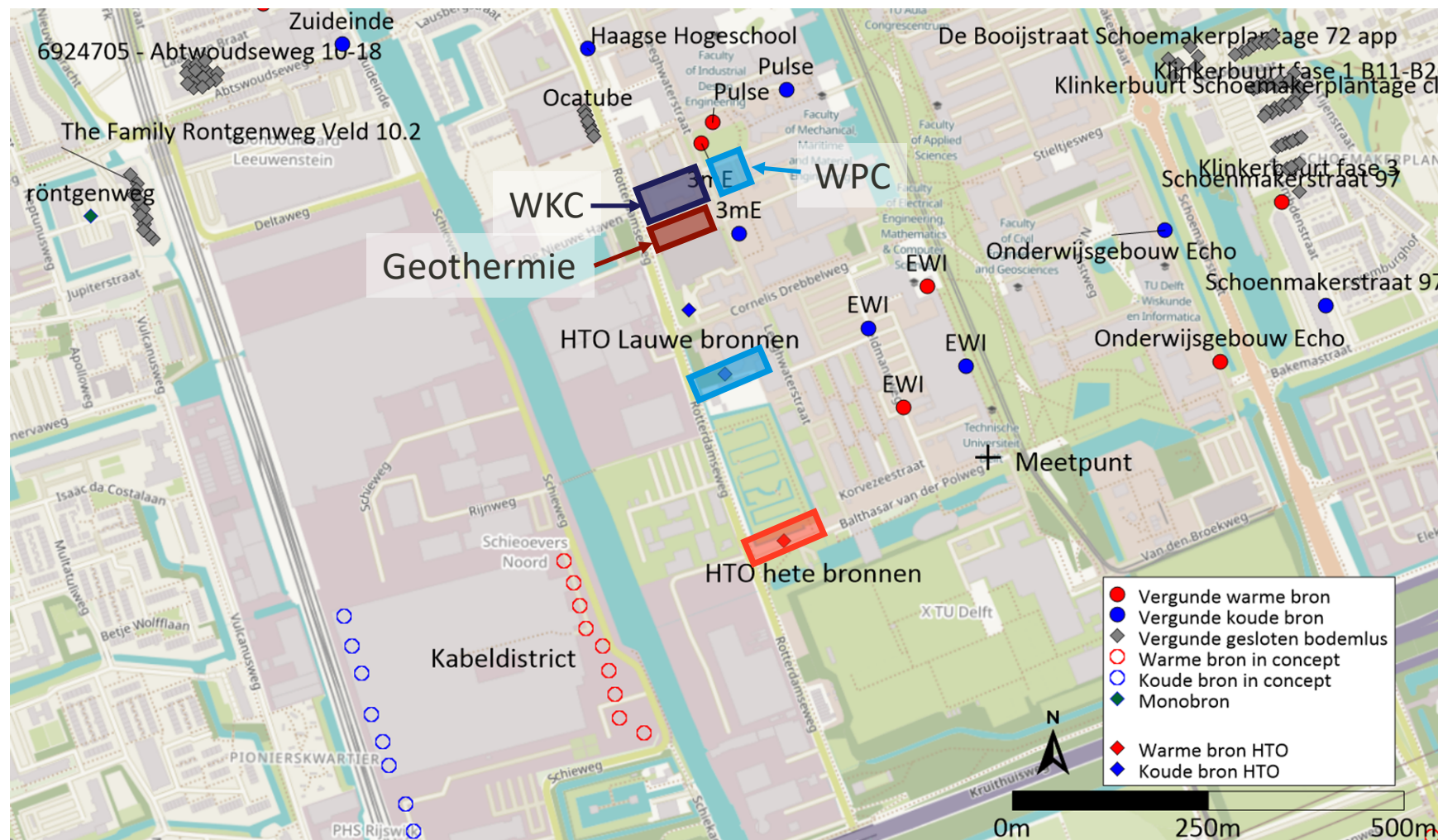
Core analysis and tests



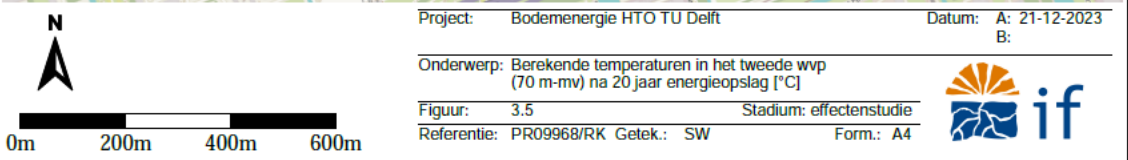
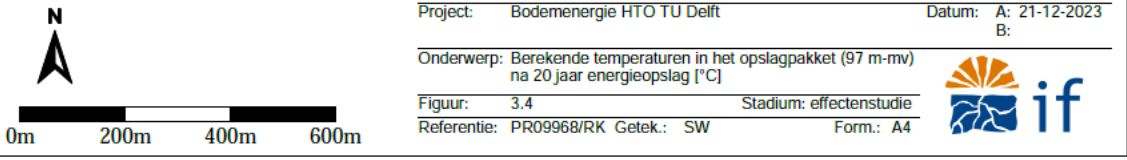


Belangen en inpassing HTO

WARMING UP



WARMING UP



- Via fundamenteel onderzoek bij demo's naar stabiele en robuuste HTO
- Warmteproductie en onderzoek kan hand in hand gaan
- Inpassing van HTO in gebieden met veel andere OBES/GBES is uitdagend en kan in de toekomst beperkend zijn
- Voor zo effectief mogelijke inzet HTO:
 - Focus op lage (afkap)temperatuur door lage net-temperaturen
 - Zo hoog mogelijke opslagtemperatuur door Power-To-Heat

WARMINGUP

Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

WarmingUP-GOO meeting, Delft, 8 feb. 2024

Pilot HTO Delft

ir. Rob Kleinlugtenbelt  if

R.Kleinlugtenbelt@iftechnology.nl

dr.ir. Martin Bloemendal  **TNO**

j.m.Bloemendal@tudelft.nl / martin.Bloemendal@tno.nl





WARMING^{UP}

Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

Waterkwaliteitseffecten bij HTO systemen

Update op basis van de monitoring bij HTO
Middenmeer

Effecten HTO: Waar waren we gebleven?

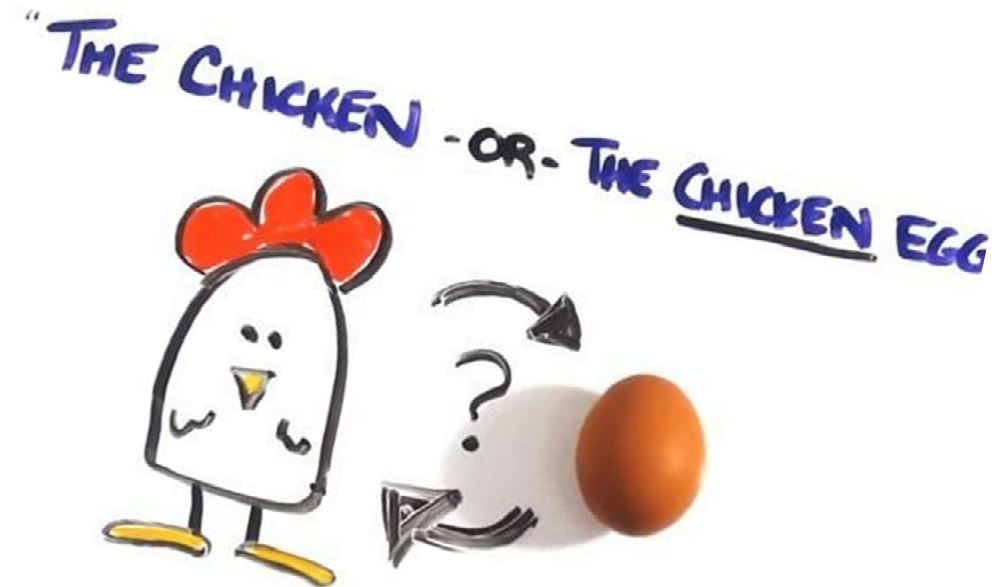
WARMING^{UP}

- *Wat willen we weten?*
genoeg voor pragmatische, op wetenschap gebaseerde vergunningsverlening
- *Wat mist er nog?*
Anticiperen op effecten voor gegeven systeem en geohydrologische omstandigheden
- *Wat is hiervoor nodig?*
 1. Meerjarige monitoring HTO systemen
 2. Labexperimenten om effecten te generaliseren en extrapoleren

Effecten HTO: Waar waren we gebleven?

WARMING^{UP}

- *Wat willen we weten?*
genoeg voor pragmatische, op wetenschap gebaseerde vergunningsverlening
- *Wat mist er nog?*
Anticiperen op effecten voor gegeven systeem en geohydrologische omstandigheden
- *Wat is hiervoor nodig?*
 1. Meerjarige monitoring HTO systemen
 2. Labexperimenten om effecten te generaliseren en extrapoleren

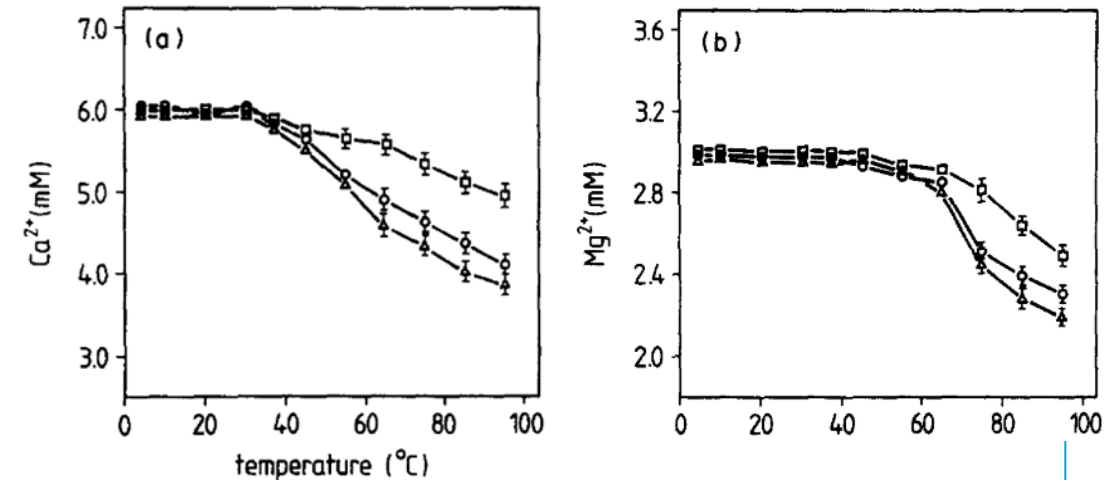


Effecten HTO: Verwachtingen vooraf

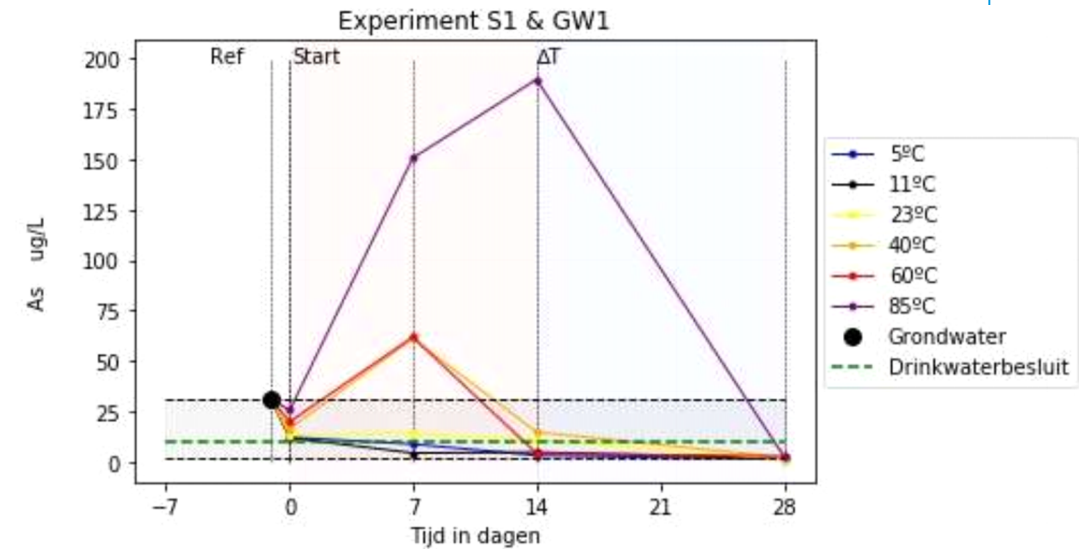
Temperatuurverandering beïnvloedt meerdere, onderling interacterende, processen:

- Kalkneerslag en oplossing van silicaten
- Versnelde afbraak van sedimentair organisch materiaal
- Verschuiving redoxtoestand: stimulatie sulfaatreductie en methanogenese
- Veranderende sorptie-affiniteit: mobilisatie sporenelementen (arseen)
- Verschuiving microbiologische populaties (>80°C sterilisatie)

Naast temperatuureffect ook andere effecten (bv. menging in opslagpakket)!



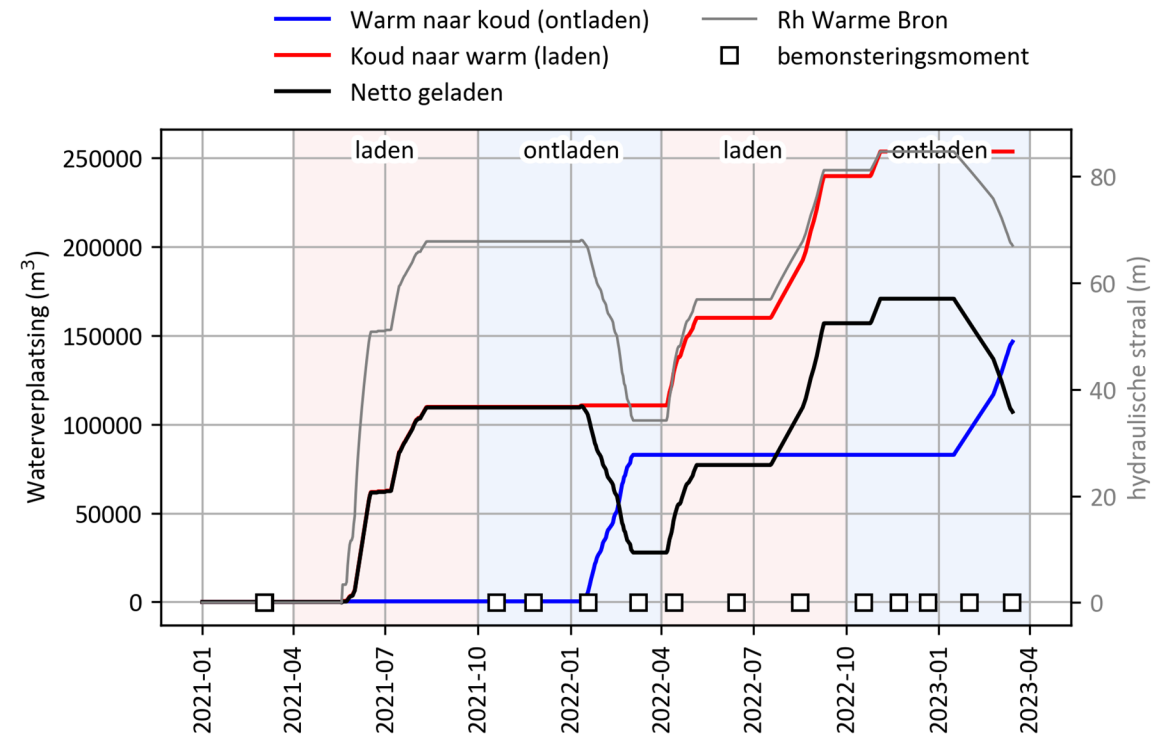
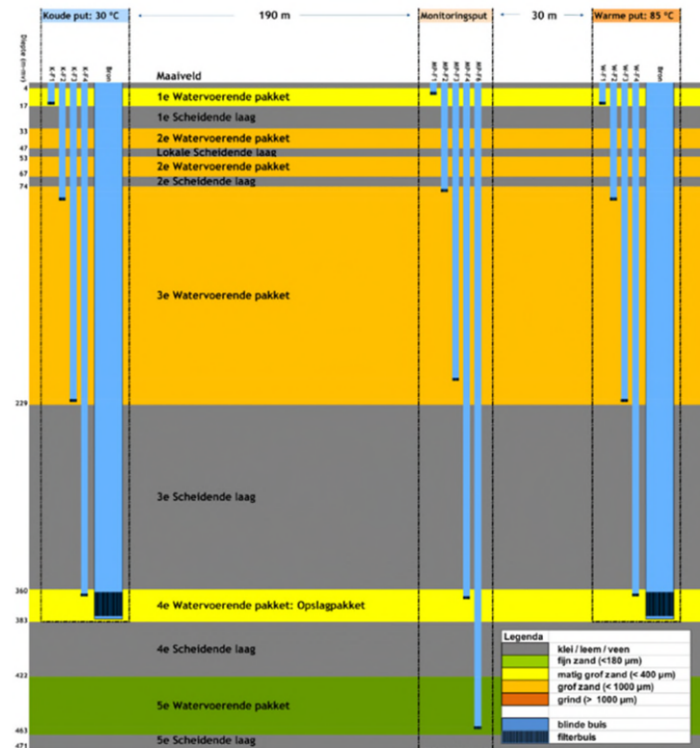
Brons et al, 1991



Van Dooren et al., 2019

Meten van effecten bij HTO systemen: de praktijk ...

WARMING^{UP}



Bemonstering op veel verschillende plekken (bronnen + filters in omstorting, monitoringsput)
en momenten (laden, ontladen, rust, nulmeting x2)

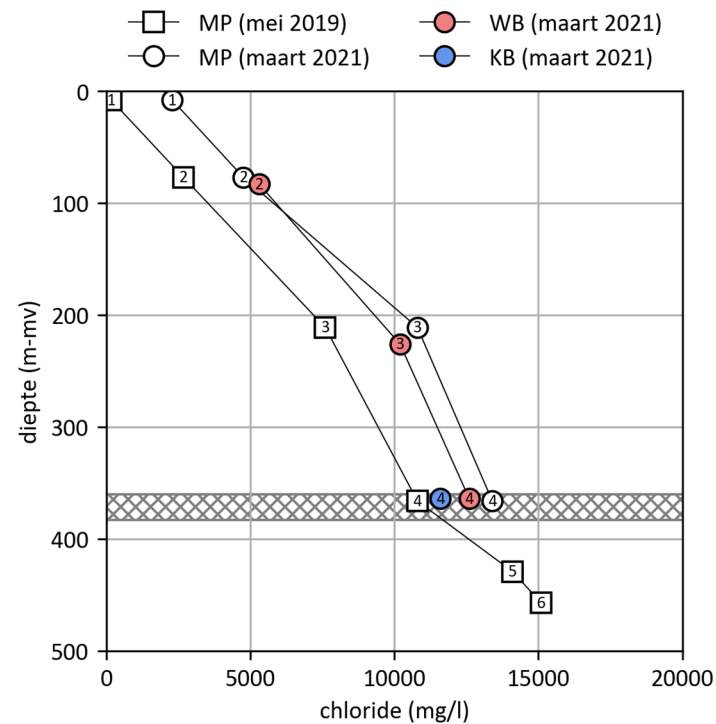
Elke monster heeft zijn eigen verhaal ...

Meten van effecten bij HTO systemen: de praktijk is complexer ... (#1)

WARMING^{UP}

Grondwatersamenstelling op meerdere manieren beïnvloedt voor *ingebruikname*:

1. Gebruik zoet werkwater

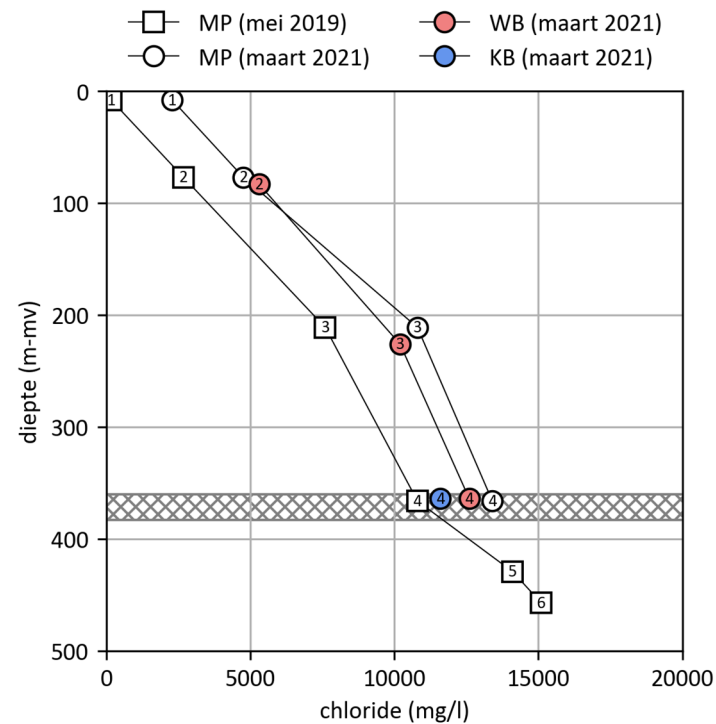


Meten van effecten bij HTO systemen: de praktijk is complexer ... (#2)

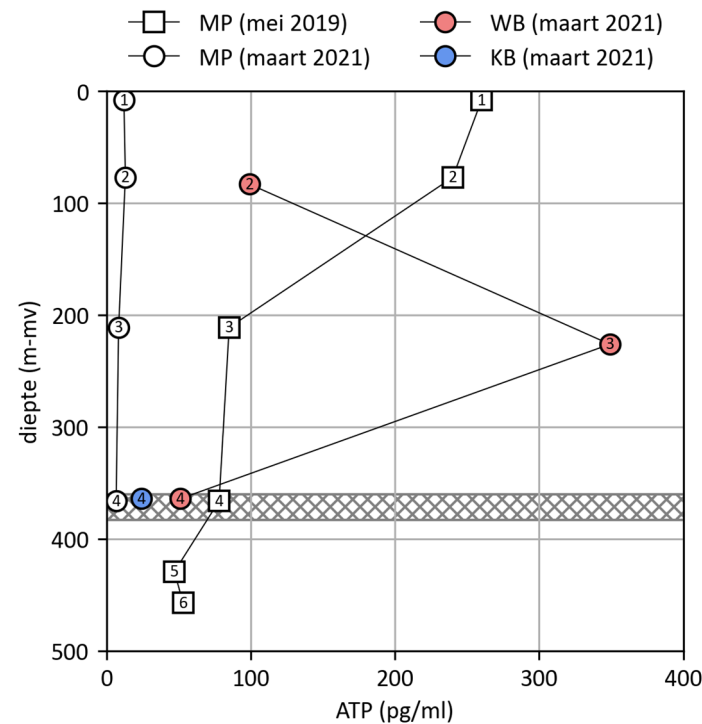
WARMING^{UP}

Grondwatersamenstelling op meerdere manieren beïnvloedt voor *ingebruikname*:

1. Gebruik zoet werkwater



2. Gebruik boorspoeling

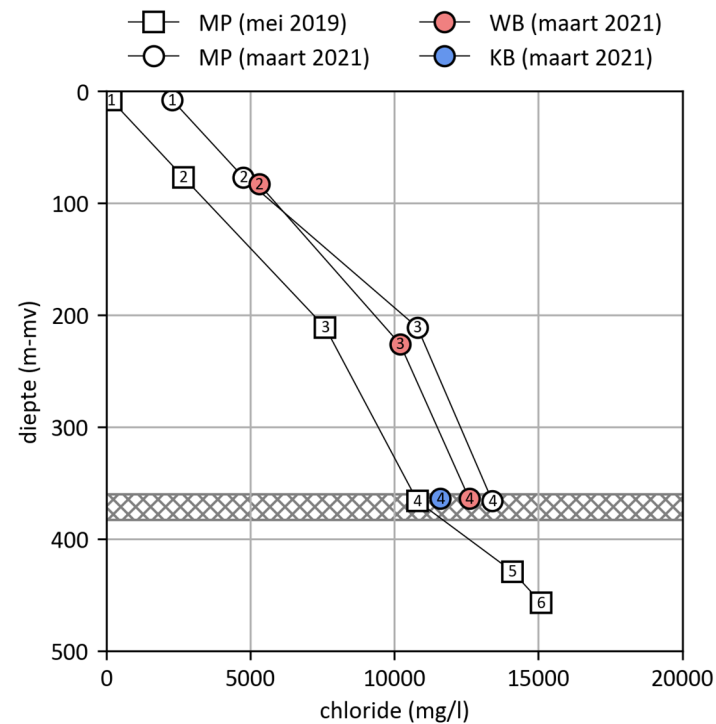


Meten van effecten bij HTO systemen: de praktijk is complexer ... (#3)

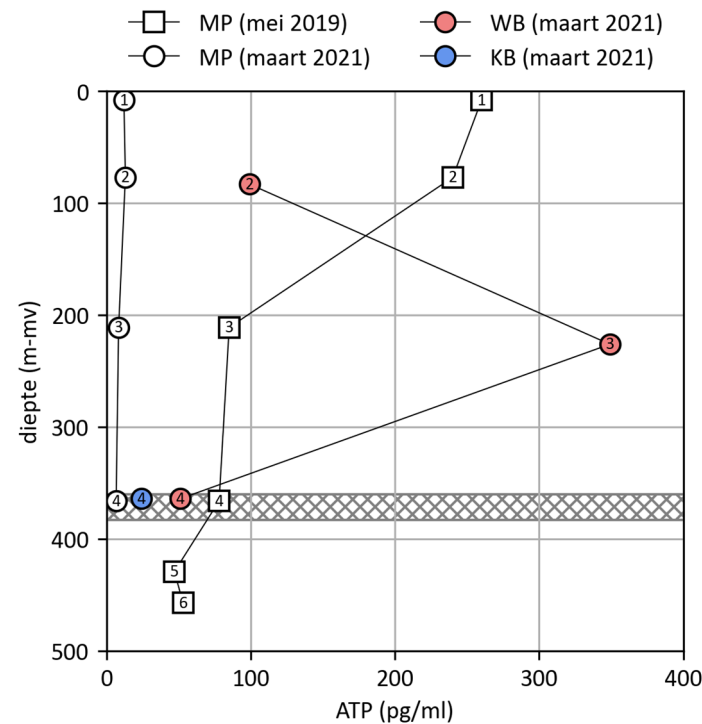
WARMING^{UP}

Grondwatersamenstelling op meerdere manieren beïnvloedt voor *ingebruikname*:

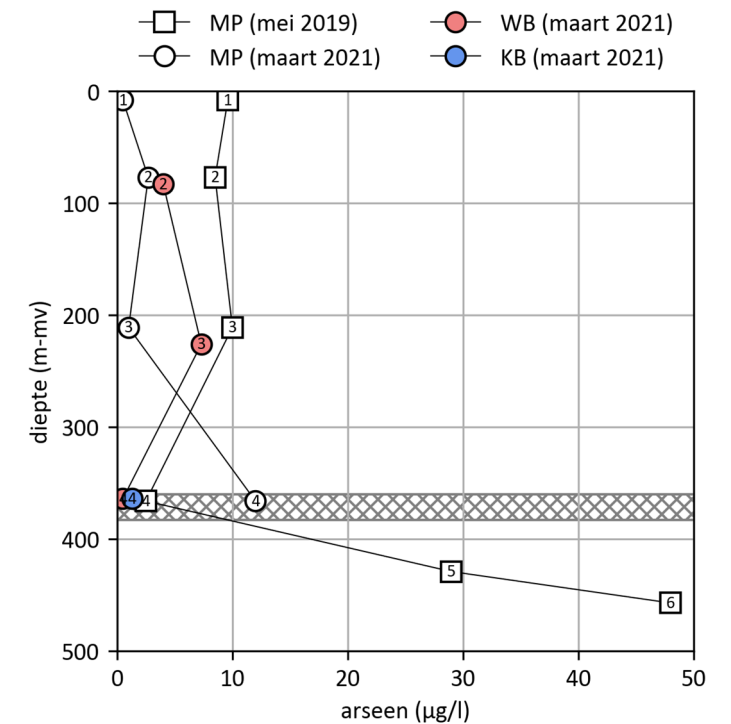
1. Gebruik zoet werkwater



2. Gebruik boorspoeling



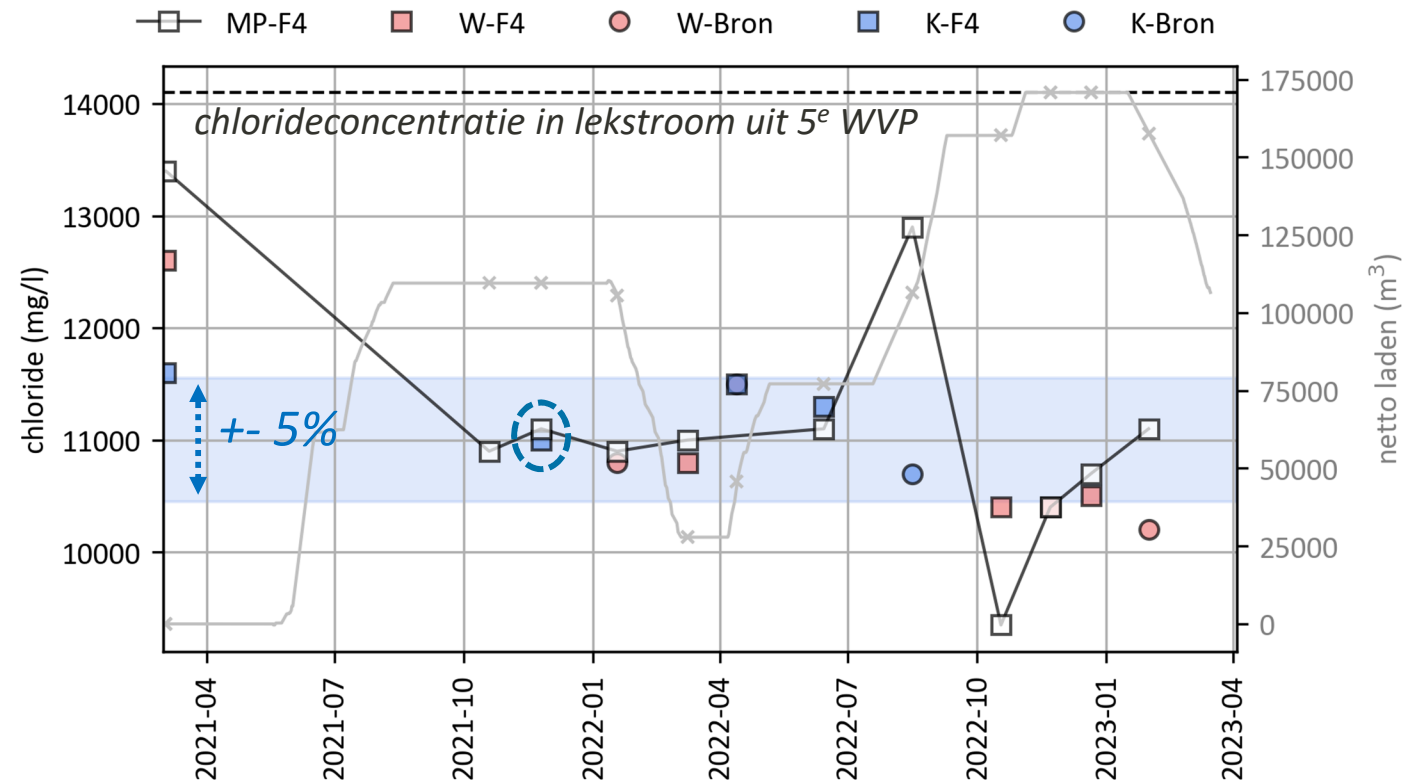
3. Lekkende peilbuis



Vermenging watertypen beïnvloed grondwatersamenstelling in operationele fase

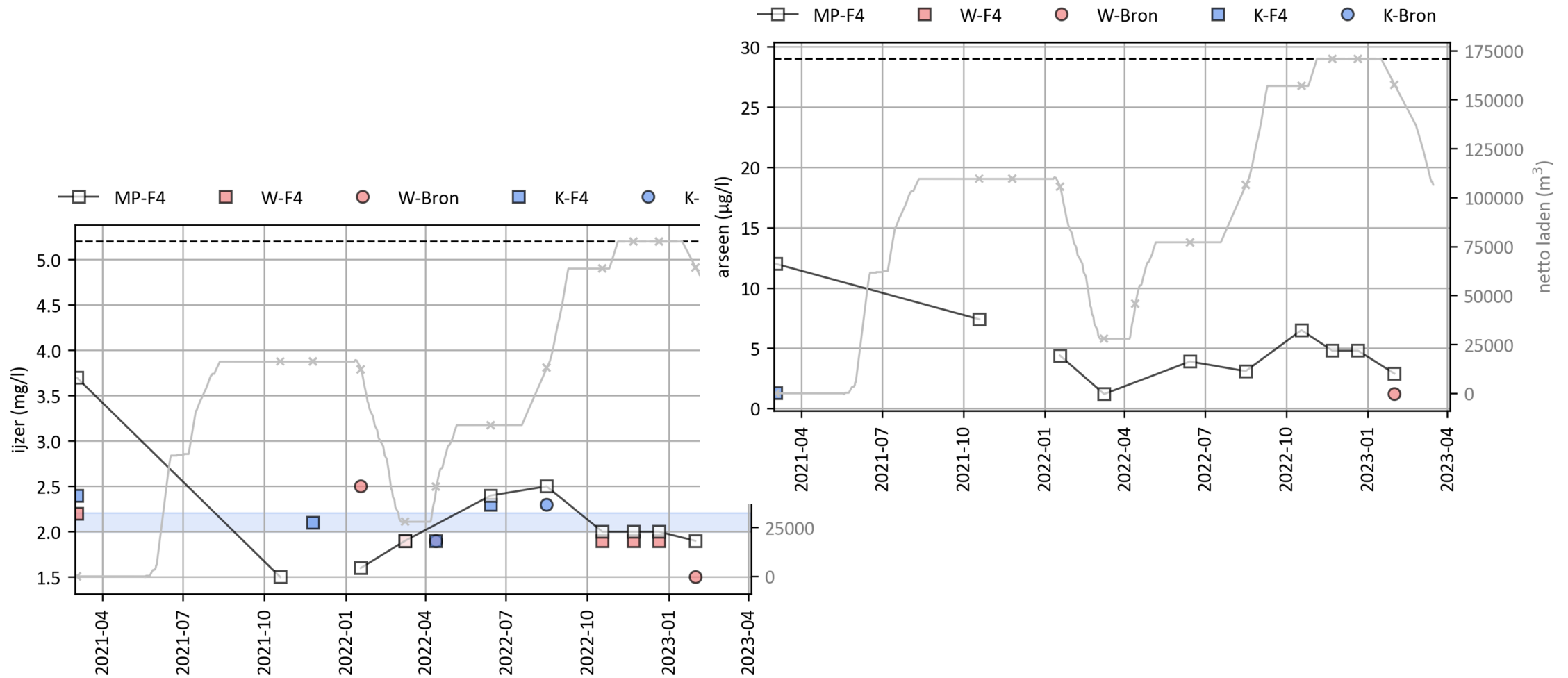
WARMING^{UP}

- Grillig patroon, niet simpel te verklaren
- Beste indicatie nulsituatie?
- Verschuivingen in absolute zin groot, maar relatief klein



Vele mogelijke voorbeelden...

WARMING^{UP}



- Macrochemische concentratieveranderingen (bij monitoringsput) veelal <10%
 - Belangrijkste oorzaak: vermenging → kationuitwisseling
- Enkele effecten lijken wel door verhoogde temperatuur veroorzaakt
 - Arseen (<10 µg/l), zink, barium, silica en methaan **relatief** sterk en aanhoudend verhoogd
 - Deels door lekkage → langer door monitoren noodzakelijk voor duiding oorzaak
- Microbiologische data onderstreept chemische bevindingen:
 - Geen groei, verschuiving samenstelling naar koude bron (door **onbalans**!)
 - Toename relatieve concentratie thermofiele, methanogene bacteriesoorten

Voorbehoud

- Temperatuurseffecten in net opgestart HTO systeem:
 - Initieel zijn er meerdere versturende factoren: werkwater, boorspoeling, menging
 - Verder in dit geval versturende factoren: lekkage, CO2-dosering

Wat kunnen we wel zeggen

- Meeste veranderingen < 10% t.o.v. achtergrondconcentratie, veroorzaakt door menging
- Methaan, arseen, zink, silica sterker en langduriger (en aanhoudend?) verhoogd
- Microbiologie: verschuiving door onbalans + meer thermofiele en methanogene bacteriën
- Mogelijk treden sommige temperatuureffecten (microbieel) op na aanloopfase
- Na opstartperiode worden (zonder andere verstoring) temperatuur effecten duidelijker

Vertaling naar praktijk:

- WarmingUP C3: 'Monitoringsvoorschriften' voorlopig afwegingskader aangescherpt
- WarmingUP GOO: Factsheet, Juridisch Achtergronddocument en Afwegingskader 2.0

Voortzetten inhoudelijke onderzoekslijn:

1. Wat langer door monitoren bij operationele HTO systemen (ECW)
2. Waarborgen gedegen baseline monitoring (bijv. Leeuwarden, evt. verkenningslocaties in GOO)
3. Labexperimenten (GOO):
 - doel: beter anticiperen op effecten o.b.v. bulk geochemische parameters, voor gegeven systeem en geohydrologische situatie

WARMING^{UP}

Innovatief Duurzaam Warmtecollectief



Gilian Schout

gilian.schout@kwrwater.nl



Niels Hartog

niels.hartog@kwrwater.nl

En vele andere...

[WarmingUp.info](https://warmingup.info)

contact@warmingup.info



[Link naar eindrapport](#)

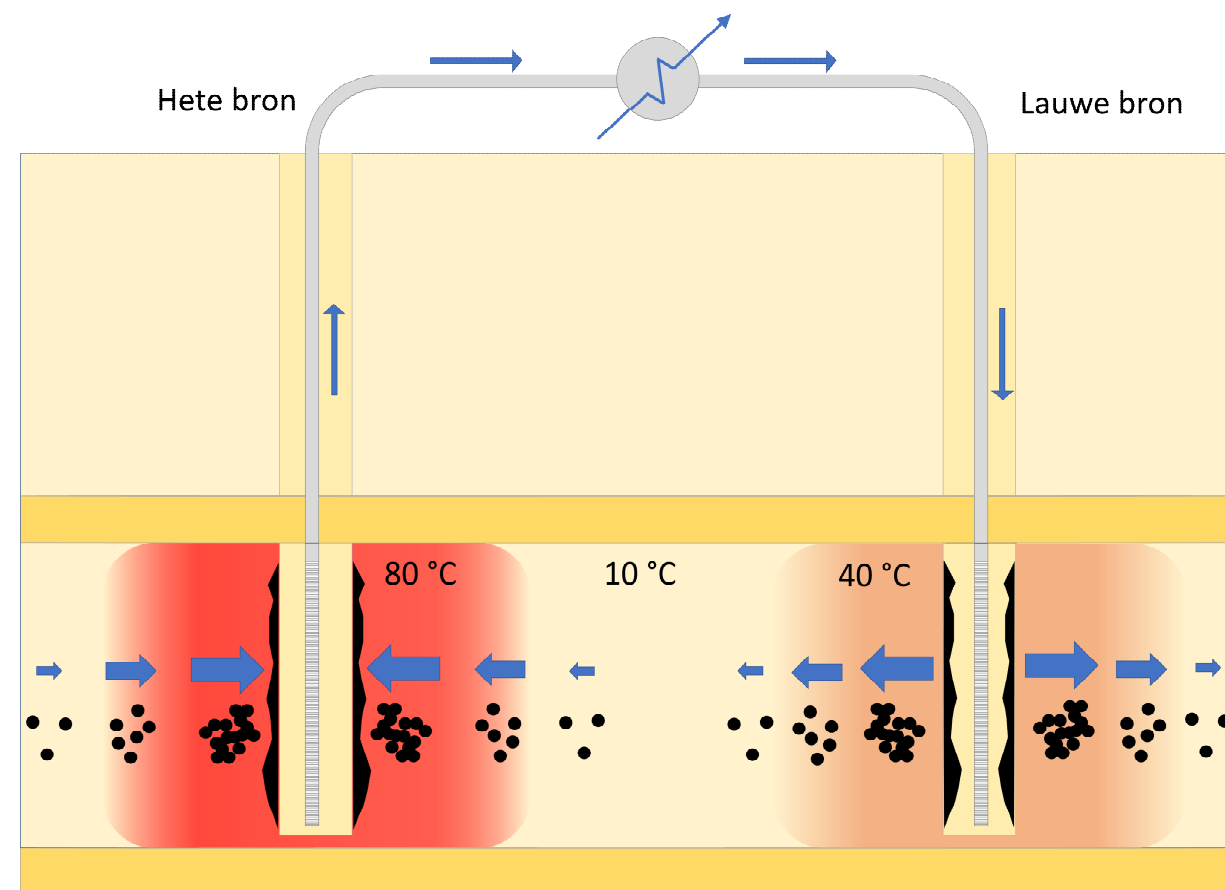
Wat is het maximale ontwerpdebiet van HTO-putten?

Martin van der Schans

Martin Bloemendal

Niels Hartog

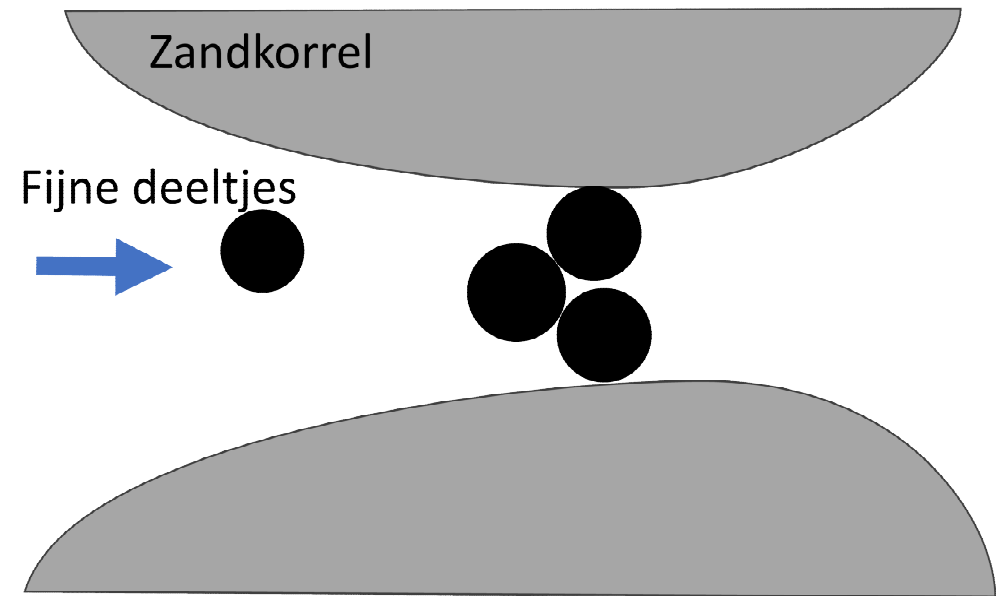
Met bijdragen van/ projectbegeleiding: Noor van Eimeren (TUD), Benno Drijver (IF), Ate Oosterhof (Vitens), Rob Lafort (Evides), Guido Kersten (Oasen), Jeroen Castelijns (Brabant Water), Gijsbert Cirkel (KWR), Harry van Wegen (KWR), Jasper Immink (KWR)



Aanleiding & doel

Stroomsnelheid grondwater >> debiet HTO-put

- Te laag >> meer putten
- Te hoog >> putverstopping



OBES (5-20 °C): Ontwerprichtlijnen max. stroomsnelheid >> weinig deeltjesverstopping

HTO (40-90 °C): *NL*: correctie viscositeit >> verhoging OBES-ontwerprichtlijn *

(100 °C): *DK, AU*: Toename deeltjesverstopping o.b.v. lab- en praktijkervaring **

Wat is de invloed van temperatuur op transport van fijne deeltjes in grondwater?

Welke consequenties heeft dit voor het ontwerpdebiet van HTO-putten?

OBES = Open Bodemenergiesysteem; HTO = Hoge Temperatuur OBES;

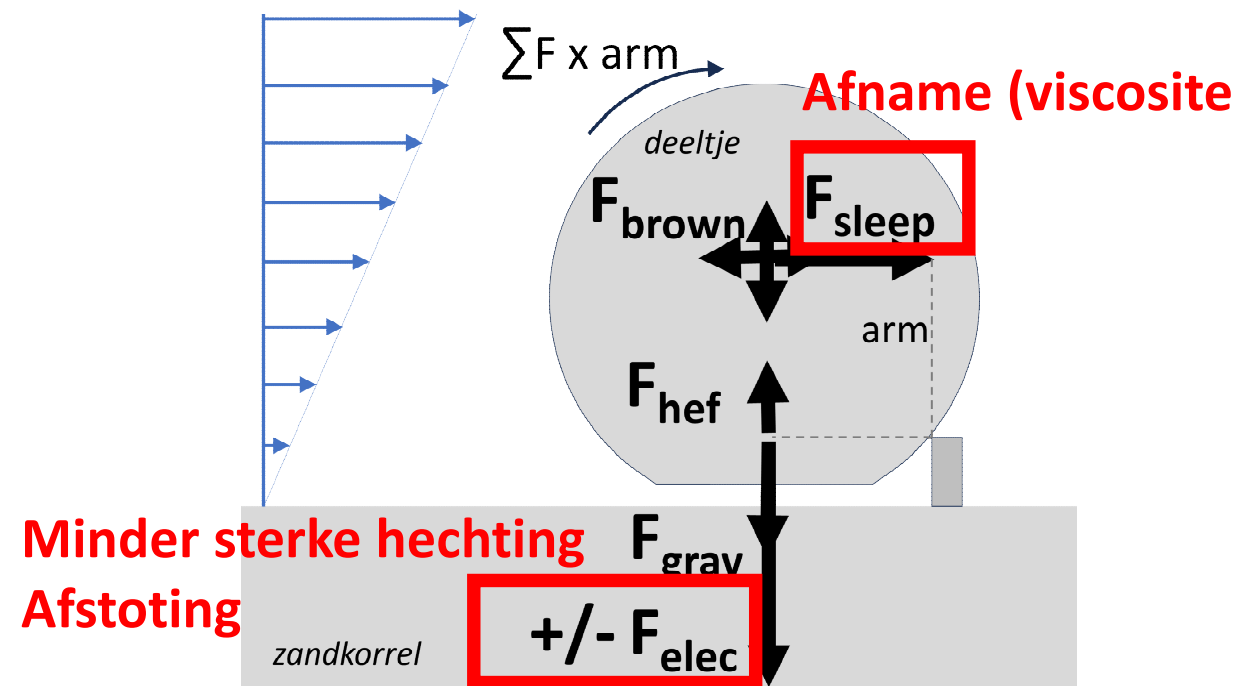
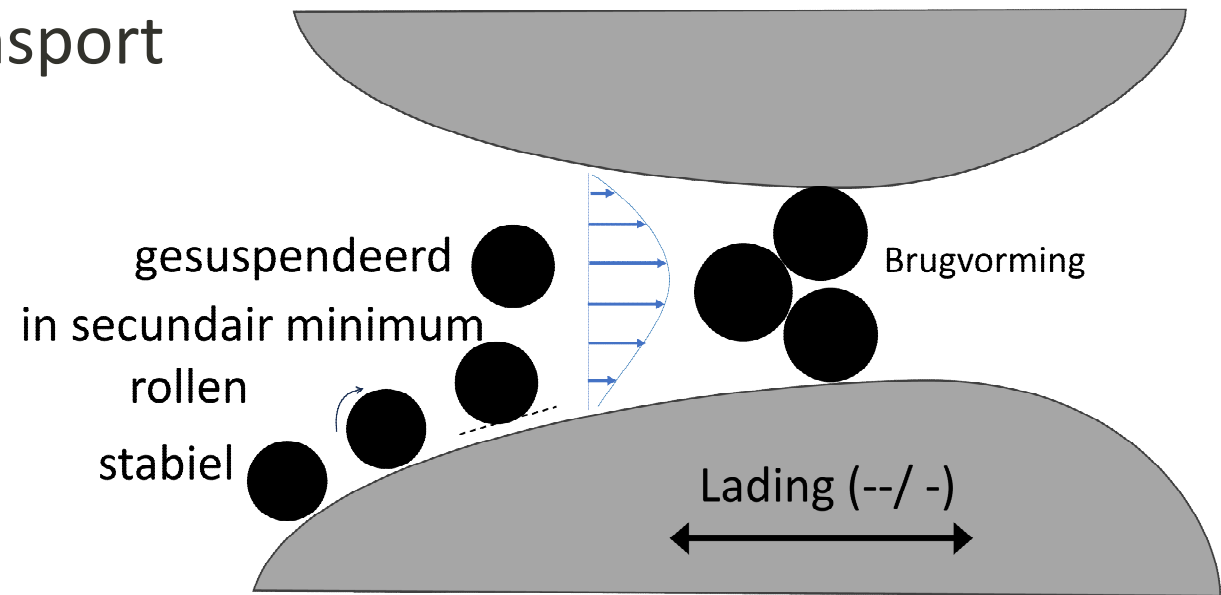
() IF-Technology 2012; Oerlemans et al 2022 (**) Rosenbrand 2012; You 2019, ...etc....*

Invloed temperatuur op deeltjestransport

Kracht- en momentenbalans

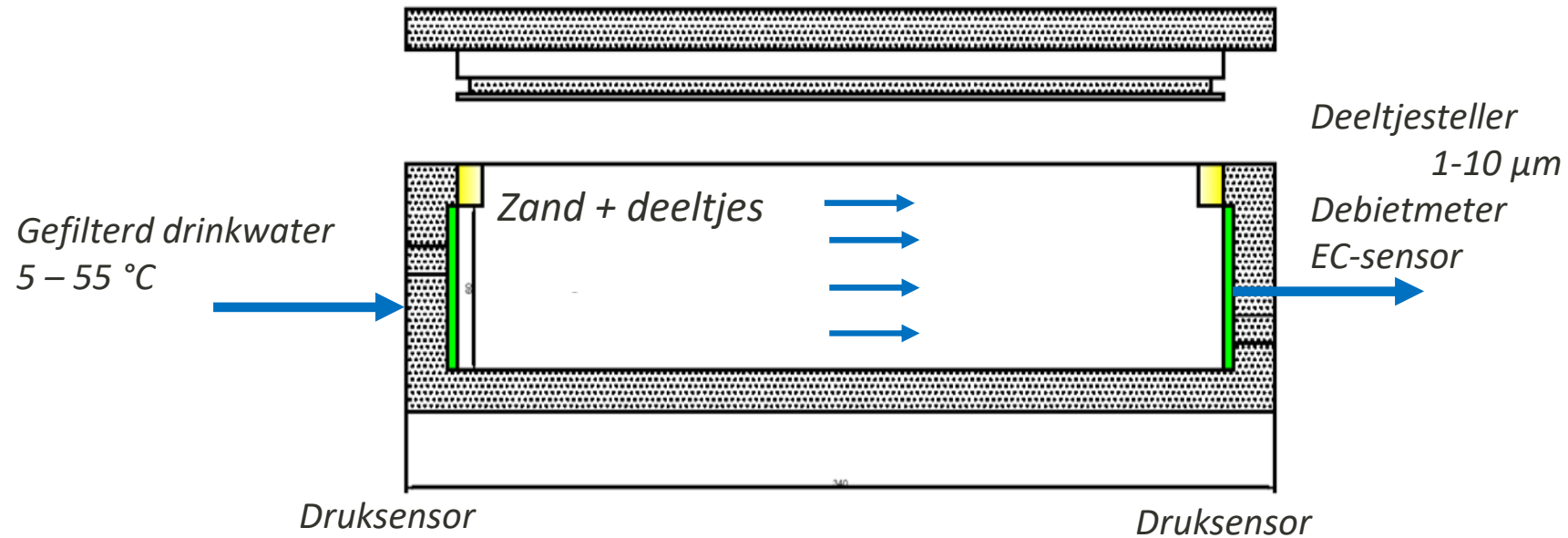
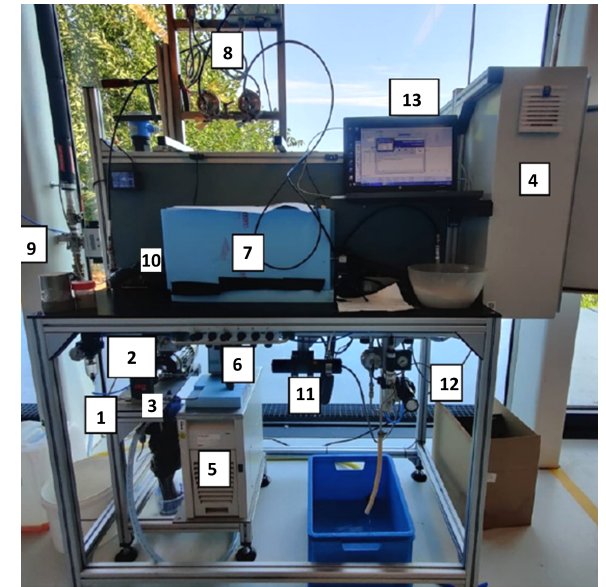
Conditie waarbij **temperatuur** van invloed is op kritieke stroomsnelheid:

- Zeta potentiaal (zand & deeltje)
- Waterkwaliteit (pH, zout)



Invloed temperatuur op deeltjestransport

Kolomproef



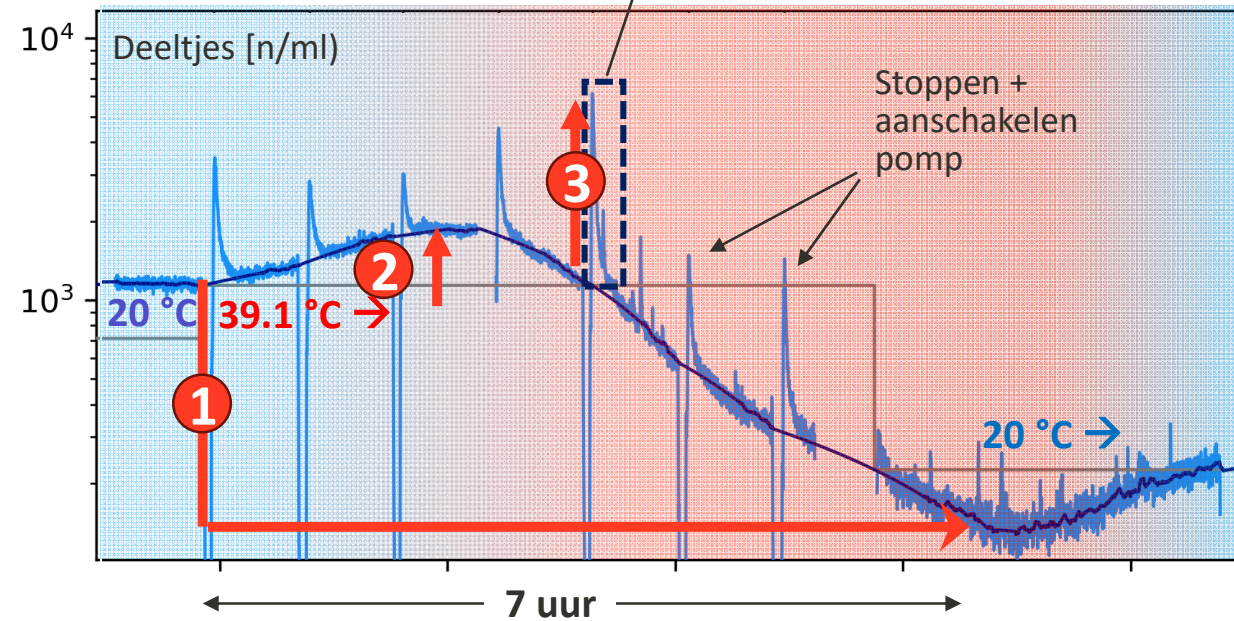
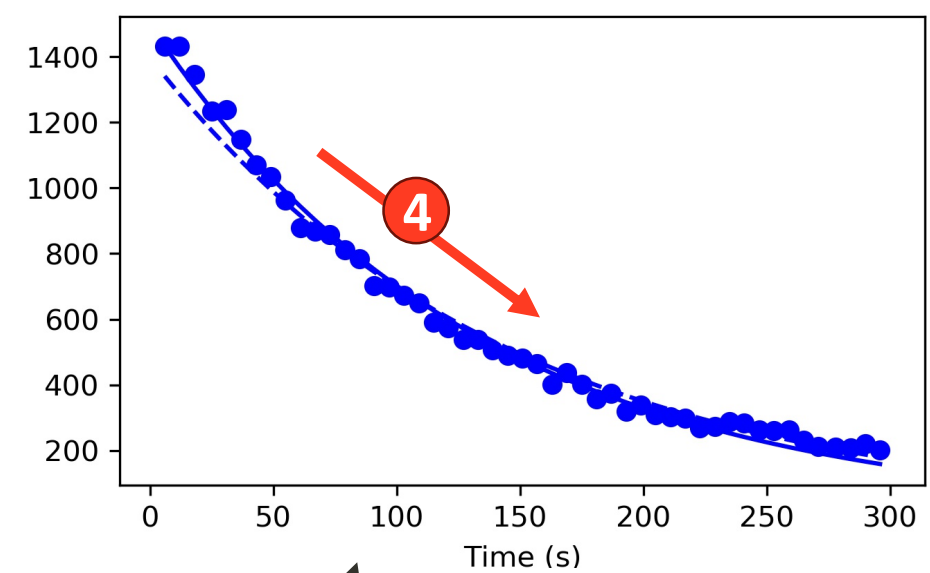
Invloed temperatuur op deeltjestransport

Kolomproef

Invloed **temperatuurverhoging**:

		Mobilisatie	Depositie
Stationaire stroming en temperatuur	1	—	+
Tijdens verandering temperatuur	2	++	+
Tijdens verhoging stroomsnelheid	3	++	+

Meeste deeltjes zijn immobiel



Invloed temperatuur op deeltjestransport

Kolomproef

X

X

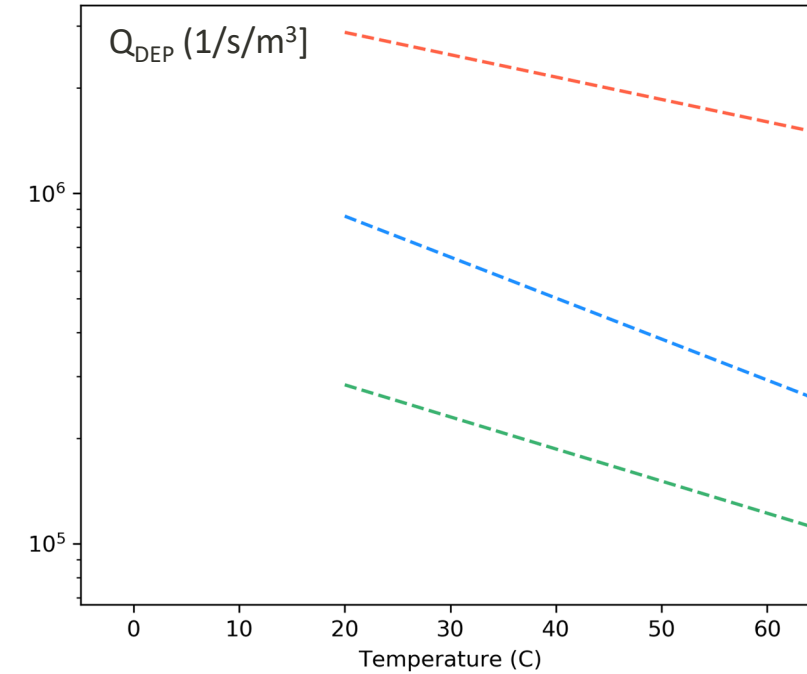
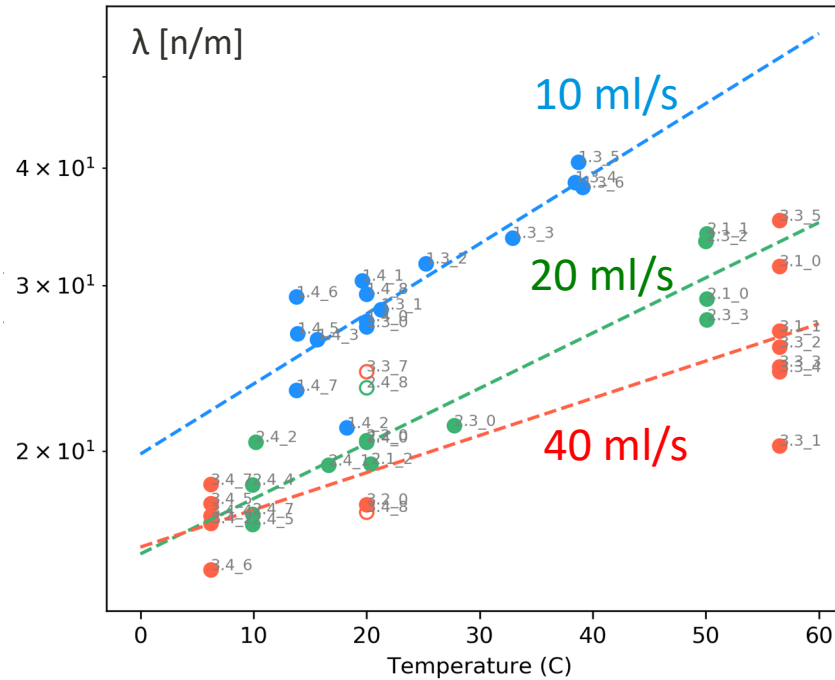
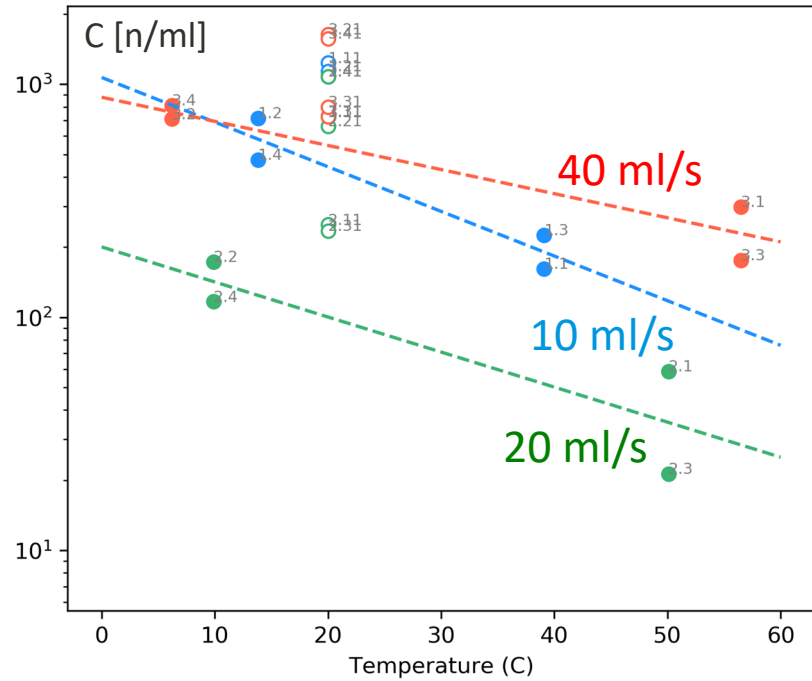
=

Basisconcentratie

Filtratiecoëfficiënt

**Stroom-
snelheid**

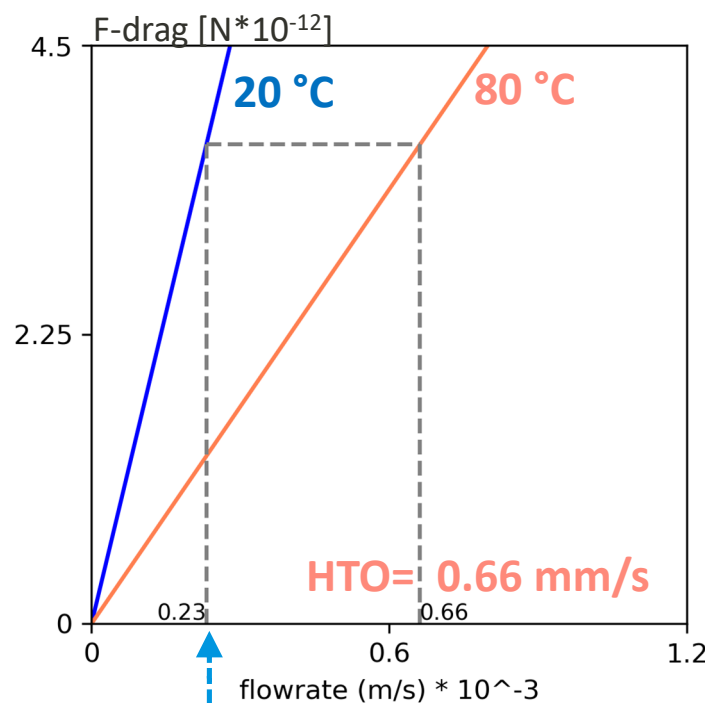
Depositie



Consequenties voor stroomsnelheid boorgatwand

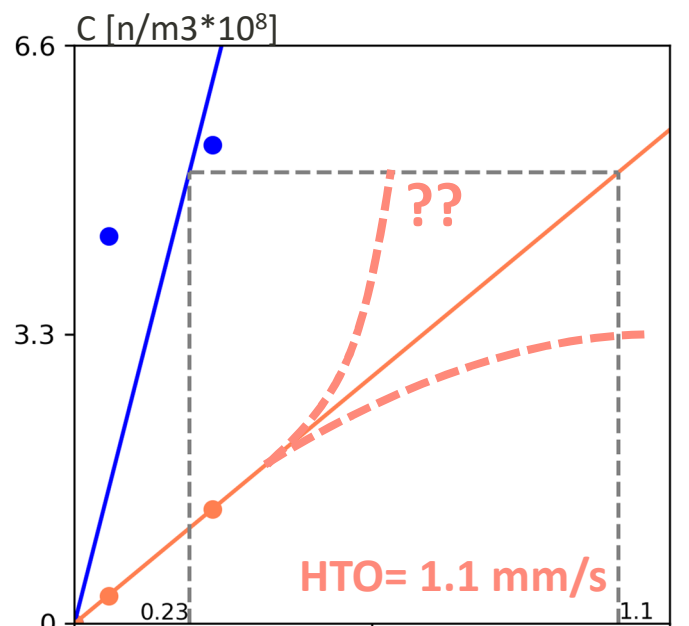
Extrapolatie kolomproef

Sleepkracht (viscositeit)



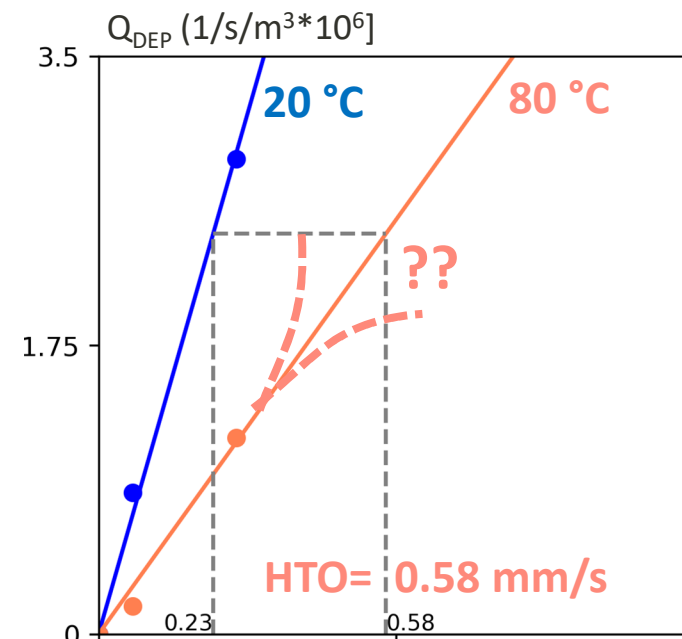
0.23 mm/s

Basisconcentratie



OBES-ontwerpnorm
(onttrekking)

Depositie



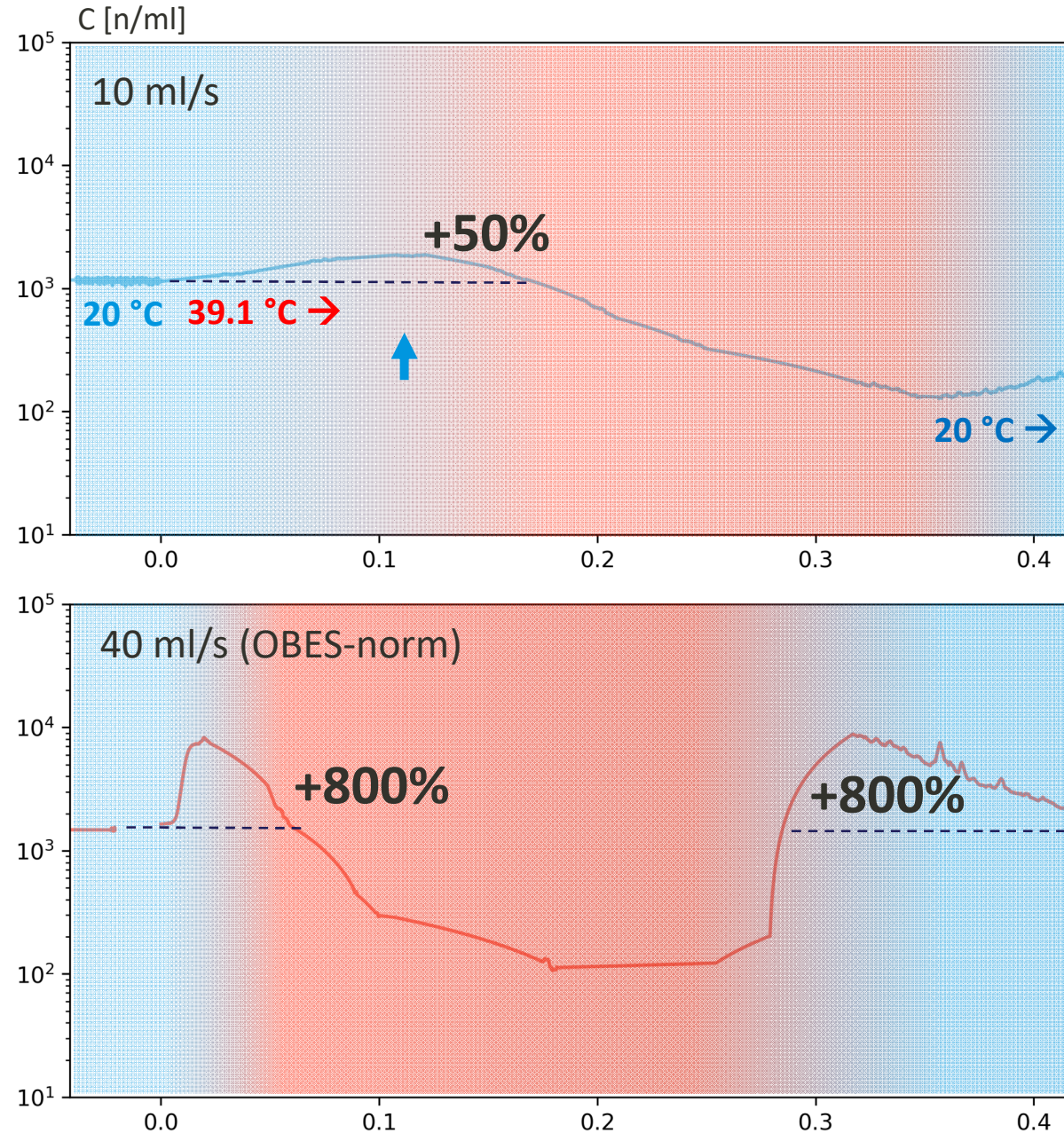
HTO= 0.58 mm/s

Consequenties voor stroomsnelheid boorgatwand

Kolomproef

Mobilisatie deeltjes door opwarmen & koelen

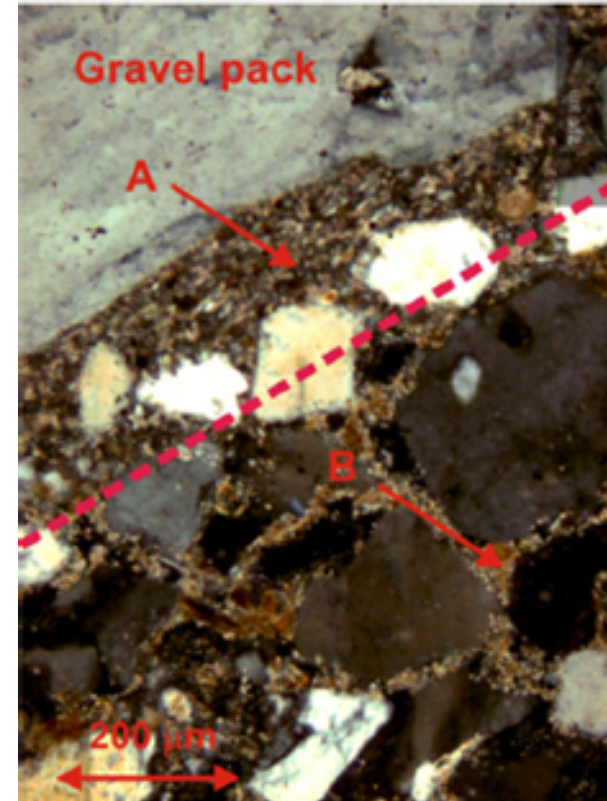
Effect neemt sterk toe bij hogere stroomsnelheid



Conclusies & aanbevelingen voor praktijk

O.b.v. zeer beperkte velddata (HTO-ECW + filter) en onzekere extrapolatie kolomproef:

- Netto effect hydrodynamische en elektrostatische veranderingen lijkt gunstig uit te pakken bij hogere temperaturen bij stationaire stroming.
- Geen reden om lagere ontwerpnormen dan OBES te hanteren. ($\leftrightarrow$ DK, AU)
- Verhogen OBES-normen lijkt mogelijk
- Aandachtspunt: Put volledig ontwikkelen & temperatuur geleidelijk veranderen



De zwart, 2007

Aanbevelingen voor nader onderzoek

Inzicht, voorspellen van temperatuurafhankelijke processen bij verschillende condities

- >> Mate van correctie OBES-norm (of andere benadering)
- >> Beheersmaatregelen

Karakterisatie deeltjes in de praktijk

>> Verminderen onzekerheid belangrijkste deeltjeseigenschappen

Uitbreiden labproeven

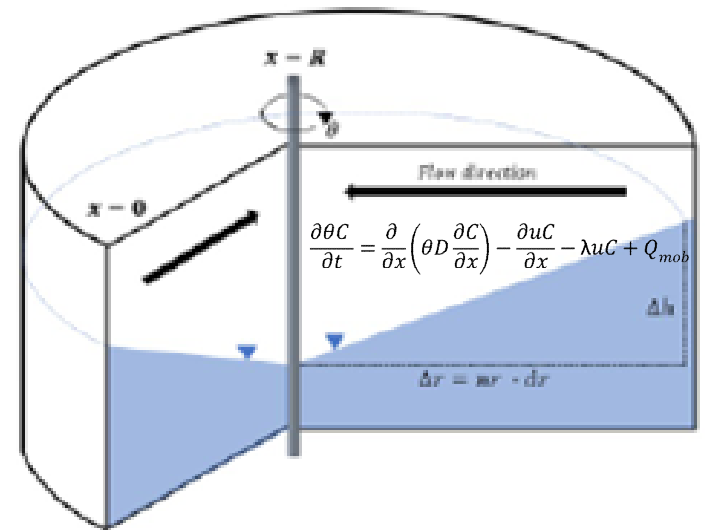
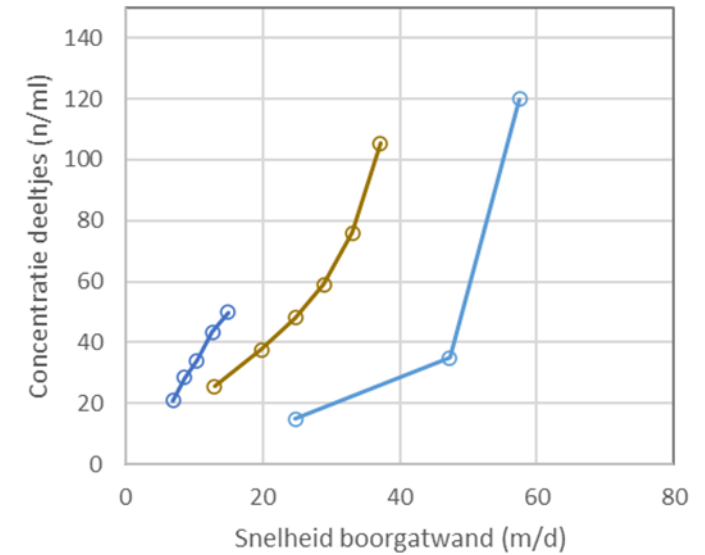
>> Voor duur en condities bij bestaande & geplande HTO

Geschied maken numeriek deeltjestransportmodel veldschaal

- >> Voor niet-stationaire processen o.b.v. labproeven

Praktijkervaring en -proeven

>> Evaluatie proeven & model; evaluatie maatregelen





WARMING^{UP}
Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

ThermoGIS-HTO

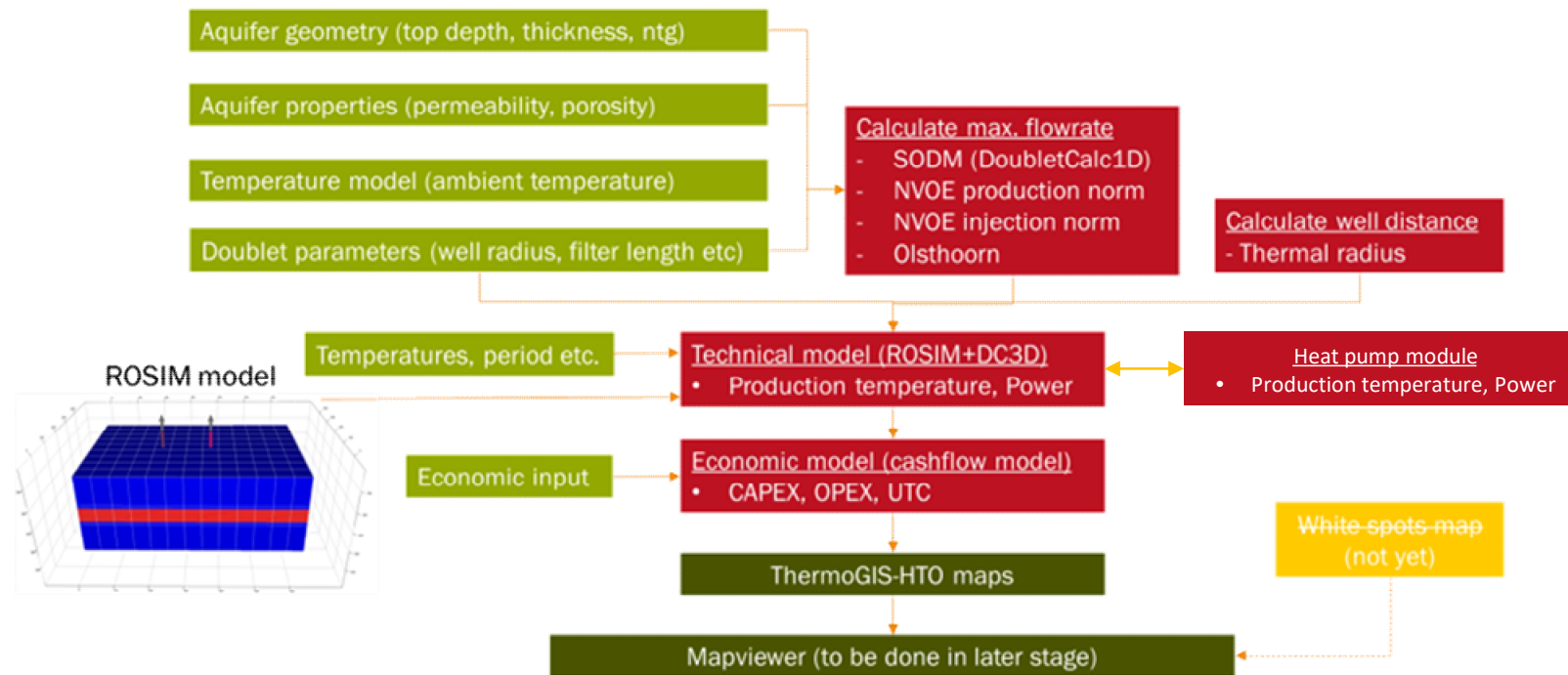
Dorien Dinkelman & Mark Vrijlandt,
Gustavo Otero Rodriguez & Mariëlle Koenen
(TNO)

8 februari 2024

Wat is ThermoGIS-HTO?

Rekentool voor genereren van HTO potentieelkaarten voor regionale screeningsdoeleinden (100x100m gridcellen)

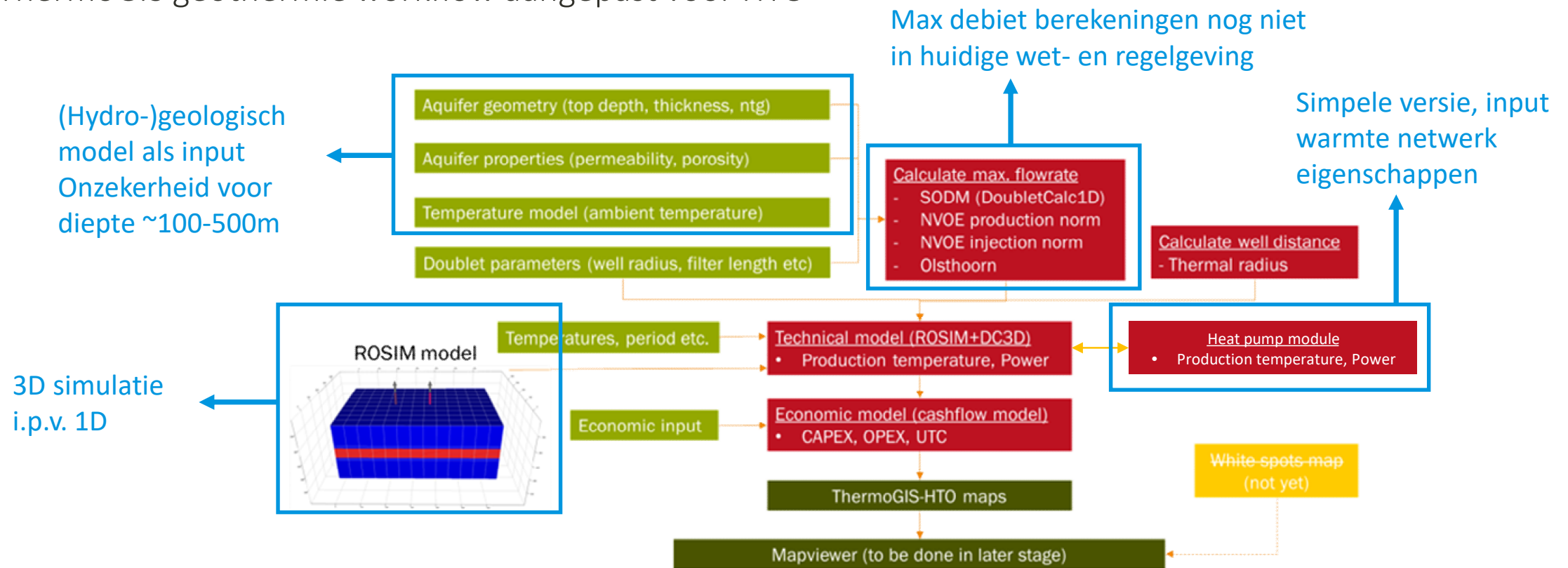
ThermoGIS geothermie workflow aangepast voor HTO



Wat is ThermoGIS-HTO?

Rekentool voor genereren van HTO potentieelkaarten voor regionale screeningsdoeleinden (100x100m gridcellen)

ThermoGIS geothermie workflow aangepast voor HTO



Wat is ThermoGIS-HTO?

Verskillende input parameters afhankelijk van heat netwerk eigenschappen

- Opslag temperatuur (in hete put)
- Retour temperatuur (in warme put)
- Cut-off temperatuur
- Periode van opslag en productie fases

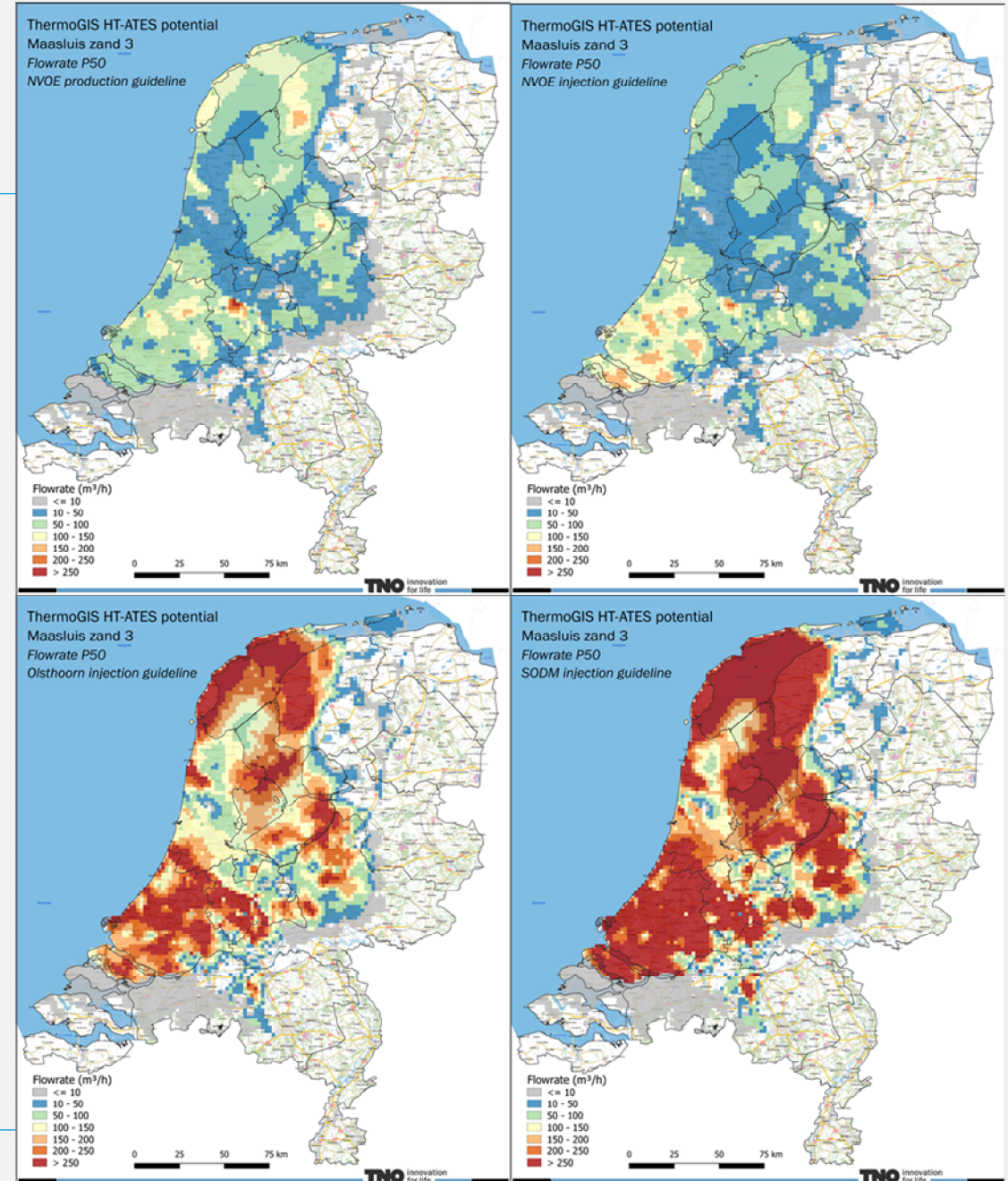
GENERAL PARAMETERS					
xy grid size factor for thickness grid (integer)	20	-	minimum production temperature	50	°C
max undefined cells (of surrounding 4) for interp	3	-	return temperature	30	°C
scale factor for H and lnK standard deviations	1	-	number of samples for KH distribution	20000	-
exclude hydrocarbon areas	no	▼	kh cutoff (speed up calculation)	1	Darcy-meter
use boundary shapefile	no	▼			

HTO ROSIM PARAMETERS					
rosim settings file (must contain 'aquifer' layer)	C:\Users\dinkelmand.TSN\Documents\ThermoGIS\Calculation\ROSIMxml\tg_simple.xml			Browse	
hto injection temperature	80	°C	hto minimum flow rate (speed up calculation)	50	m3/h
hto injection/production period (max 182 days)	120	day	hto minimum depth (speed up calculation)	100	m
rosim simulation time (constant power after)	5	year	hto maximum depth (speed up calculation)	500	m
use power from last rosim year for all years	no	▼	hto aquifer anisotropy	5	-
			hto filter fraction (of aquifer thickness)	0.8	-

Onzekerheden, sensitiviteiten & scenario's

Vergeleken met geothermie hebben ATES systemen veel meer parameters

- Maximale debiet
- Putafstand
- Warmtenet specificaties
 - Opslag T
 - Retour T
 - Afkap T
 - Opslag en productie (en eventueel rust) periodes
- Warmtepomp: ja/nee

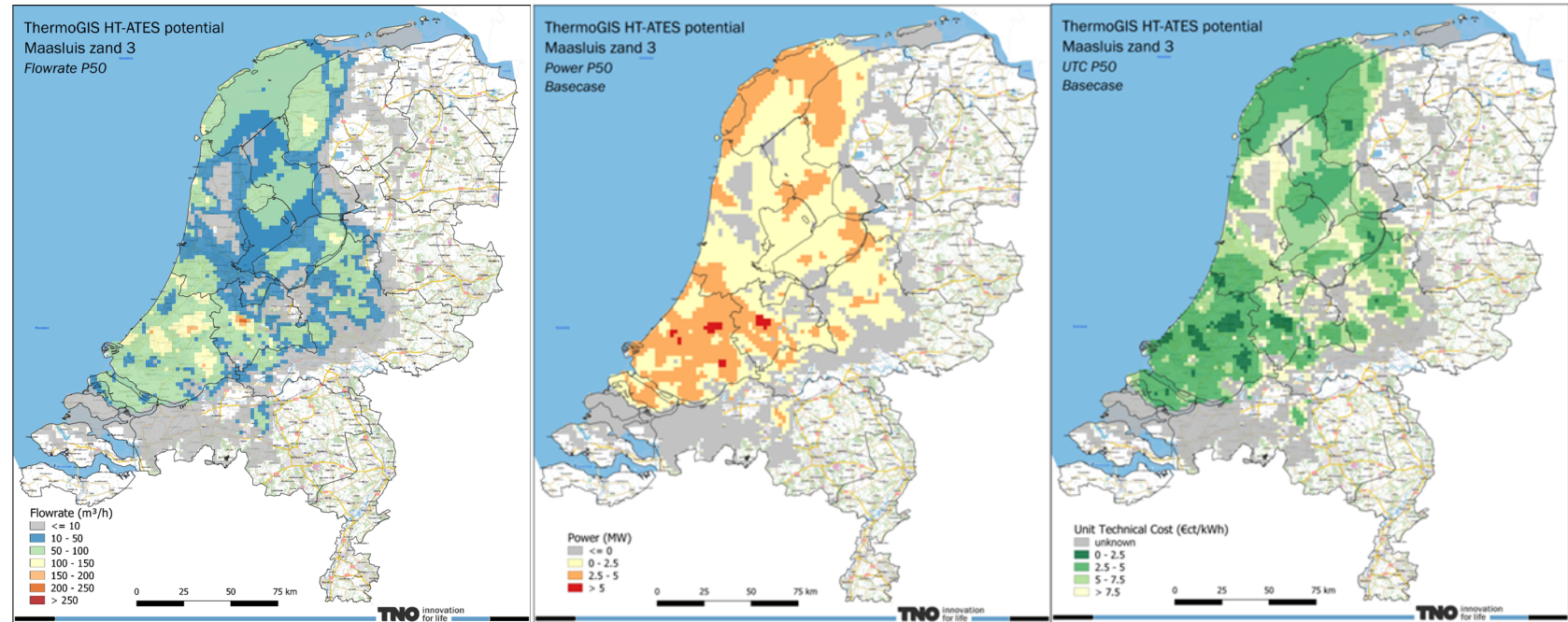


Voorbeeld base case potentie kaarten Maassluis 3^e aquifer

WARMING^{UP}

Op basis van

- REGIS II v2.2
- Conservatieve max. debieten
- Doublet (2 putten)
- Aanname goede seals
- Default warmtenet specs



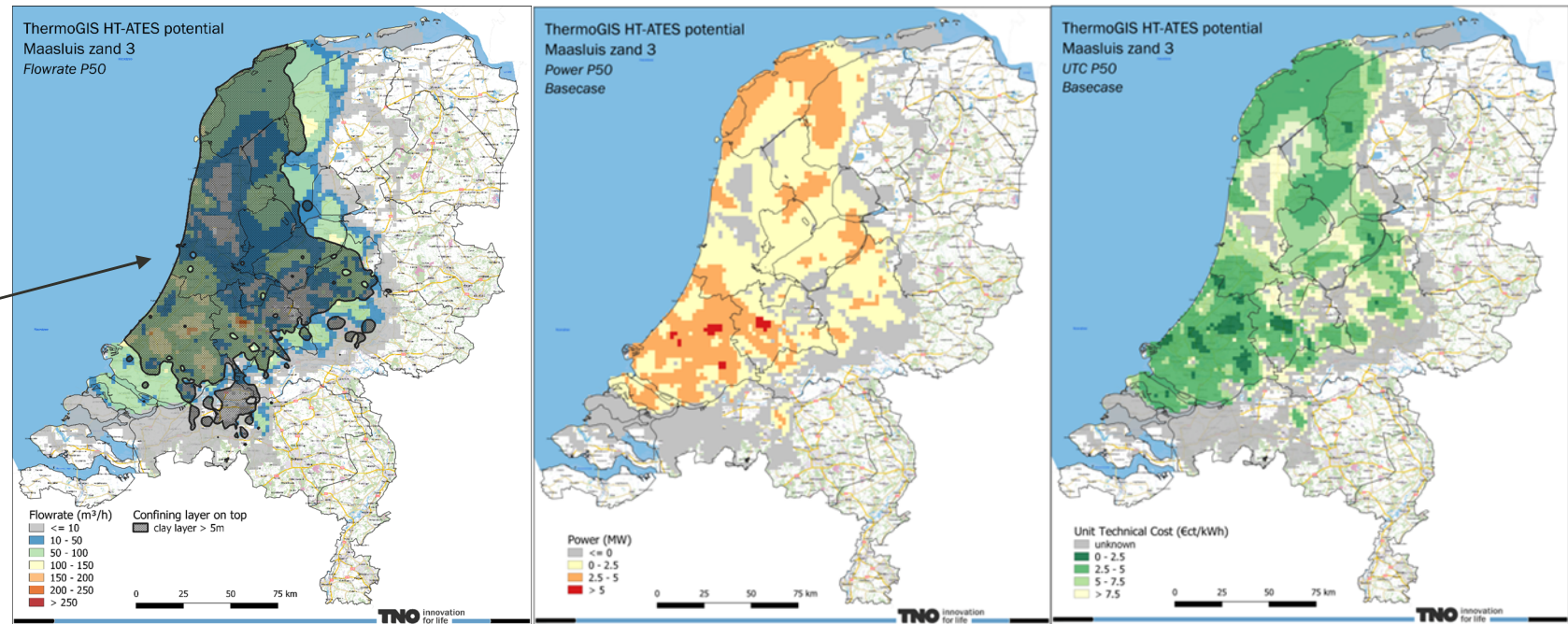
Voorbeeld base case potentie kaarten Maassluis 3^e aquifer

WARMING^{UP}

Op basis van

- REGIS II v2.2
- Conservatieve max. debieten
- Doublet (2 putten)
- [Aanname goede seals](#)
- Default warmtenet input

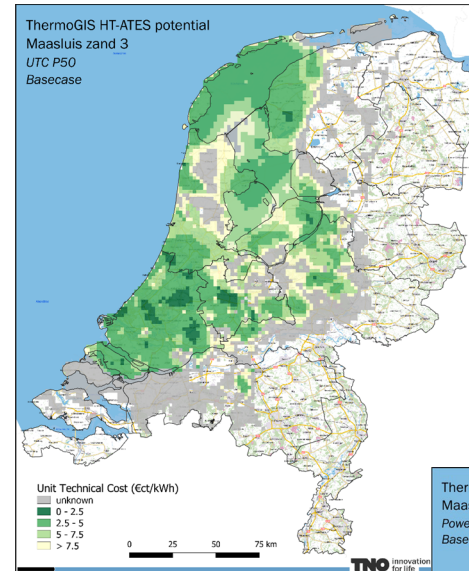
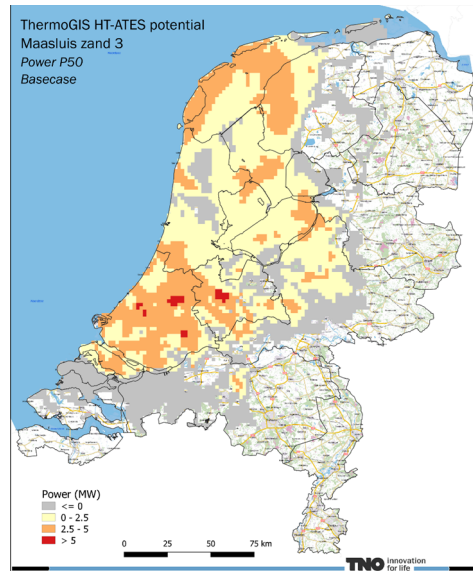
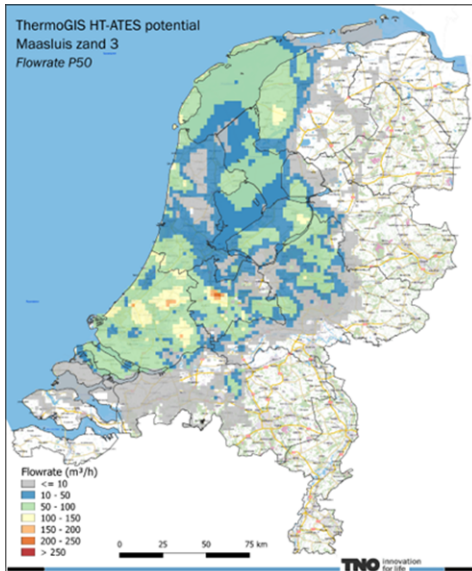
Kleilaag > 5 m dik,
direct boven aquifer



Voorbeeld base case potentie kaarten Maassluis 3^e aquifer

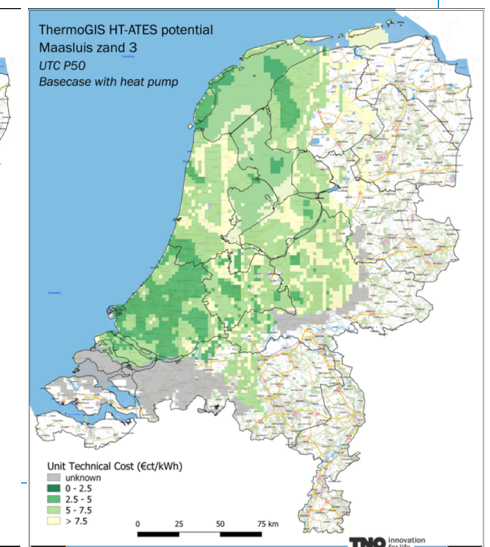
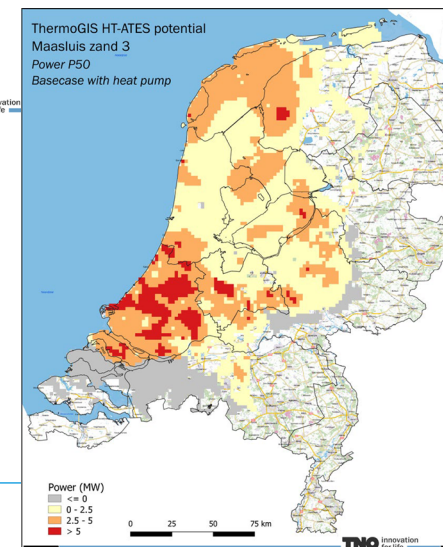
WARMING^{UP}

Base case scenario, toegepast op Maassluis Fm. zand 3 (REGIS II v2.2)



Met warmtepomp om productie
temperatuur te boosten

- Optimalisatie van ATES inzet mogelijk in projecten

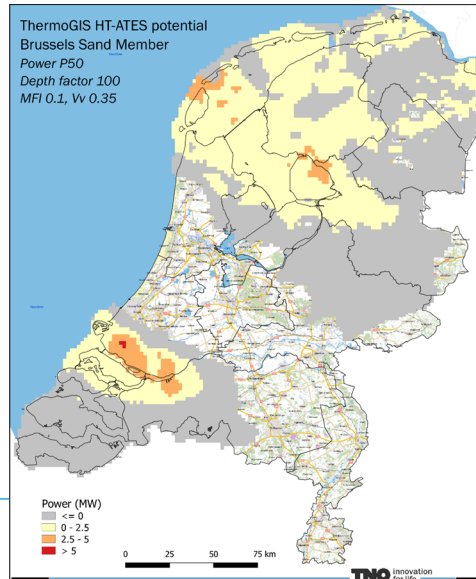


Voorbeeld base case potentie kaarten Brussels Zand

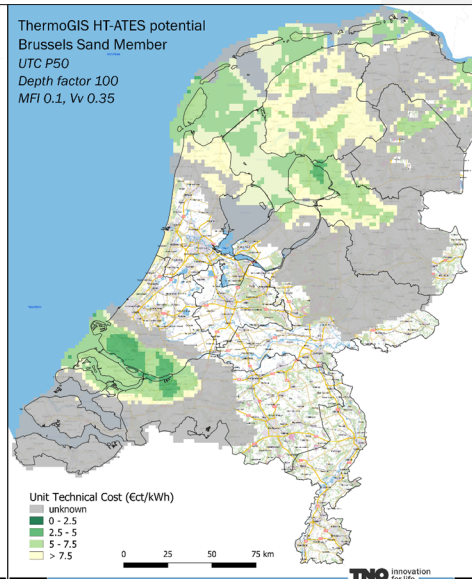
Op basis van

- Update Brussels Zand in WarmingUP P4A1
- Minder conservatieve max. debieten aangenomen
- Doublet (2 putten)
- Aanname goede seals
- Default warmtenet input

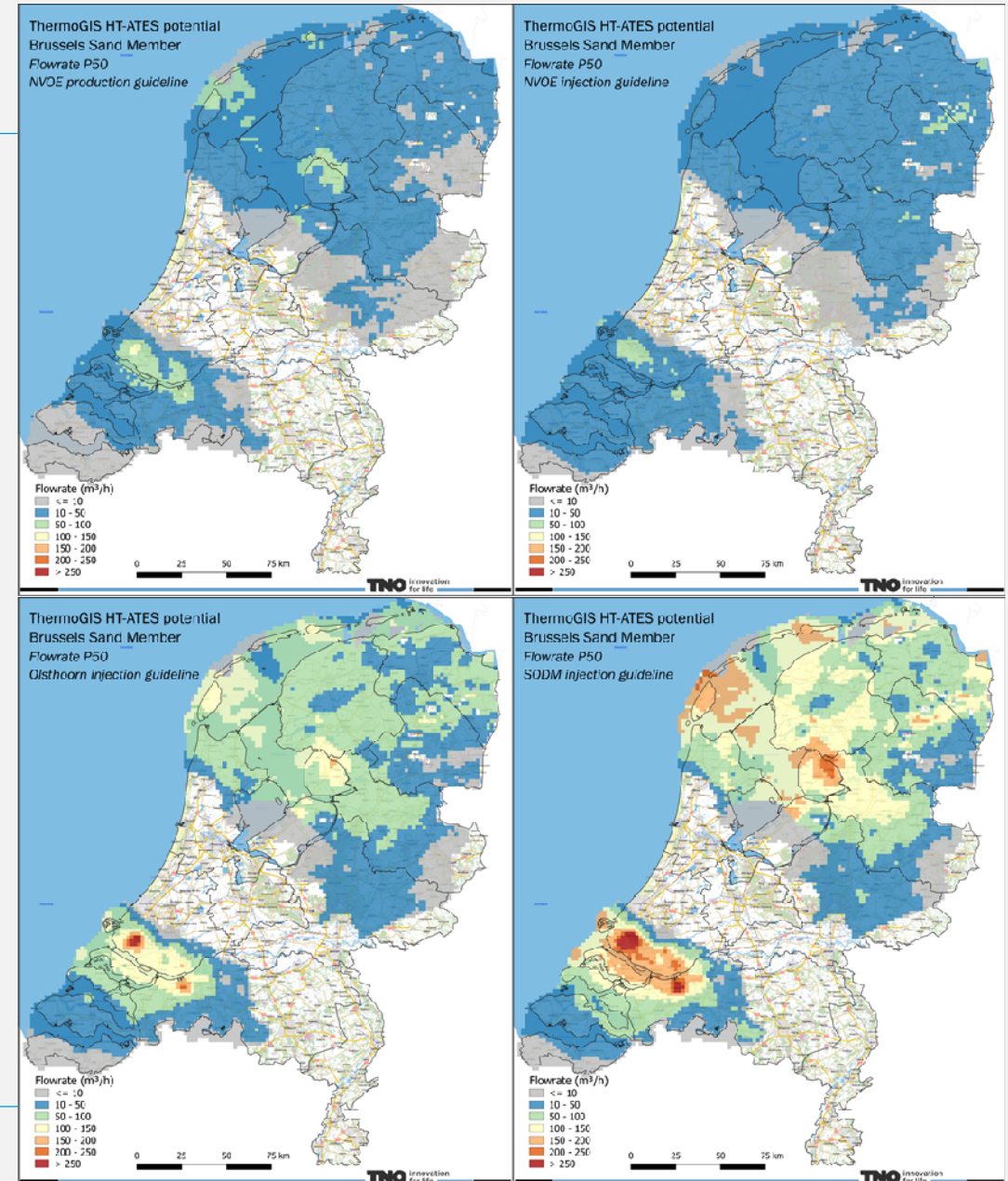
Power



Unit Technical Cost



4 verschillende debiet berekeningen

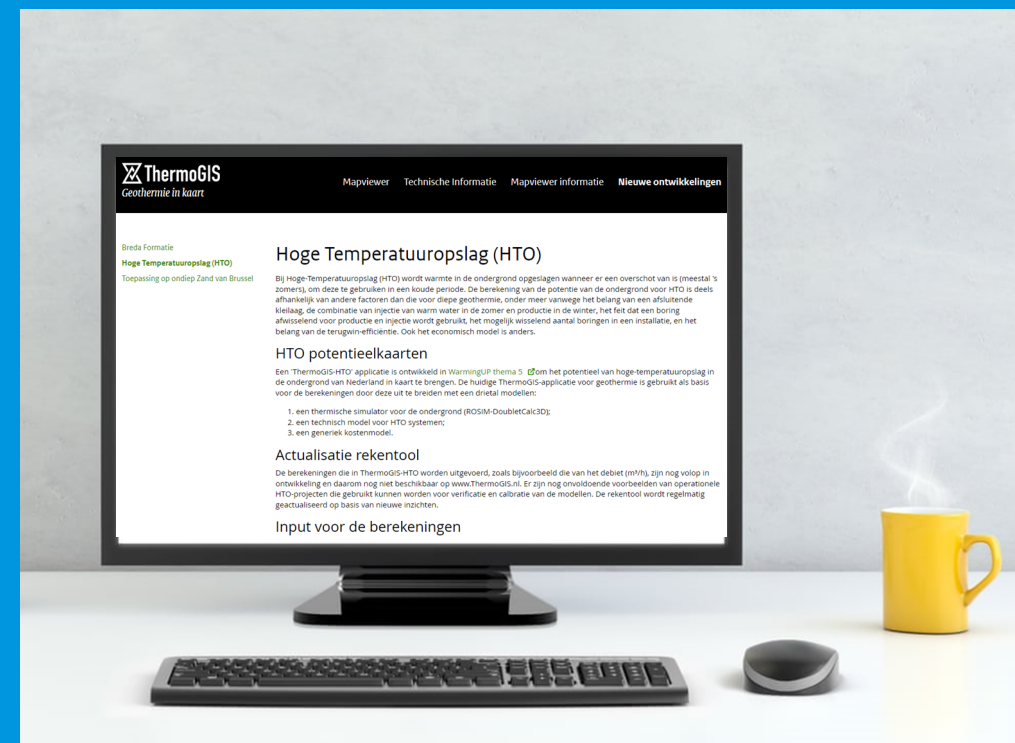


- WarmingUP GOO resultaat 1: karakterisatie en kartering midden-diepe bereik
- (Hydro)geologische modellen als input
- Continu werkprogramma TNO, ThermoGIS tool ontwikkeling en website (publicatie van kwantitatieve potentiekaarten)
- WarmingUP GOO resultaat 2: Optimalisatie tool ATES design en warmtepomp specs voor casus specifieke uitwerking

WARMING^{UP}GOO
Geothermie & Opslag Opschaling

Meer weten?

- www.thermogis.nl/hoge-temperatuuropslag-hto
- Vooralsnog als ‘nieuwe ontwikkeling’
- Bevat een link naar uitgebreid rapport
- Officiële ThermoGIS-HTO is een ambitie voor de toekomst!
- Ideeën en samenwerkingsmogelijkheden voor uitbreiding/verbetering welkom!



PAUZE

Stand der techniek van HTO

Warming^{UP}GOO WARMING^{UP}

Gezamenlijke terugblik en vooruitblik

4. De nettemperatures moeten omlaag voor een betaalbare en duurzame warmte levering

Stand der techniek van HTO

Warming^{UP}GOO WARMING^{UP}

Gezamenlijke terugblik en vooruitblik

1. **HTO is te complex, ik begin er niet aan**
2. **In de gebouwde omgeving mag geothermie alleen in combinatie met HTO**
3. **Over twee jaar moet de uitzonderingspositie voor HTO vergunningverlening zijn losgelaten**
4. **De nettemperatures moeten omlaag voor een betaalbare en duurzame warmte levering**

Rondvraag en afsluiting

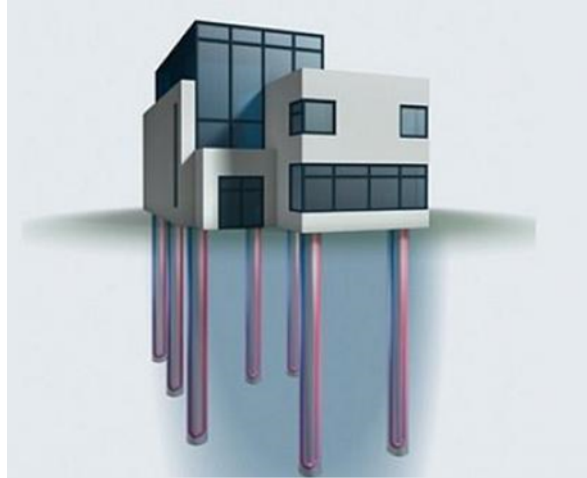
Warming^{UP}GOO WARMING^{UP}

- Nog vragen, opmerkingen,?
- Wat vonden we van de meeting?

WarmingUP – GOO consortium meeting Excursions

Delft 8-2-2024

Green village



NL

EN

Zoek

f X in

THE GREEN VILLAGE

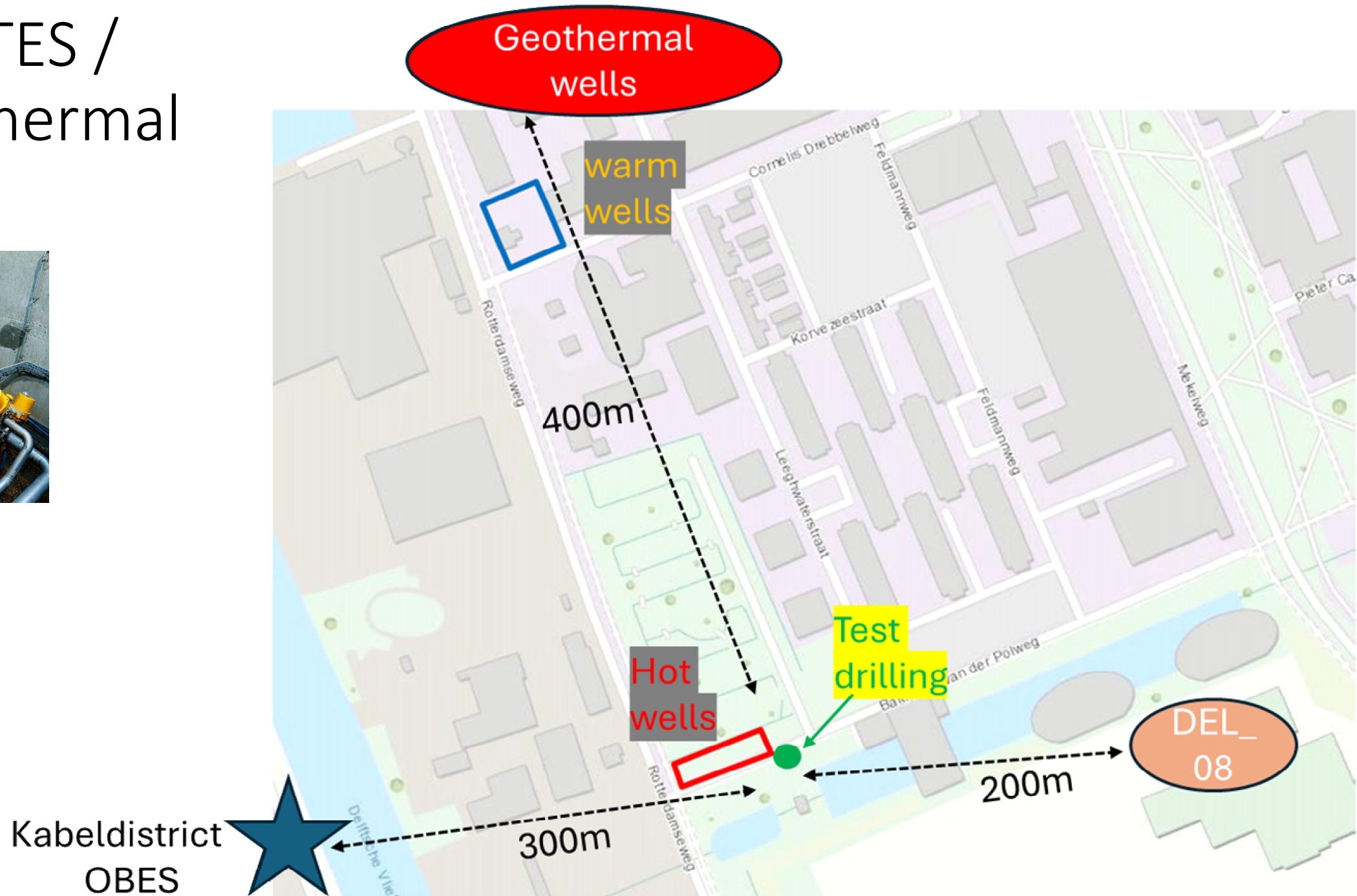
THEMA'S INNOVATIES FACILITEITEN CONTACT OVER ONS

FIELDLAB VOOR
DUURZAME INNOVATIE

Samen werken aan een duurzame toekomst

ONZE
NIEUWSBRIEF
ONTVANGEN?
Klik hier!

HT-ATES / Geothermal Delft



THANK YOU!