



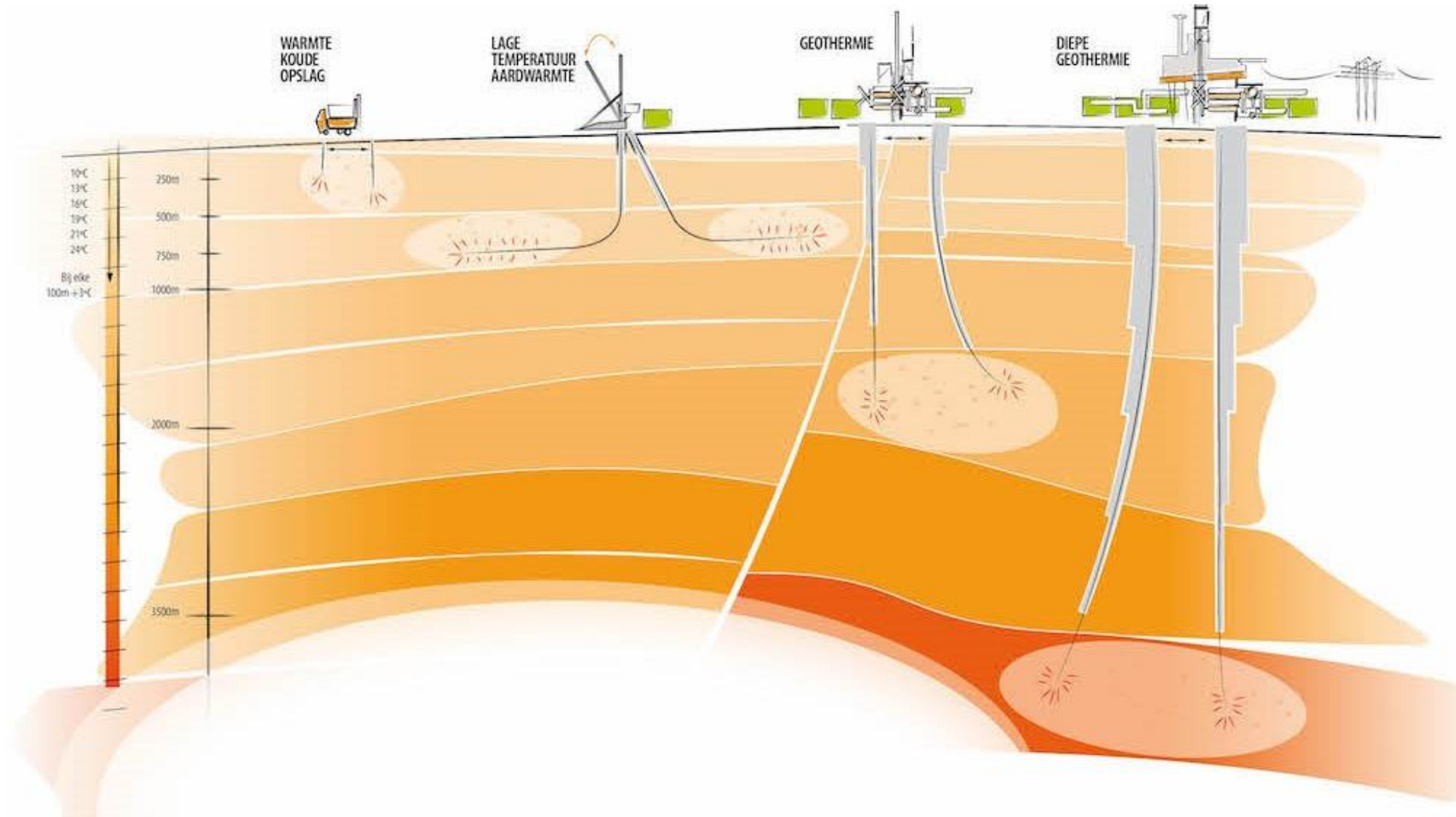
Innovatie Monitoringstechnieken voor OBES en LTA bronnen, gericht op optimale realisatie en exploitatie

Roeland Nieboer, Pieter Doornenbal, Edvard Ahlrichs, Marlies van Putten
Henk Kooi, Edwin Obando Hernandez, Manos Pefkos, Pieter Pauw



GEBRUIKERSPLATFORM
bodemenergie

Warmte- Koude Opslag (WKO) en Laag-temperatuur aardwarmte (LTA)



Motivatie

- Lage-temperatuur aardwarmte (LTA), binnen het dieptebereik van 500–1500 meter, is momenteel onderontwikkeld in Nederland.
- Veilige en duurzame putontwerpen die geschikt zijn voor LTA vereisen een geïntegreerde en multidisciplinaire aanpak, waarbij een reeks onderwerpen wordt gecombineerd:
 1. putconstructie, die ook de stabiliteit van de put beïnvloedt
 2. beheersing van zandproductie
 3. stroomsnelheid en erosie



MOOI Diameter

Developing Insights for Accelerating **M**edium deep geo**T**h**E**Rmal

- Innovatieve and kost-effectieve logging
- Slimme monitoring tijdens well tests en operatie

TNO innovation
for life

TU Delft

Deltares

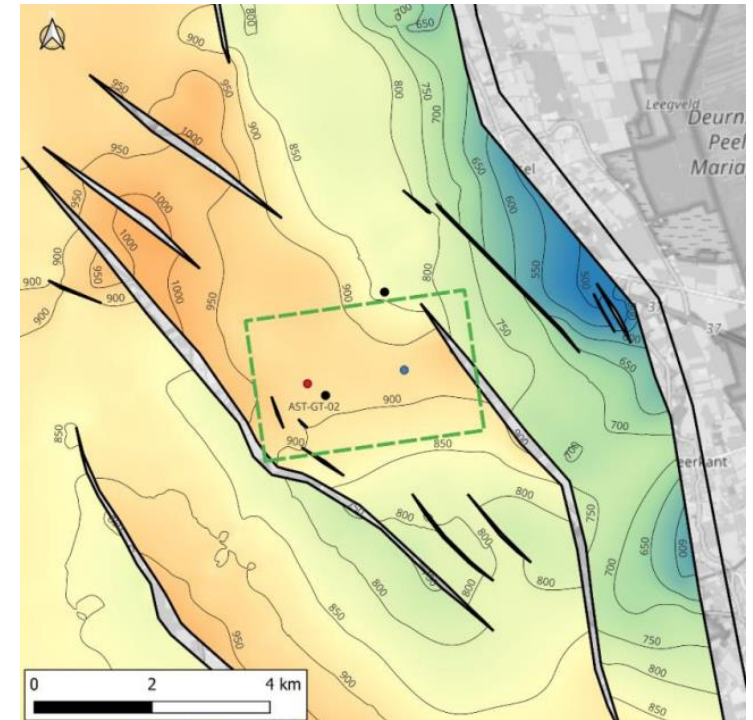
**GAIA
ENERGY**

ebn

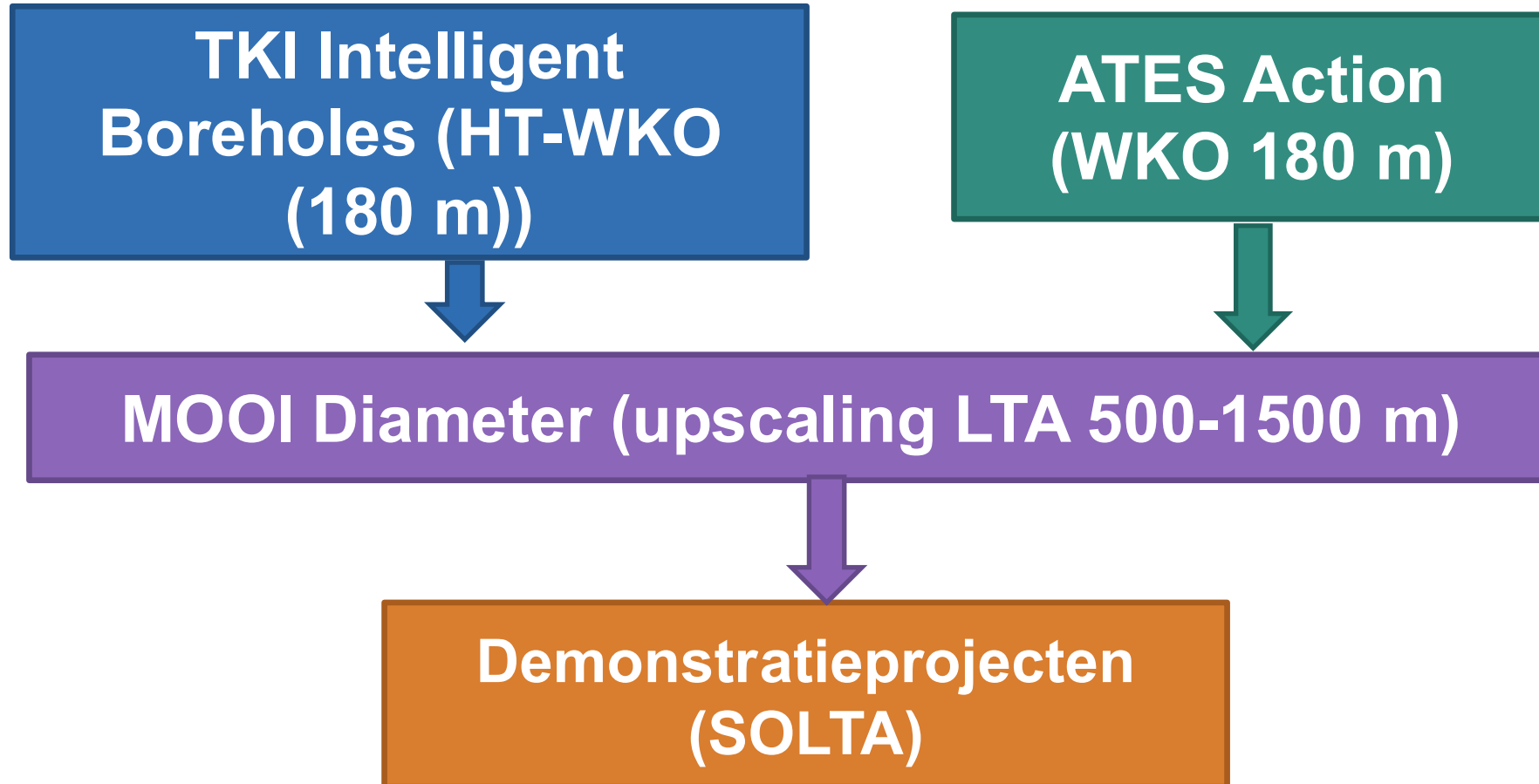
ennatuurlijk

Deltares

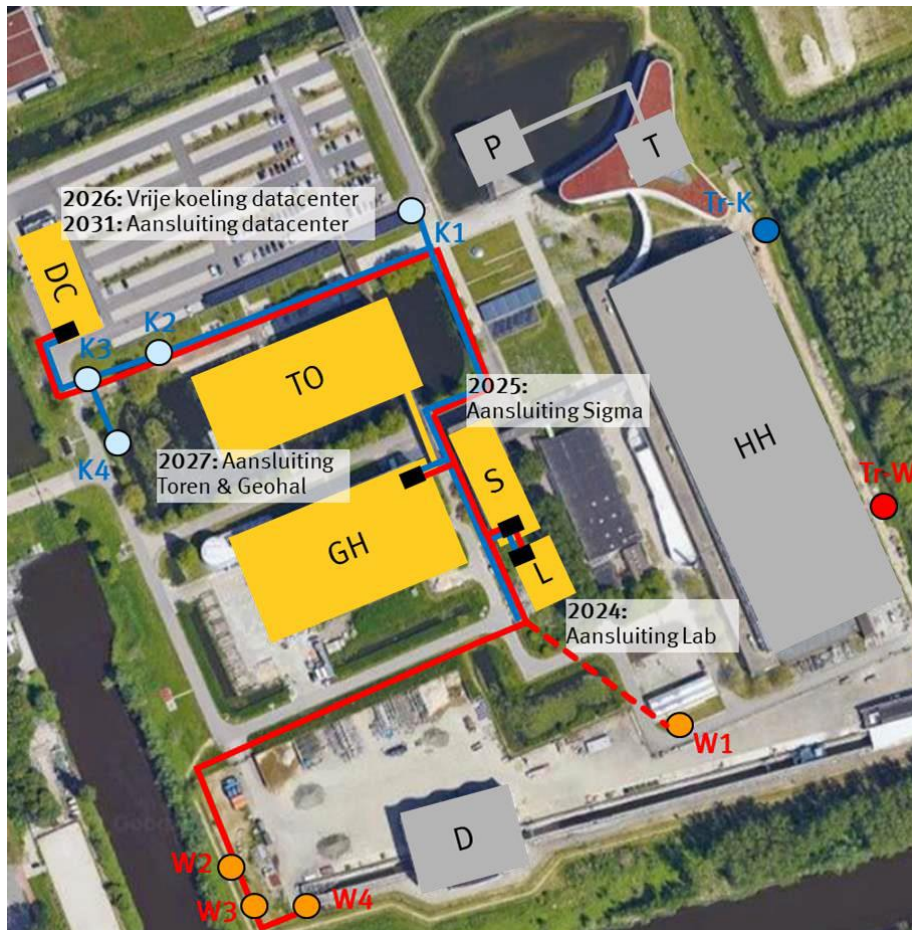
Pilot locatie Asten-Heusden (2027)



Aanloop



Use case: Paris-Proof Deltares research-campus



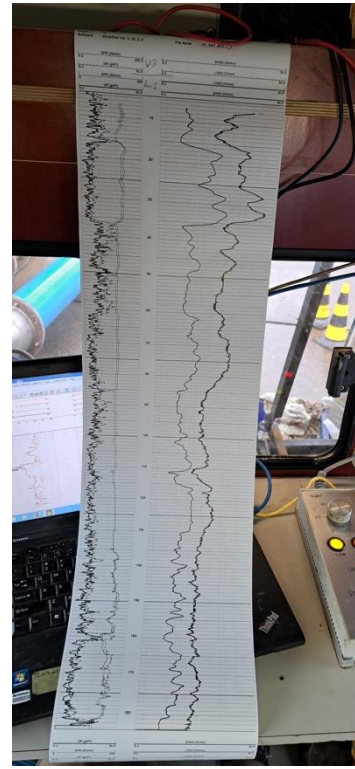
- All energy from renewable sources
- Availability <70 kWh per square meters of office space
- Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) efficient solution



ATES installation and logging



Drilling and mud-logging



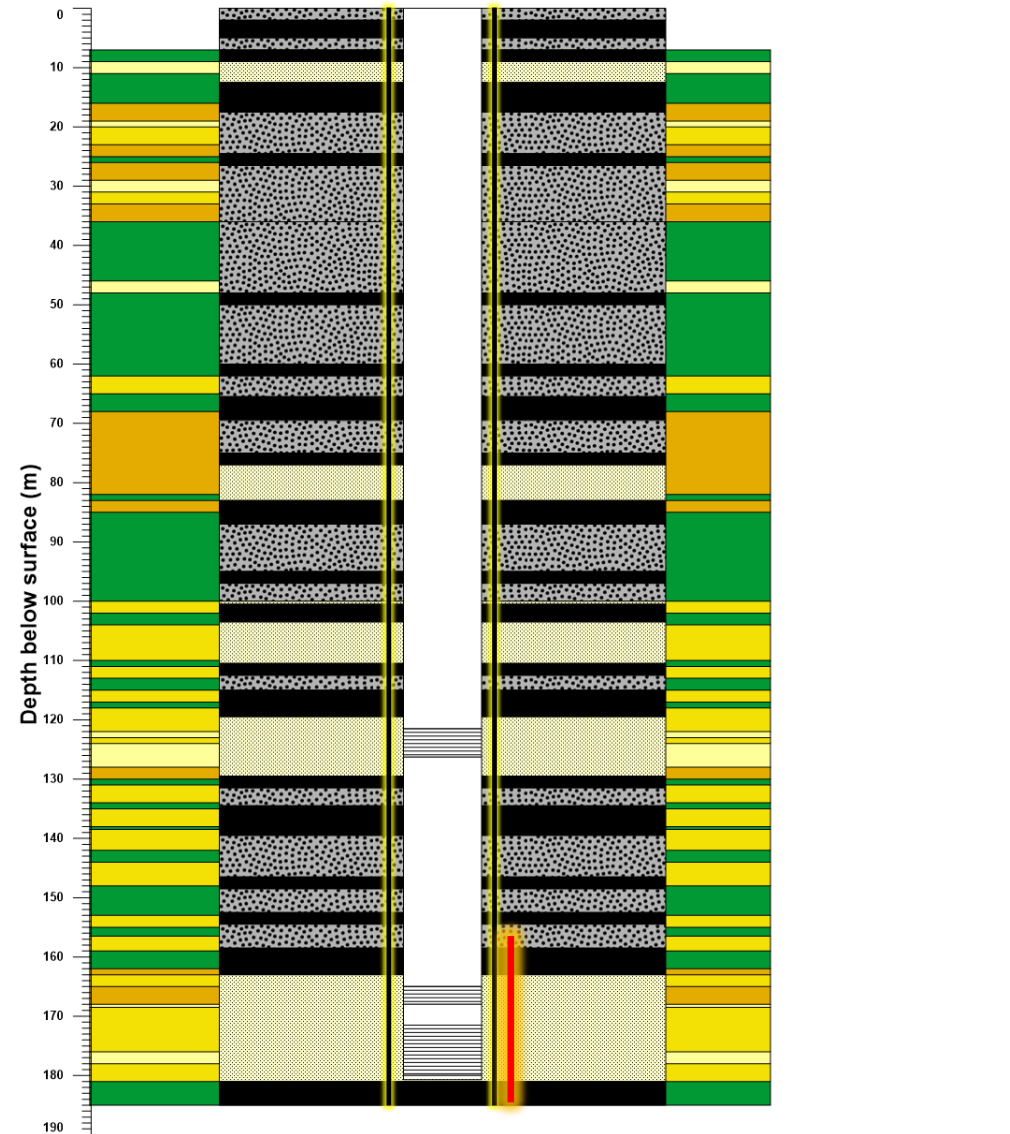
Open-hole borehole logging



Well screen installation (with FO attached)

Subsurface characterization

Lithology well log + well design



Legenda lithologie

Klei	Matig grof zand
Schelpen	Grof zand
Fijn zand	Veen

Legenda hydrogeologie

Holoceen	Maassluis	Zandige eenheid
Krefteheye	Oosterhout	Complexe eenheid
Waalre	Kleige eenheid	Peize en Waalre

Legenda putontwerp

Zand	Kleiafdichting
Aanvulgrind	Stijgbuis
Filterzand	Filterbuis



Fiber optic monitoring

Doel: continue monitoring van temperatuur en grondwaterstroming op aquiferdiepte

⇒ Veranderingen in stroming door verstopping (clogging)

Voordelen van glasvezel (fiber optic)

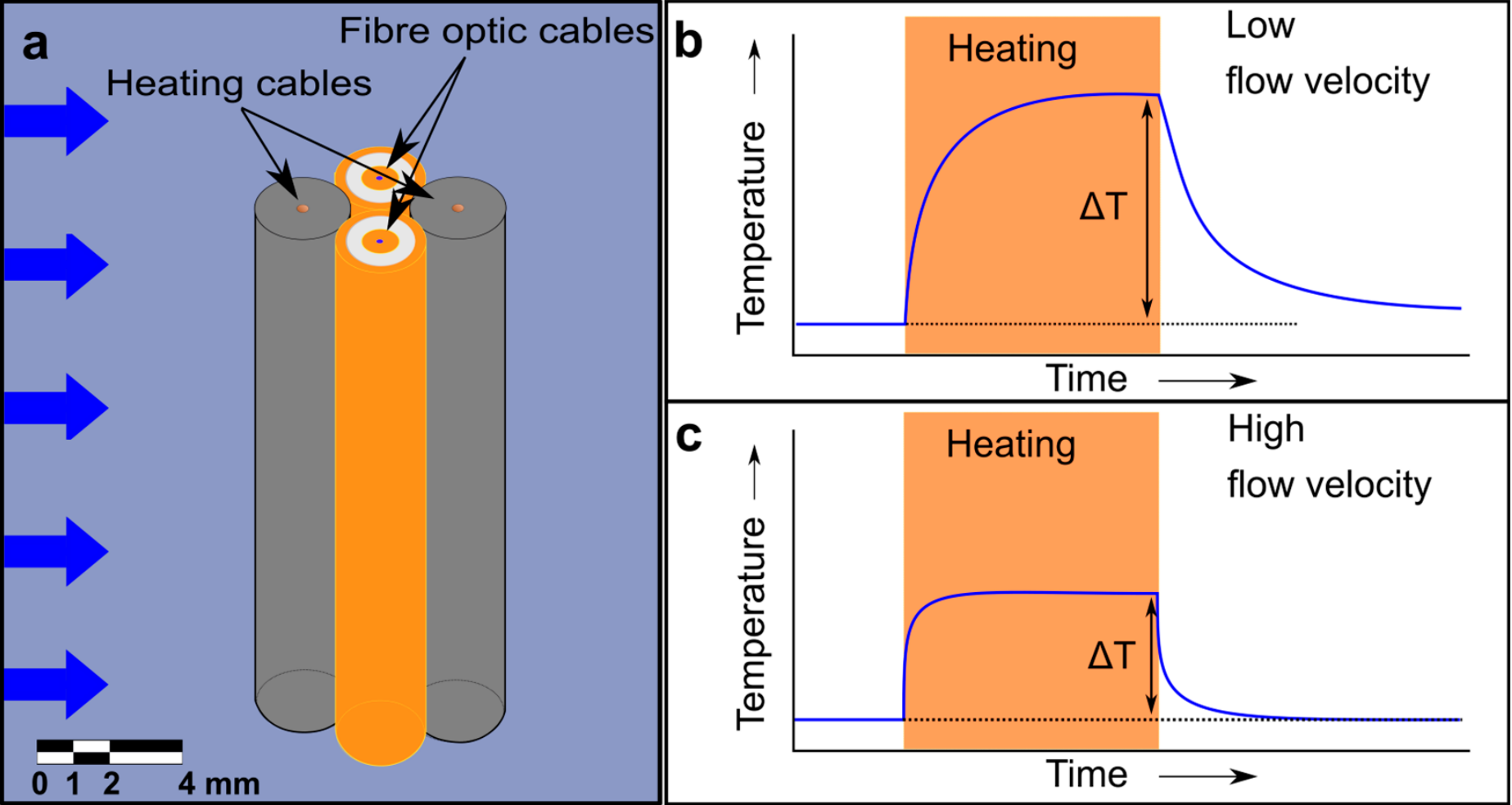
Goedkoop, gedistribueerde metingen over de lengte van de aquifer (evenals afdichtingen), vaste installatie, geen verstoring van de putoperatie

Nadelen van glasvezel (fiber optic)

Geen directe stromingsmeting in vergelijking met een spinner flowmeter. Vereist warmtetransportmodellering en kalibratie



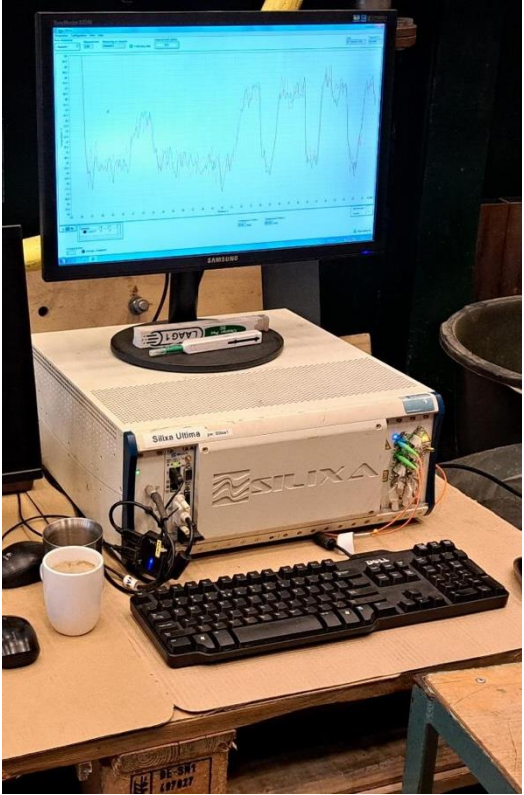
Concept active heating temperature sensing (AH-DTS)



Bakx et al., 2023



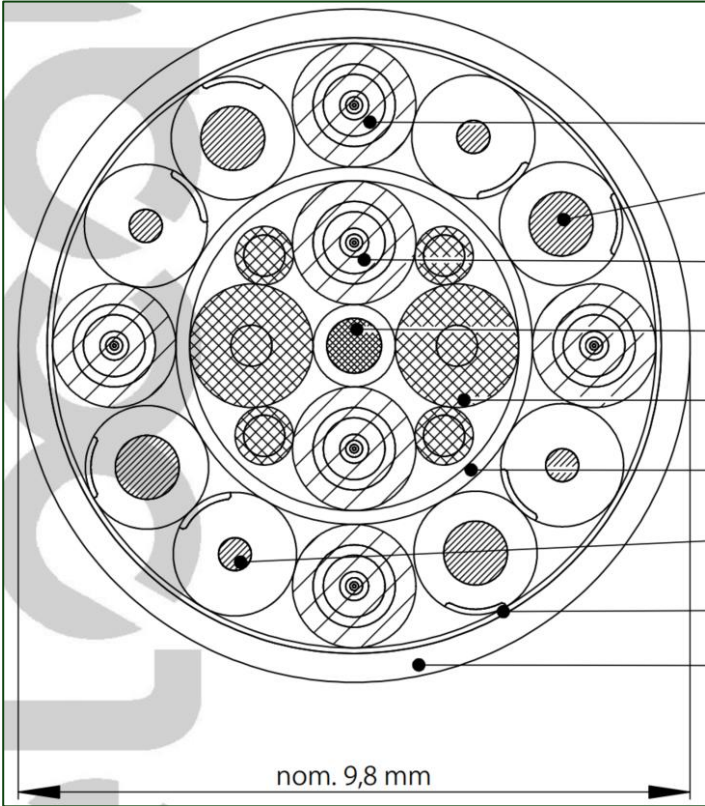
Required components AH-DTS



Conventional DTS interrogator



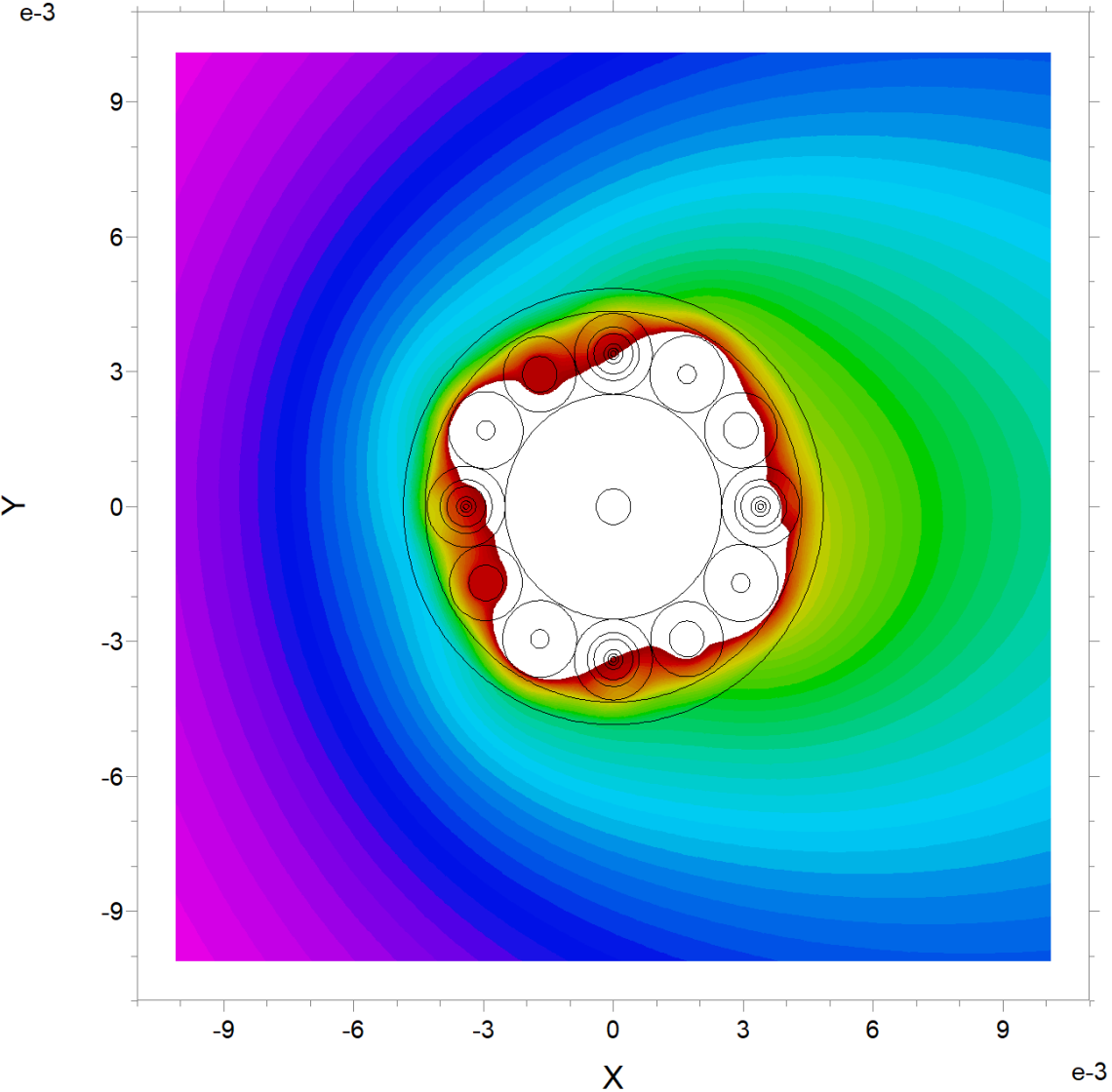
Customized heating system and cabinet



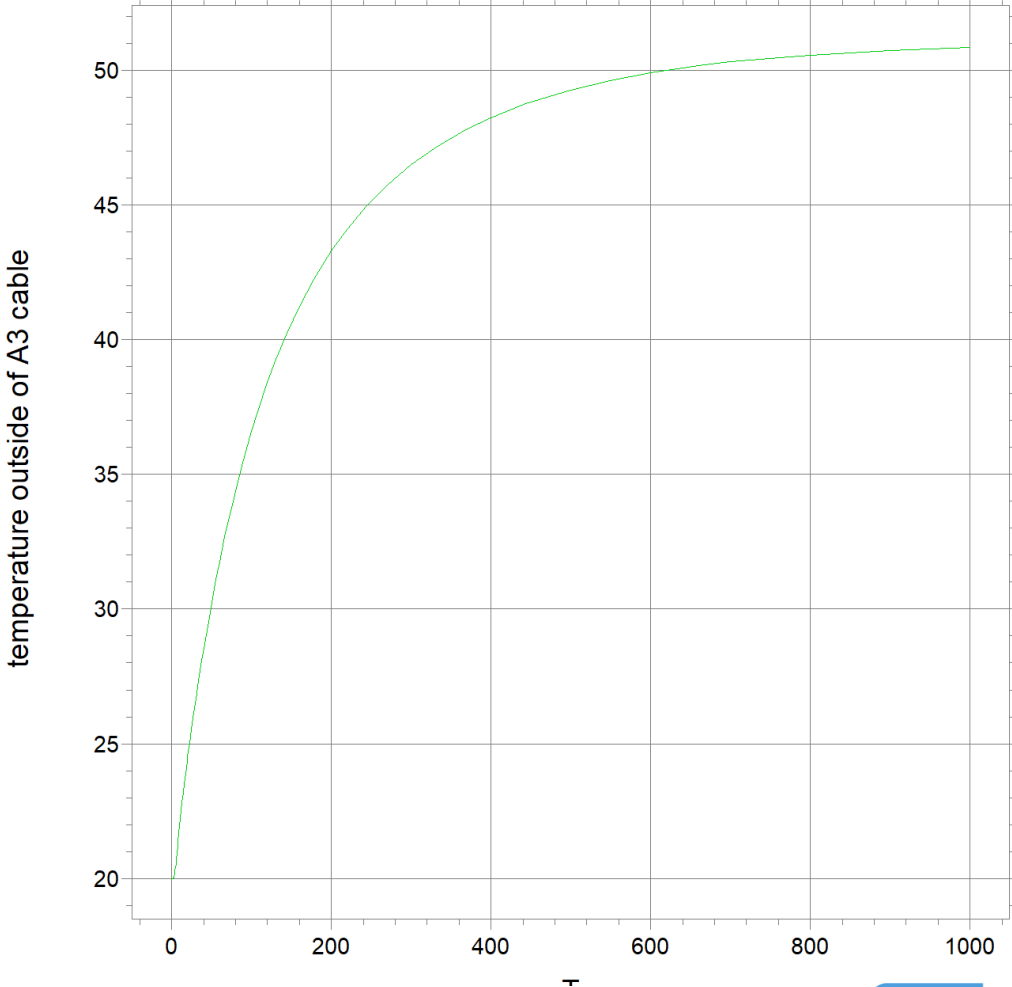
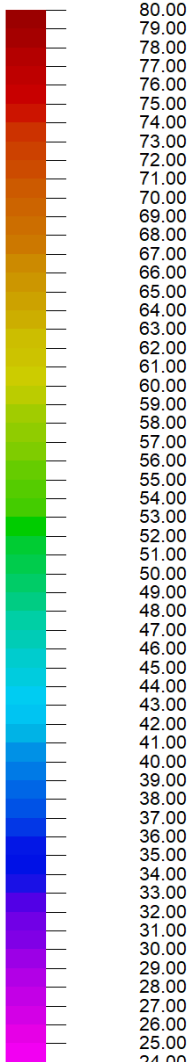
Customized cable with heating cores and DTS fiber cores



Model simulations

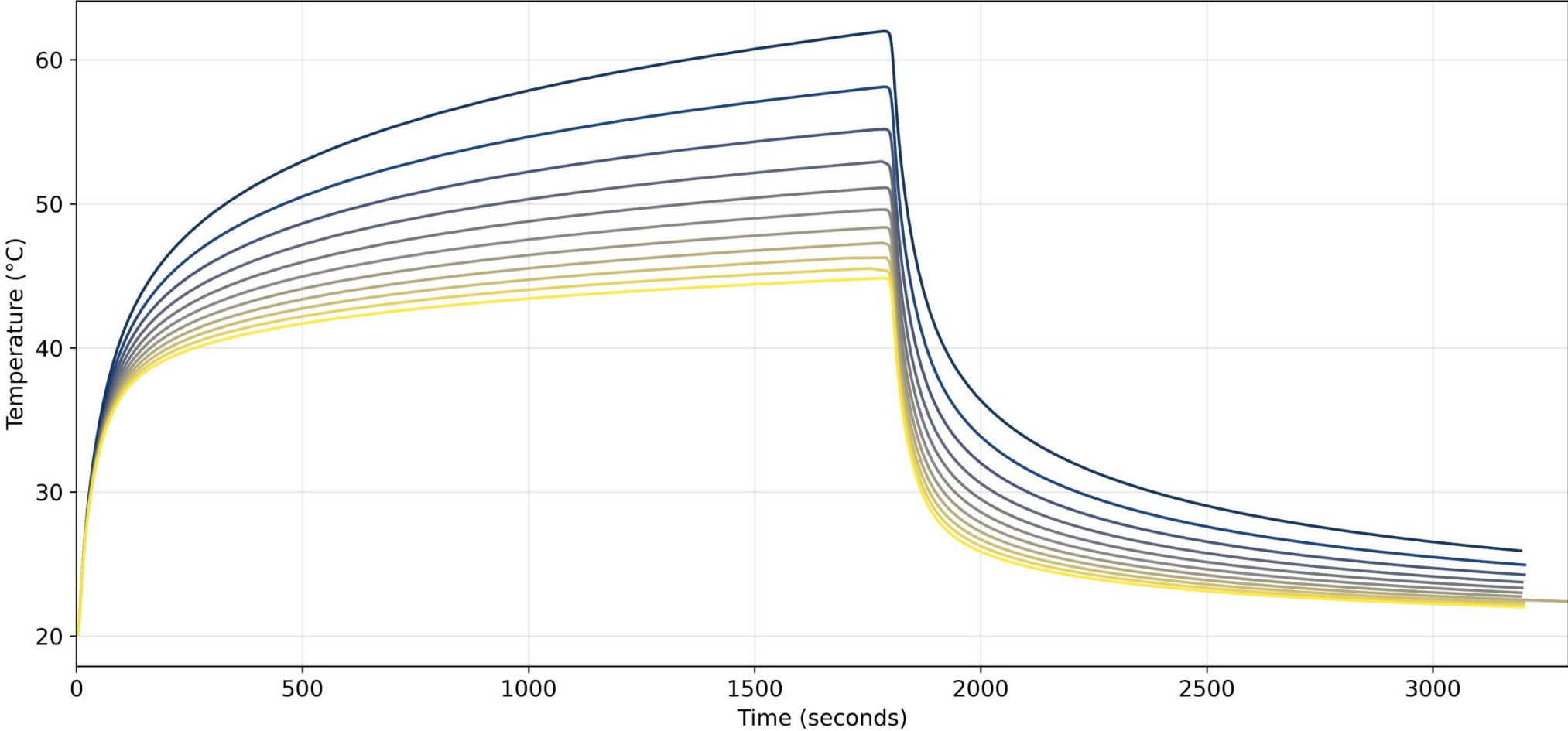


detailed temperature around location A3
zoom (Locx_A3-0.01,Locy_A3-0.01,0.02,0.02)

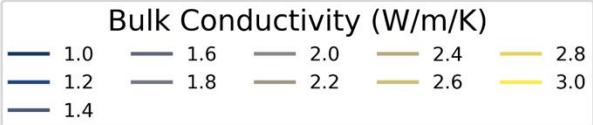


Model simulations – Thermal conductivity

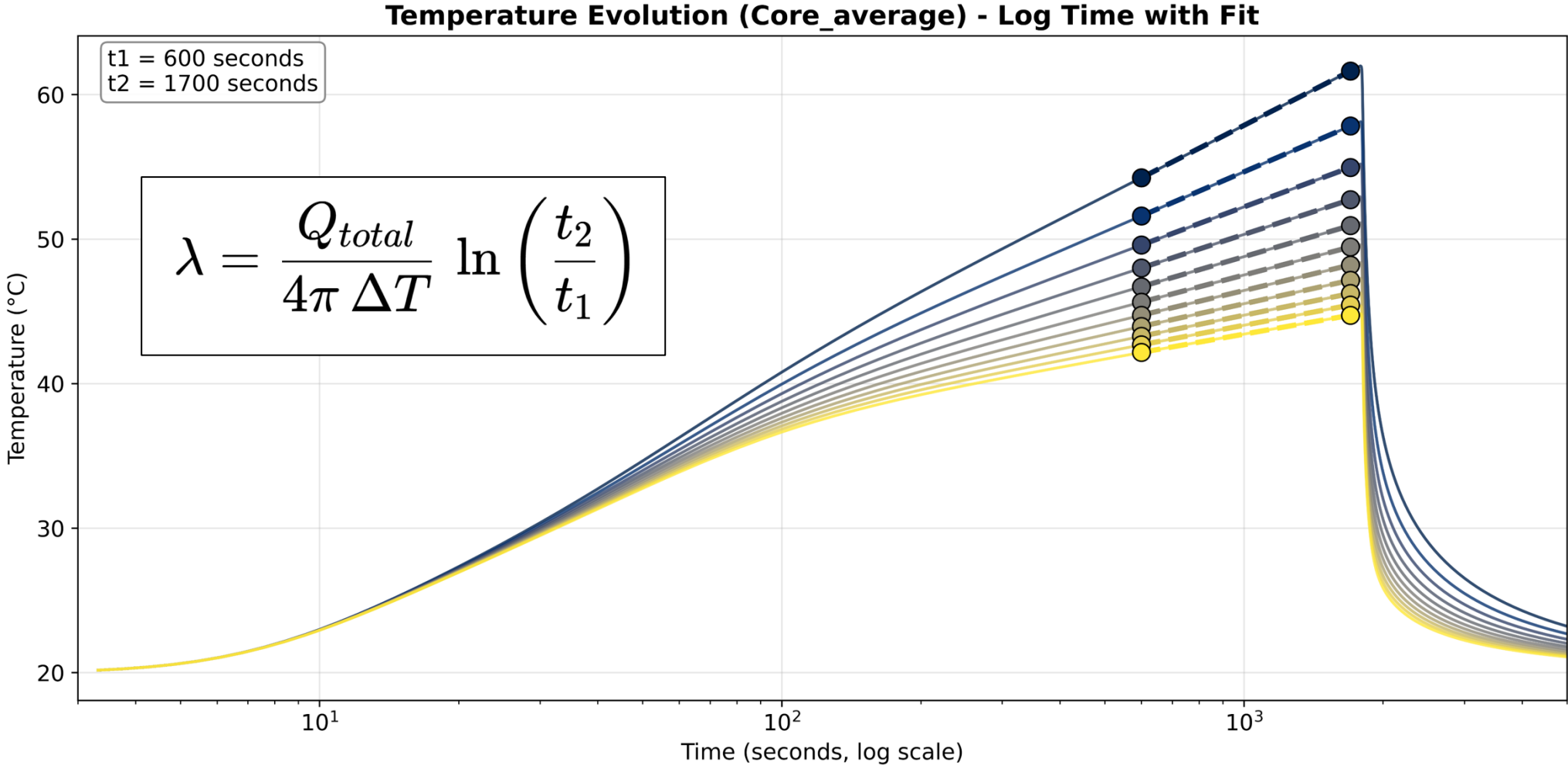
Temperature Evolution (Core_average)



NO FLOW



Model simulations – Transient Linear source method



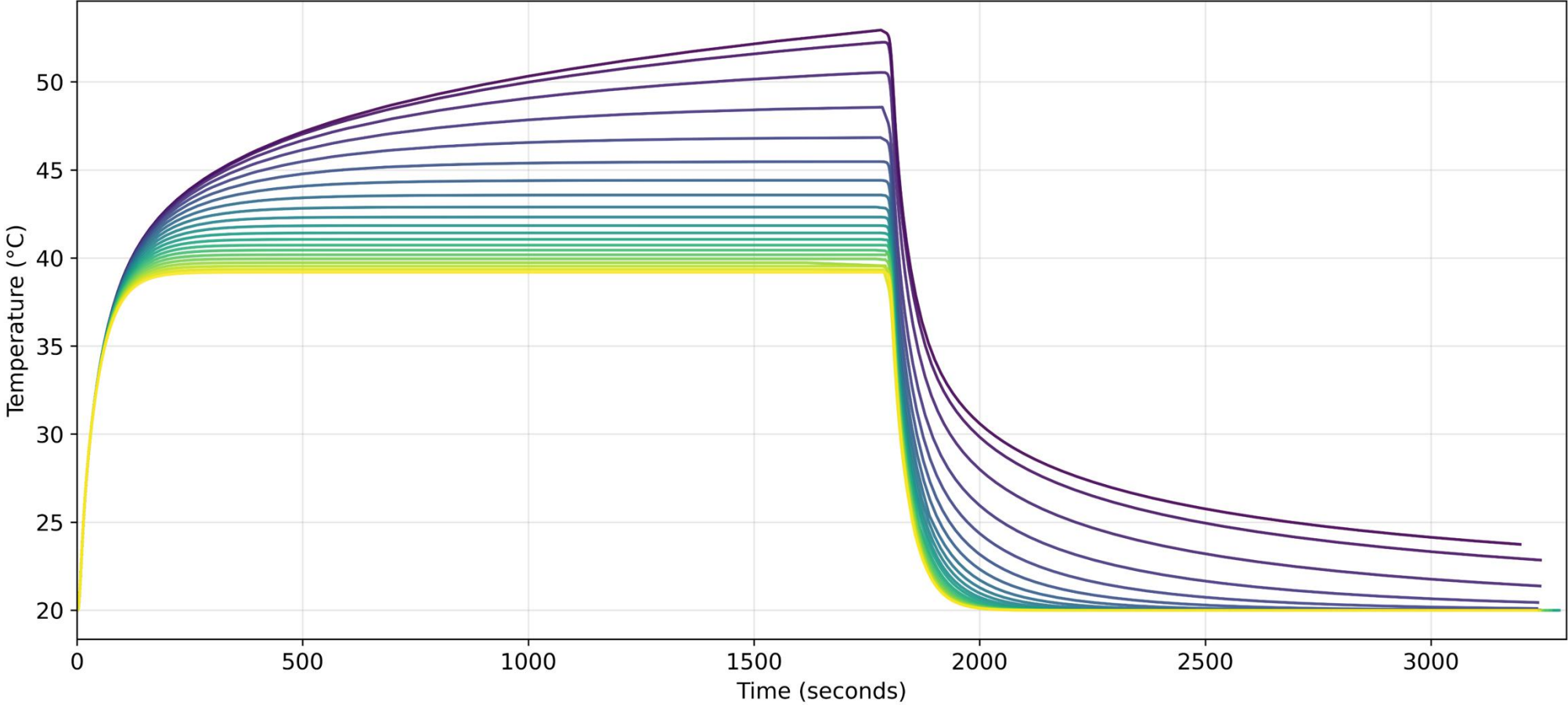
NO FLOW

Bulk Conductivity (W/m/K)				
1.0 (ΔT=7.39 °C)	1.6 (ΔT=4.73 °C)	2.0 (ΔT=3.81 °C)	2.4 (ΔT=3.20 °C)	2.8 (ΔT=2.75 °C)
1.2 (ΔT=6.22 °C)	1.8 (ΔT=4.22 °C)	2.2 (ΔT=3.48 °C)	2.6 (ΔT=2.96 °C)	3.0 (ΔT=2.58 °C)
1.4 (ΔT=5.37 °C)				

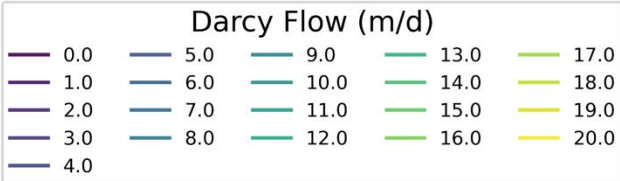


Model simulations – groundwater flow

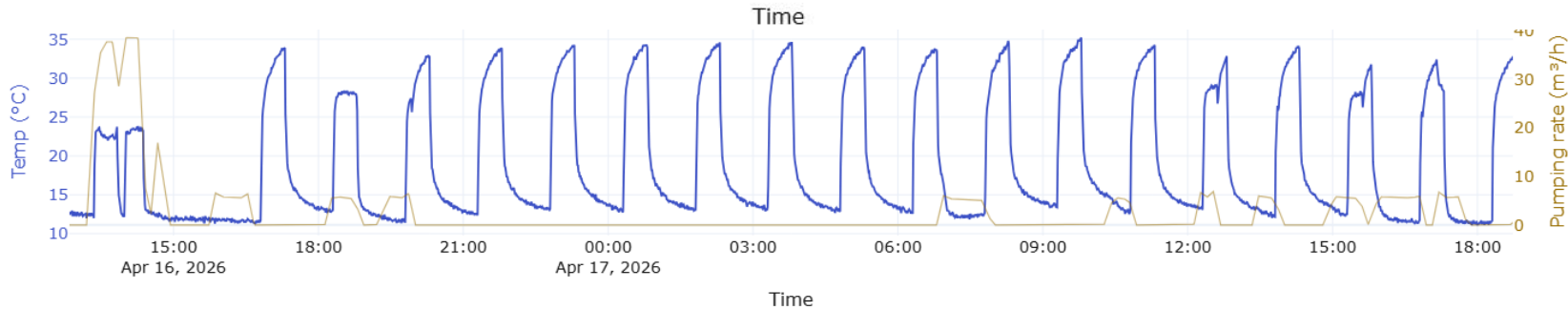
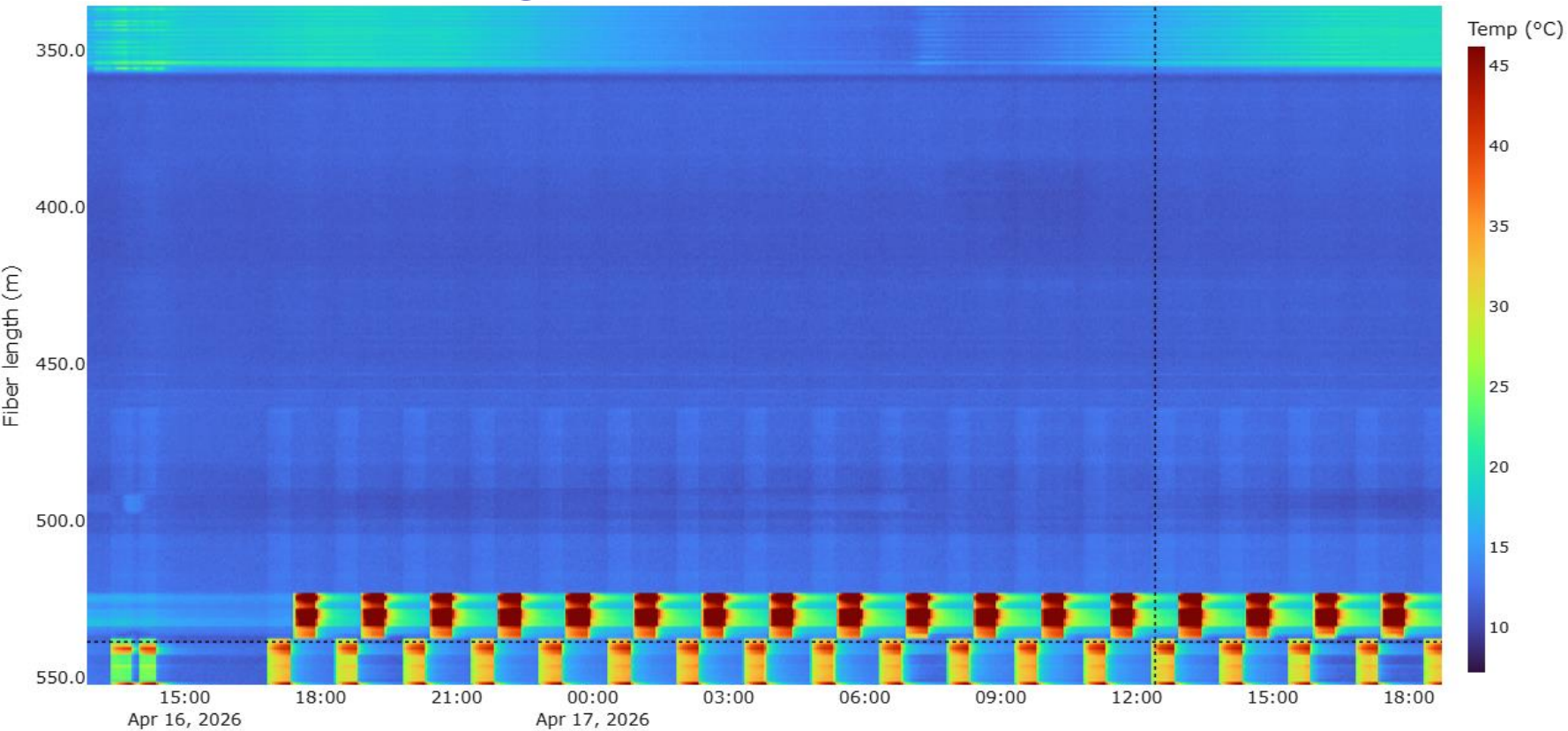
Temperature Evolution (Core_average)



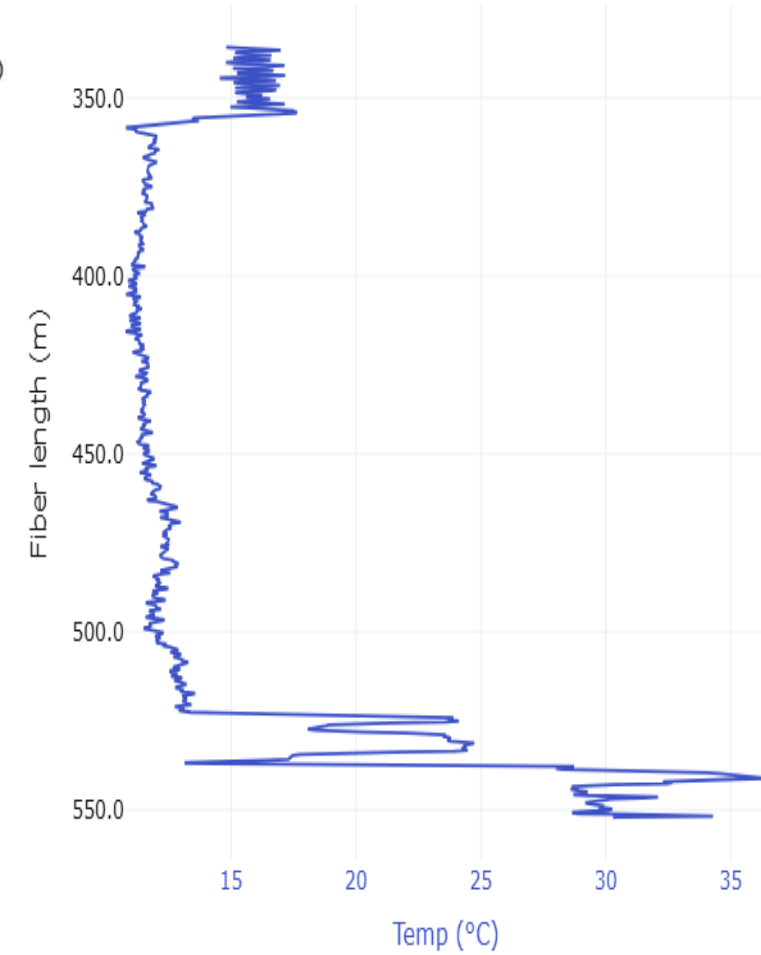
Fixed thermal conductivity



Monitoring data

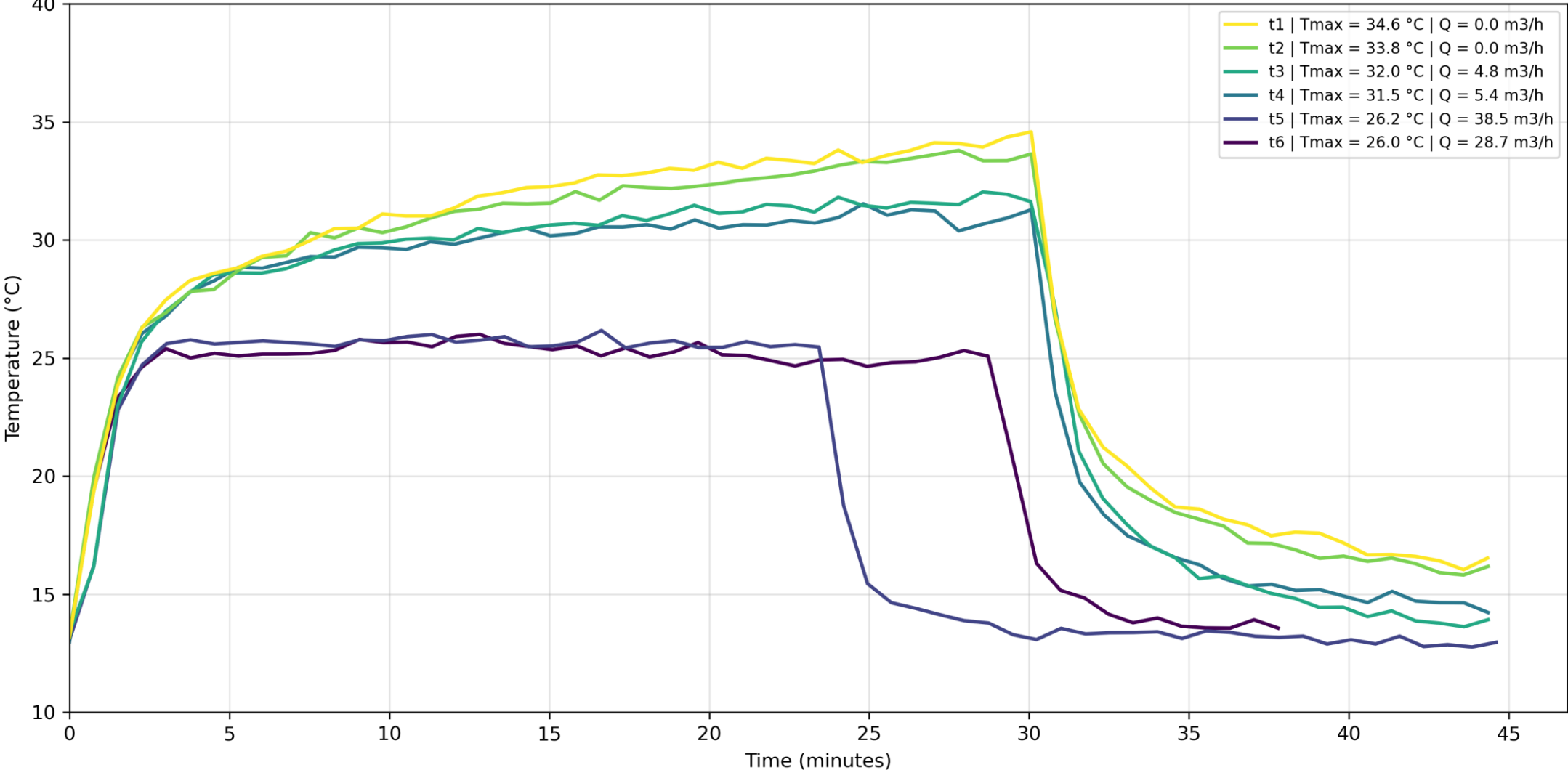


Fiber profile at 2026-04-17 12:24:22 (channel 1)



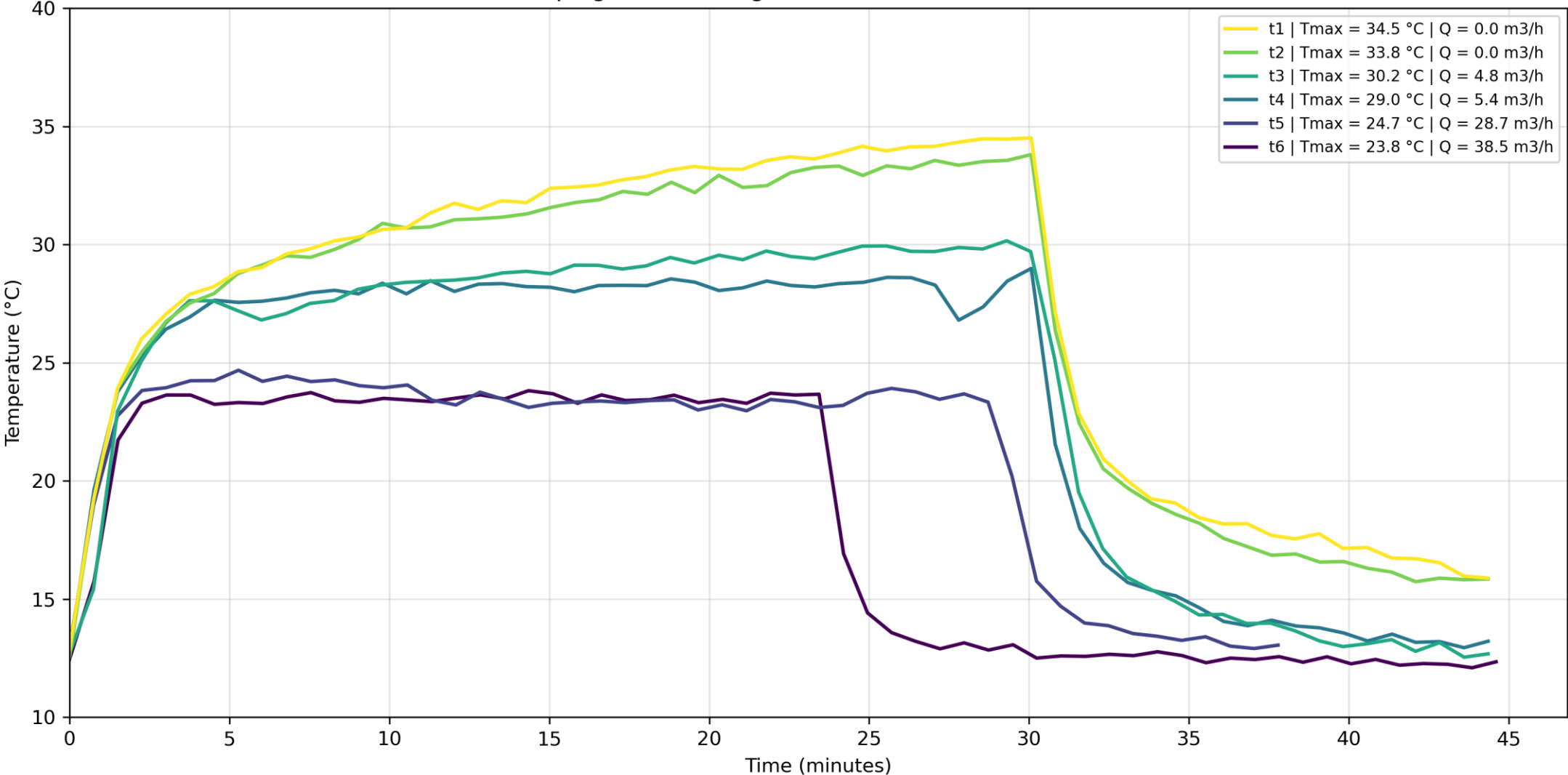
Local flow at depth vs total pumping volume

Pumping rate: heating curves at 178 m below surface

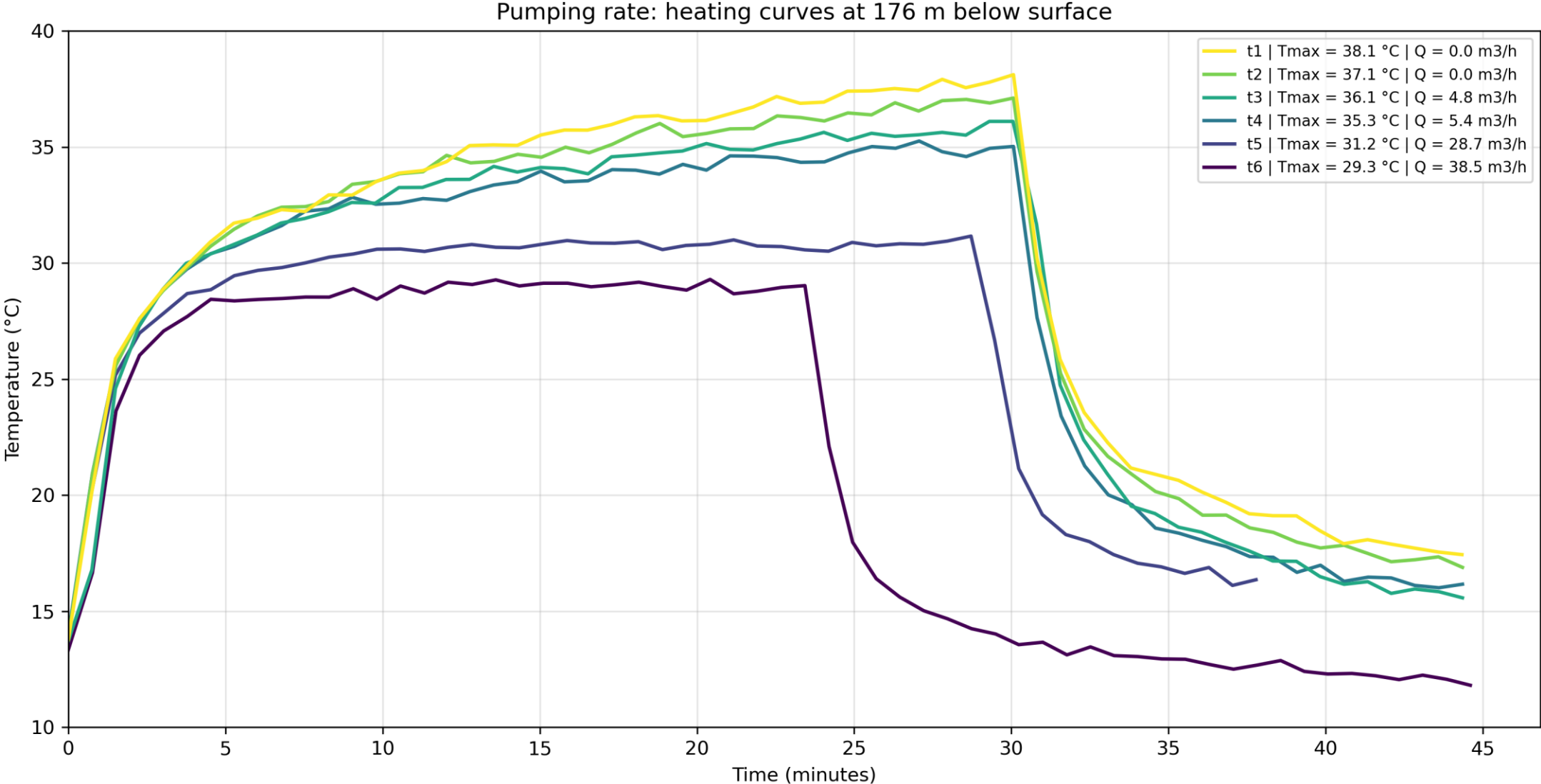


Faster interval

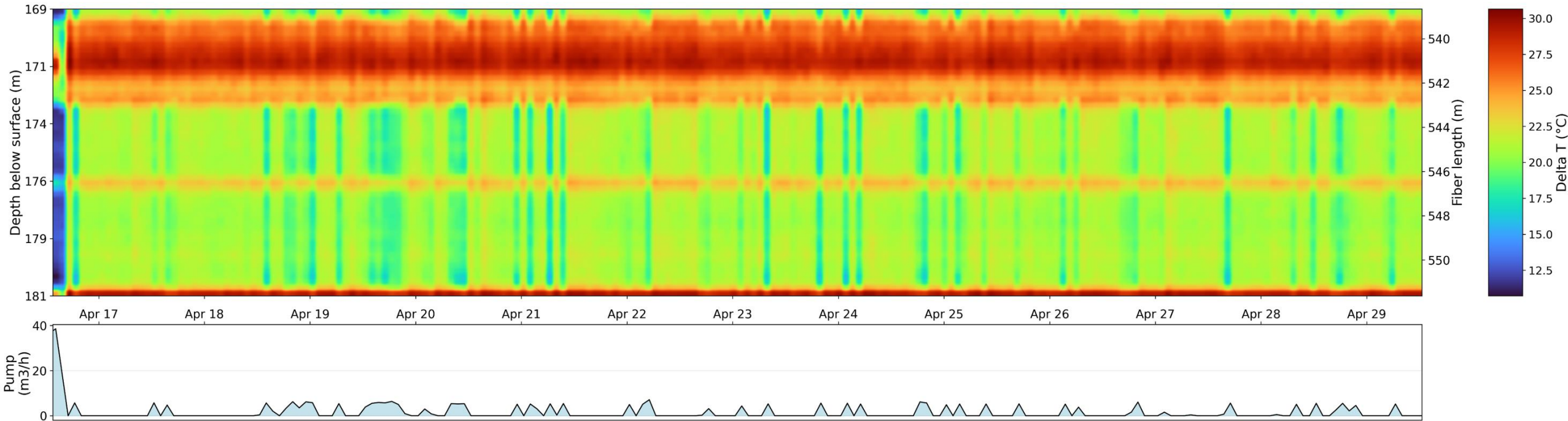
Pumping rate: heating curves at 173 m below surface



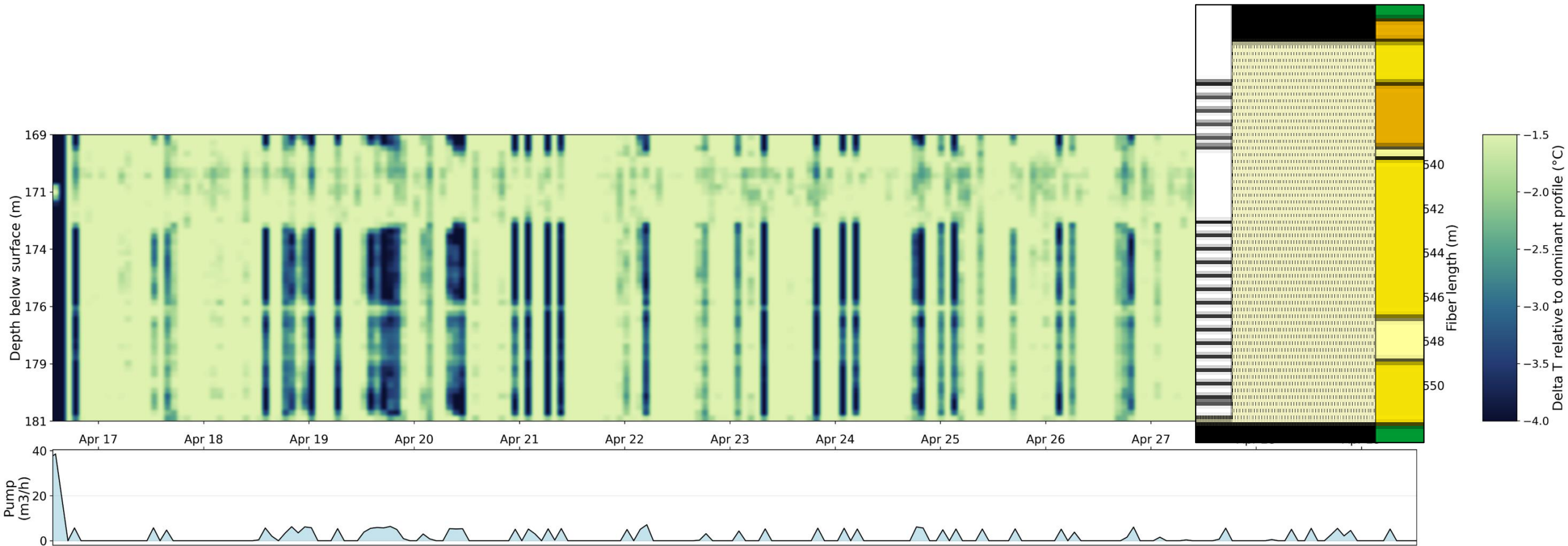
Slower interval



ΔT for min and maxi temperature each heating cycle



ΔT normalized for zero flow



Wrapping up

Main take-aways

- AH-DTS is geschikt voor monitoring van temperatuur en (relatieve) grondwaterstroming over het heel aquifer interval tijdens putoperatie.
- De gevoeligheid:
 - < 1 m/day (niet genoeg afkoeling)
 - > 20 m/day (signal wash-out)

Volgende stappen

- Inversie van de heating curves of zowel de thermische conductiviteit als de absolute grondwaterstroming te bepalen
- Onderzoek naar data fusie met akoestische signalen uit glasvezel
- Robuust monitoring systeem met early-warning systems (bijvoorbeeld voor verstopping.)



Stellingen

Vooronderzoek:

Logging kan goedkoper en sneller door lichtere tools in te zetten uit de grondwater industrie in plaats van de olie-industrie (of een combinatie van beide)

Regelgeving:

De mijnbouwwet moet worden aangepast, zodat LTA economisch haalbaarder wordt.



Thanks for your attention



Contact

- Roeland.Nieboer@deltares.nl

LinkedIn

- <https://www.linkedin.com/in/roeland-nieboer-34338510/>

Collaborate

- <https://github.com/Deltares-research/FusionFiber>

(or scan below QR!)

