WP3.1: Termiska Energilager
Kraftvärme i samspel med borrhålslager

Slutpresentation, 2021-01-19

Team

José Acuna

Monika Topel

Willem Mazzotti

Max Hesselbrandt

Malin Malmberg

Alberto Lazzarotto

Mohammad Abuasbeh

José Garcia

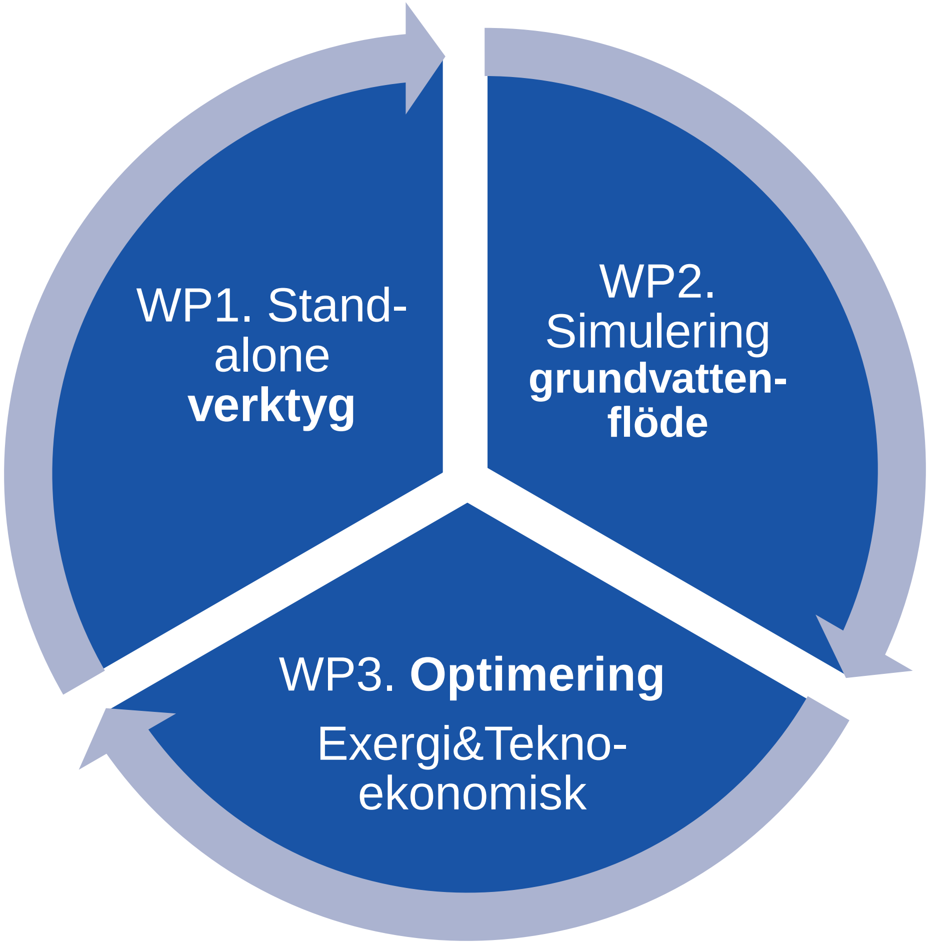
MÅL

1. Ta fram ett flexibel **beräkningsverktyg** för design av högt temperaturlager integrerat med kraftvärmeverk

2. Ta fram en analytisk och en numerisk modell som hjälper att kvantifiera påverkan av **grundvattenflöde** på prestanda i borrhålslager

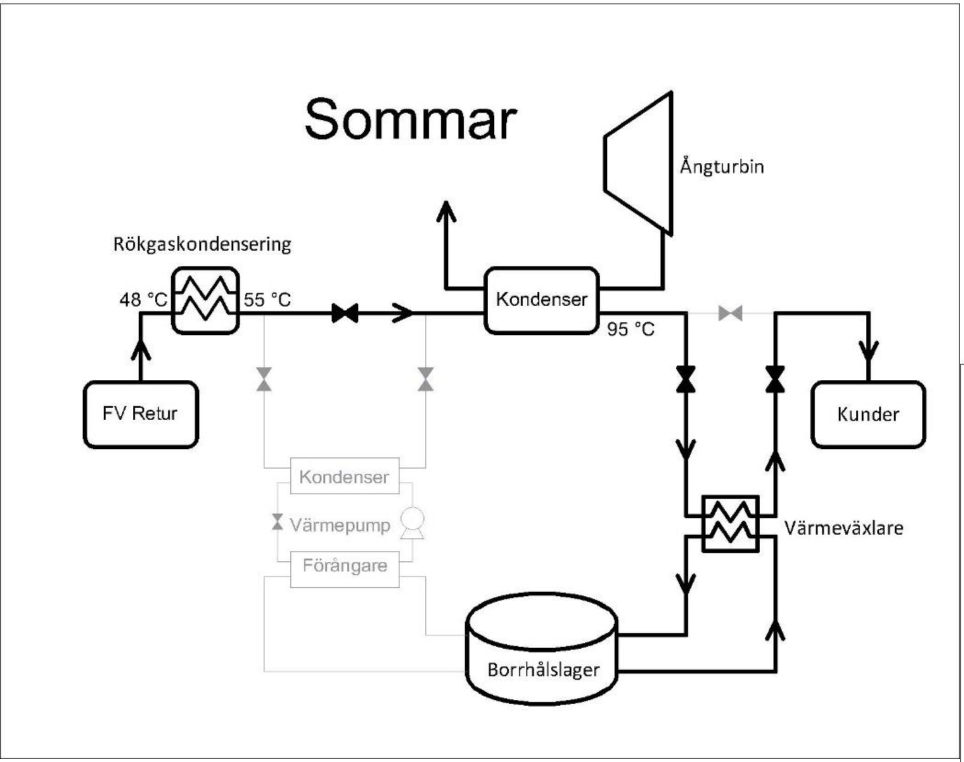
3. Ta fram rekommendationer för teoretisk **prestandaoptimering** i borrhålslager vid hög temperatur

PROJEKTET


WP1. Stand-alone **verktyg**
WP2. Simulering **grundvatten-flöde**
WP3. **Optimering**
Exergi&Tekno-ekonomisk


HIGH TEMPERATURE BOREHOLE STORAGE IN DISTRICT HEATING PRODUCTION
DRAFT FINAL REPORT 2021-01-13
TERMISKA ENERGILAGER
Energiforsk

Beräkningsverktyget



<u>Ett första steg i beslutprocessen:</u>

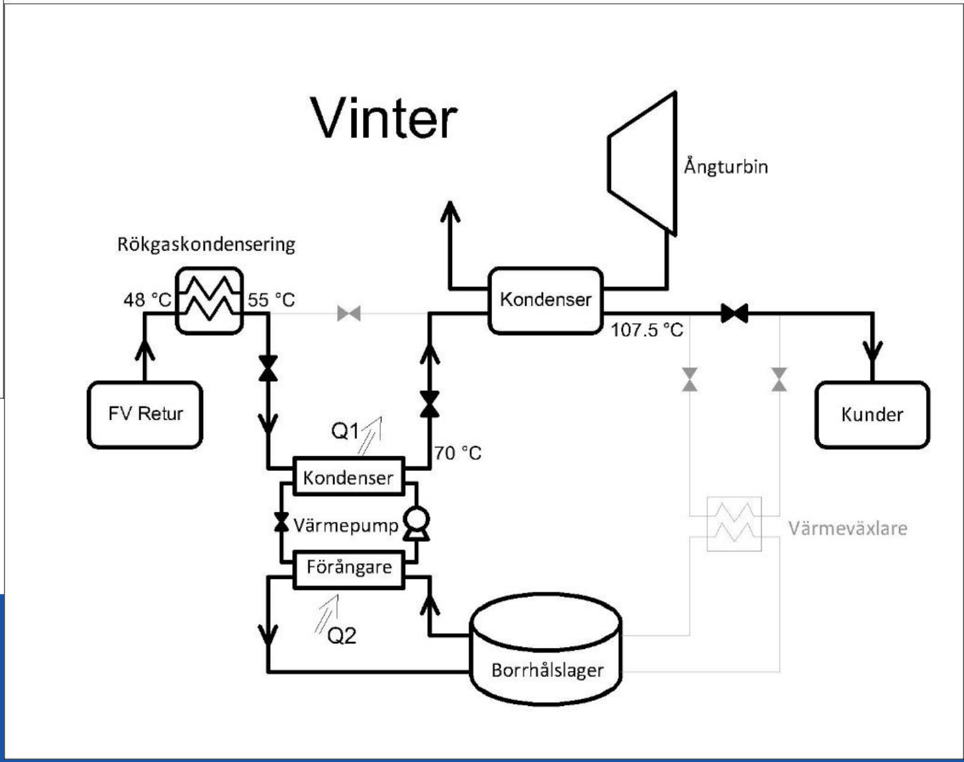
Design:

Prelimimär borrhålsdimensionering **(CAPEX)**

Begränsat till 10-50 MW!

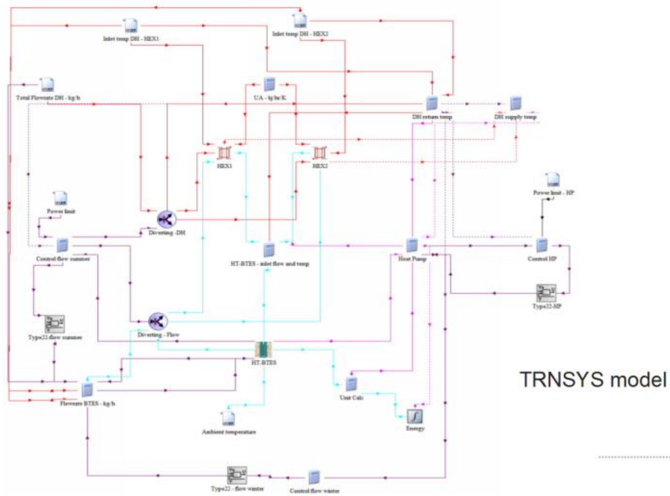
Drift:

Dynamiska beräkningar och KPIs **(OPEX)**

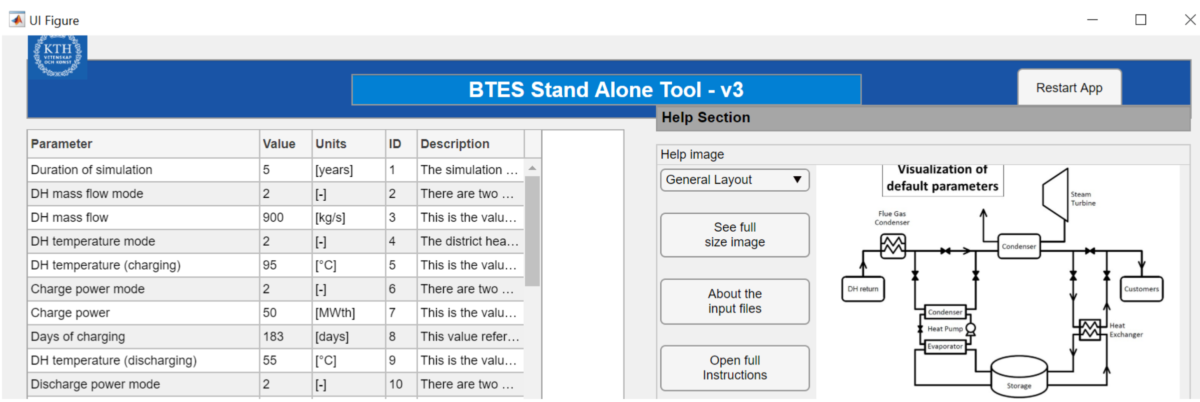


Programversioner

- v1 - En första version baserad på TRNSYS-modellen utvecklat åt Tekniska Verken.
- v2 – stand-alone beta
- v3 - ute på remiss
- v4 – slutgranskning
- **v5 - dagens**



BOREHOLE THERMAL ENERGY STORAGE
TRNSYS input file: BTES_MODEL_v1.trd
TrnsysStudio Project: BTES_MODEL_v1.tpf
Developed by KTH - Bengt Dahlgren



USER INTERFACE

BTES Stand Alone Tool - v5

Restart App

Parameter	Value	Units	ID	Description
Duration of simulation	5	[years]	1	The simulation …
DH mass flow mode	2	[-]	2	There are two …
DH mass flow (DV1)	900	[kg/s]	3	This is the valu…
DH temperature mode	2	[-]	4	The district hea…
DH temperature (charging) (DV2)	95	[°C]	5	This is the valu…
Charge power mode	2	[-]	6	There are two …
Charge power (OPT case)	50	[MWth]	7	This is the valu…
Days of charging (DV3)	183	[days]	8	This value refer…
DH temperature (discharging)	55	[°C]	9	This is the valu…
Discharge power mode	2	[-]	10	There are two …
Discharge power	50	[MWth]	11	This is the valu…
HEX pinch point (DV4)	3	[°C]	12	Heat exchange…
BTES design temperature (DV5)	70	[°C]	13	Assumed water…
HP COP (reference for design) (DV6)	5	[-]	14	Reference heat…
BTES minimum outlet temperature (O…	40	[°C]	15	The system will…

2. Check Inputs Check

3. Design BTES System Run design

4. Evaluate Performance Run simulation Instructions

5. See Results Excel file Plots folder

Help Section

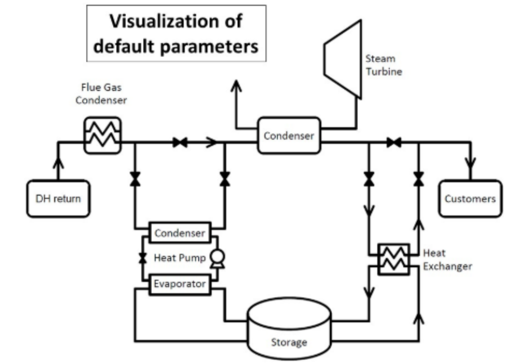
General Layout ▼

See full size image

About the input files

Open full Instructions

See optim. maps



Message Window

Notifications during the simulation process will be shown here

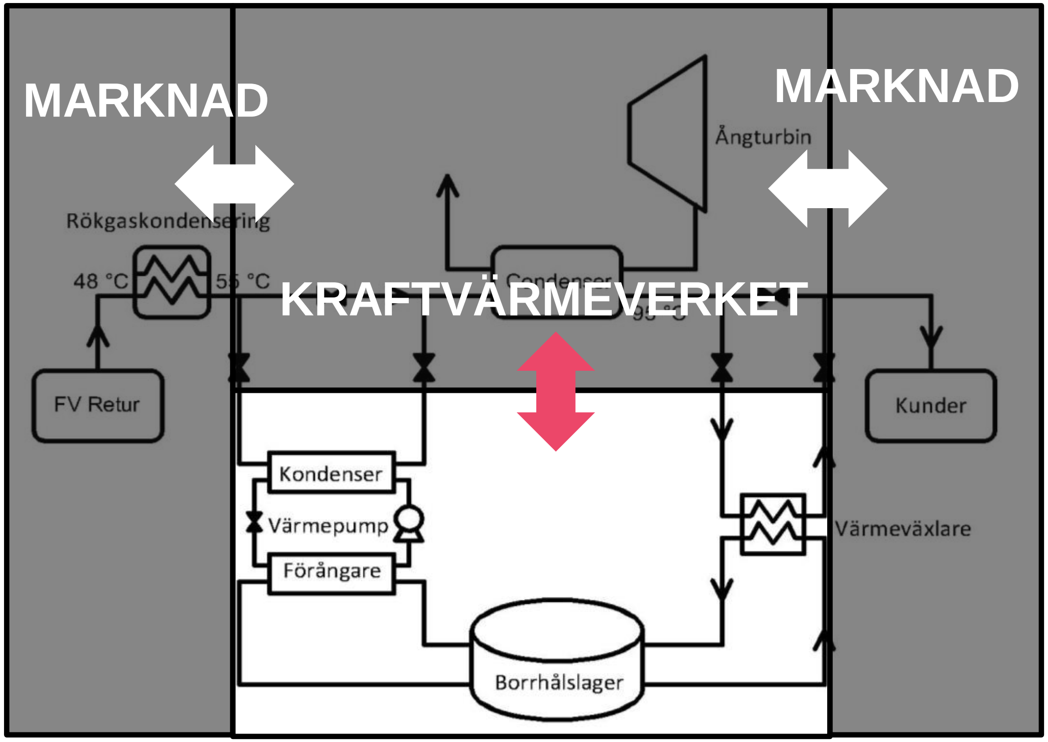
Resultat

Design: Vilken lagerstorlek passar bäst? Olika storlekar på lager (CAPEX)

Drift: Efterfrågan/systemintegration (OPEX)

Dynamiska simuleringar: alla variabler redovisas i resultatfilen, för varje tidsteg

Number of boreholes
Ground surface area required
Max tot mass flow through storage
Heat exchanger size (UA value)
Heat pumps in series
Heat pump heating capacity
Total HP heating capacity
Total CAPEX
Boreholes CAPEX
Heat exchanger CAPEX
Heat pump CAPEX
OPEX_tot_avg
OPEX_el_avg
OPEX_charge_avg
Etot_charg
Etot_disch
Etot_cond
Etot_comp
Etot_pump
Profit_avg
NPV
Sto_eff
SPF
Exergy_eff



Optimering Energi (η) eller Exergi (γ) ?

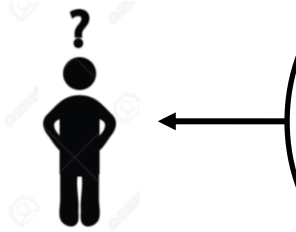
Verkningsgraden i ett energilager utvärderas ofta genom kvoten mellan urladdad och laddad energi, η

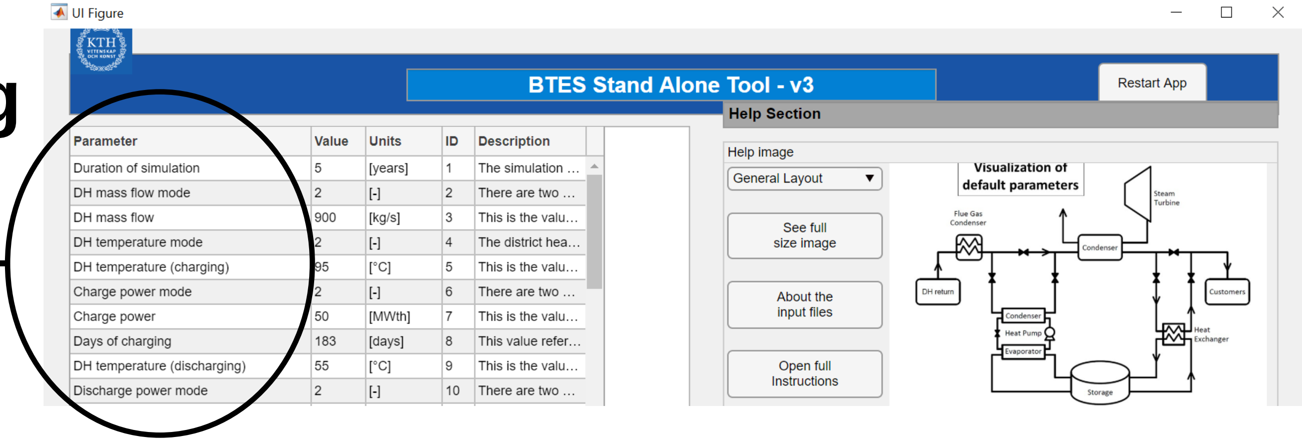
$$\eta = \text{uttagen värme} / \text{tillförd värme}$$

η säger inget ang hur nära vi är till optimala förhållanden, temperaturen som värmeväxlingen sker vid beaktas inte

γ tar hänsyn till mängd värme OCH temperaturen vid vilken värmeväxlingen sker

Optimering





Multi-objective optimization:

Objectives:

Maximize EXG (output)

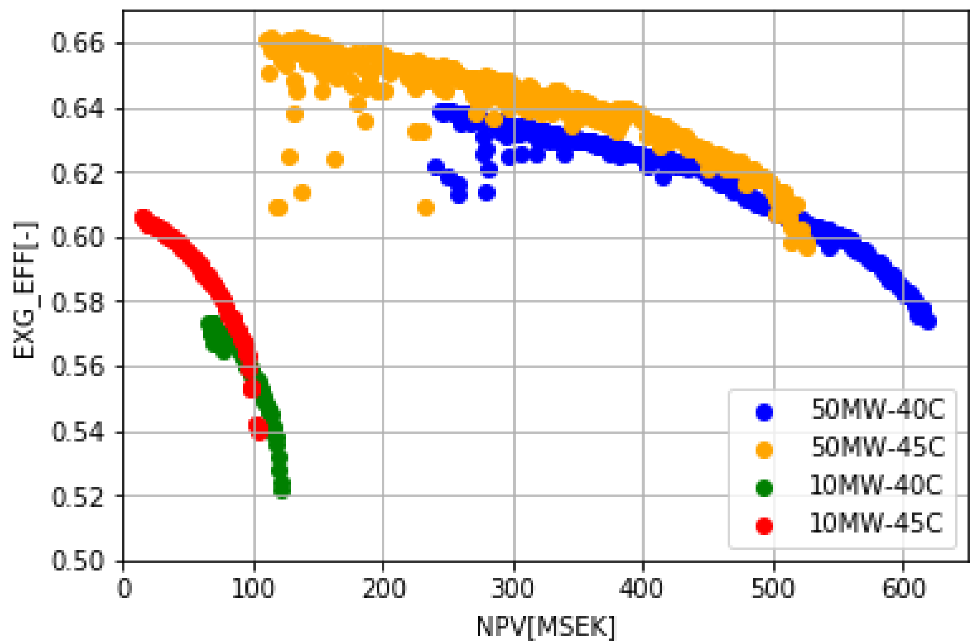
Maximize NPV (output)

4 Cases:

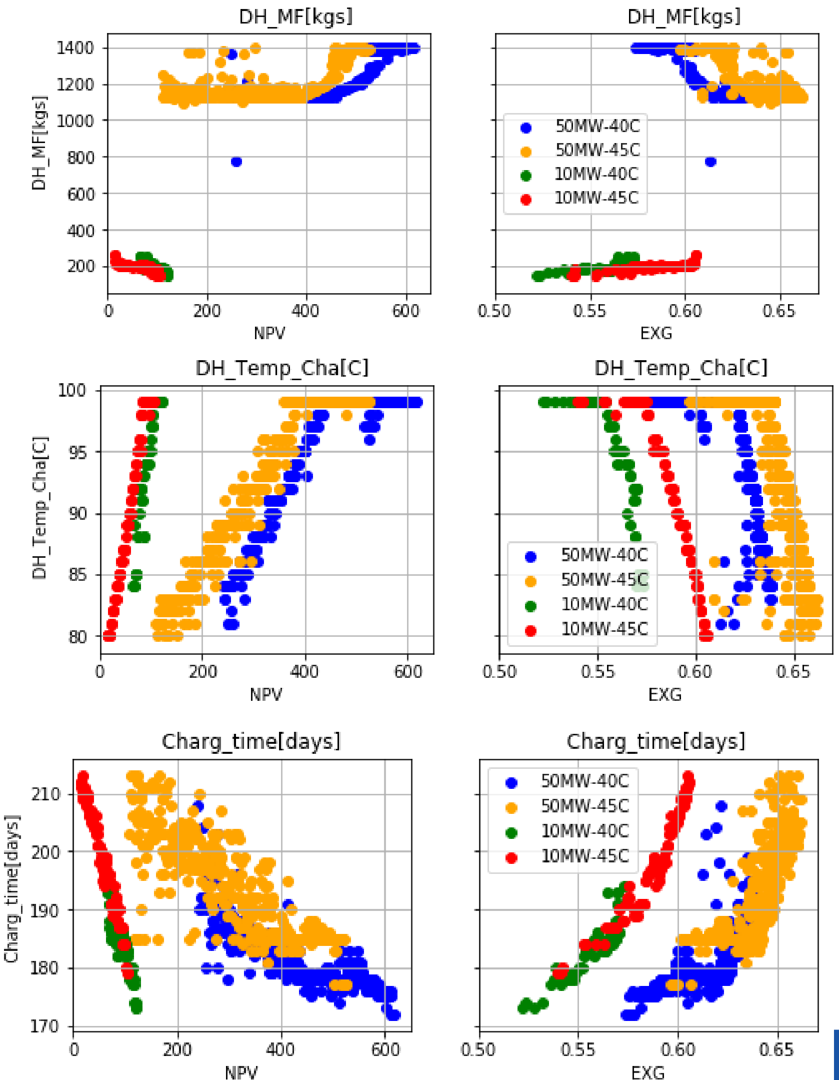
Storage Power

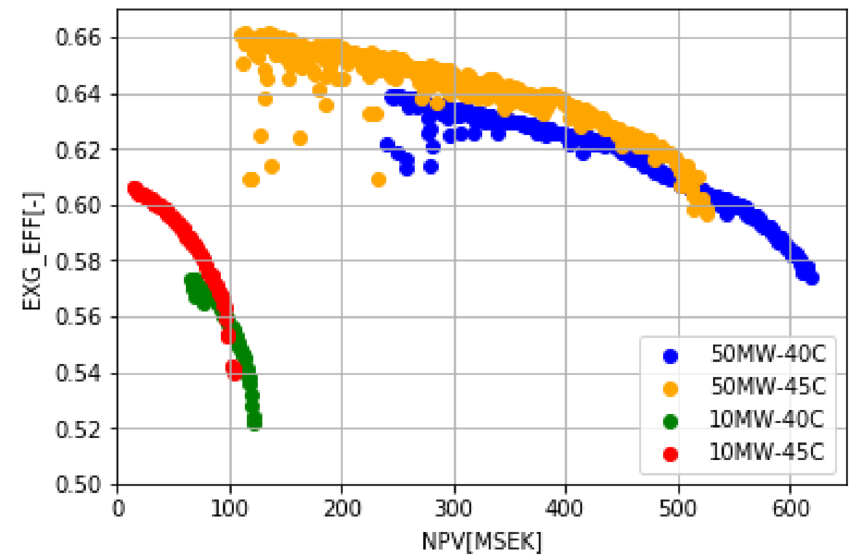
Tout BTES*

Optimal Fronts



Optimering



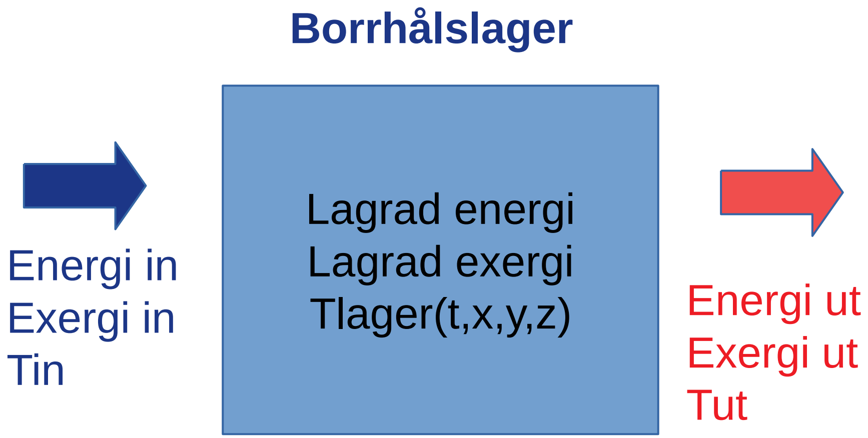


Optimal Front: Input Relationships

Exergioptimering av lagret

Analys av

energiflöden, exergiflöden
+
fram- och returtemperaturer
+
tempereraturfördelning inom lagret

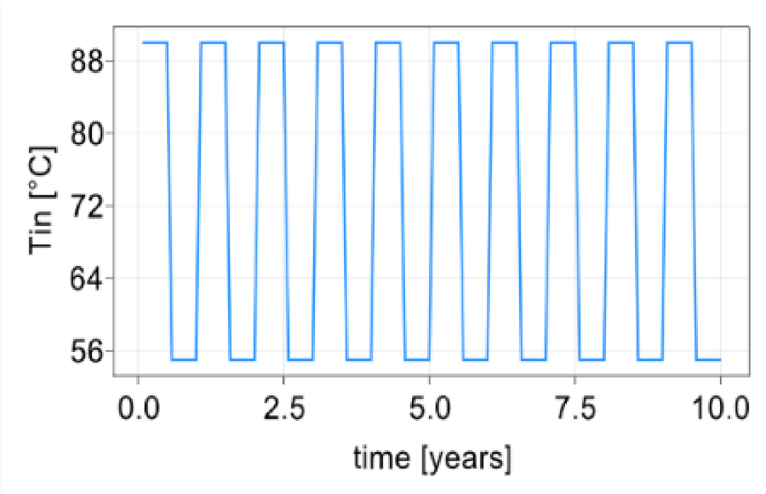


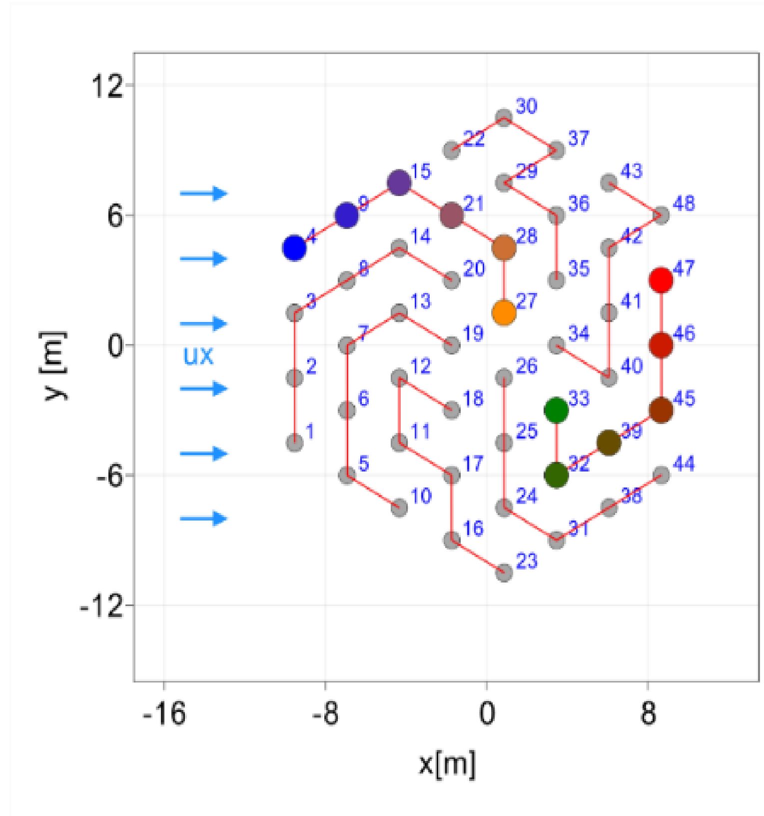
- Mer korrekt utvärdering

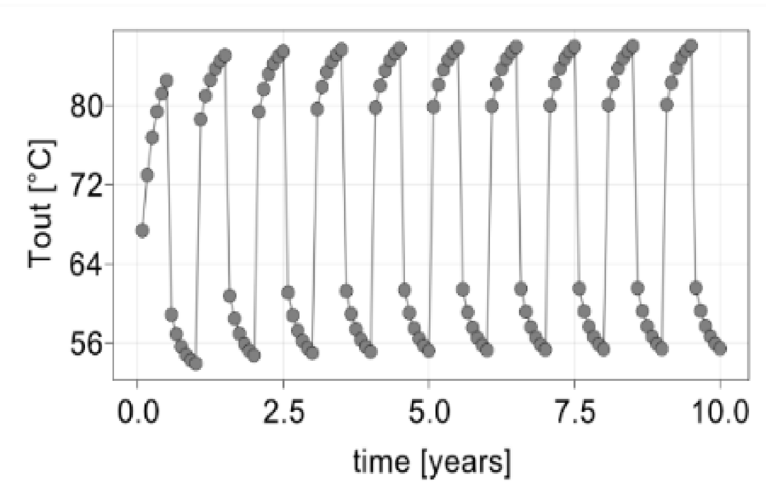
- Bättre jämförelse mellan system som verkar under olika förhållanden

Exergianalys med hänsyn till grundvattenflöde

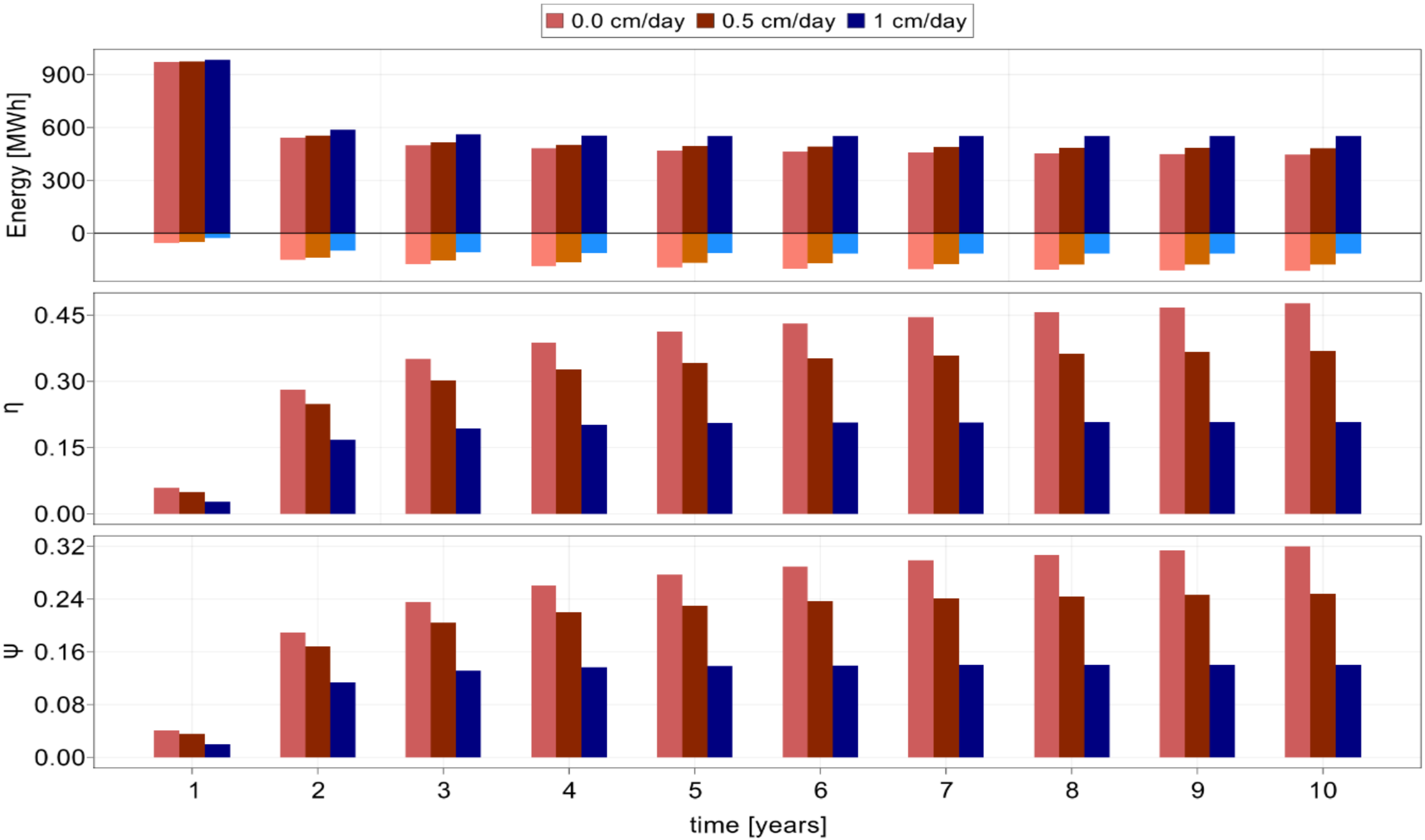
Exempel med analytisk modell



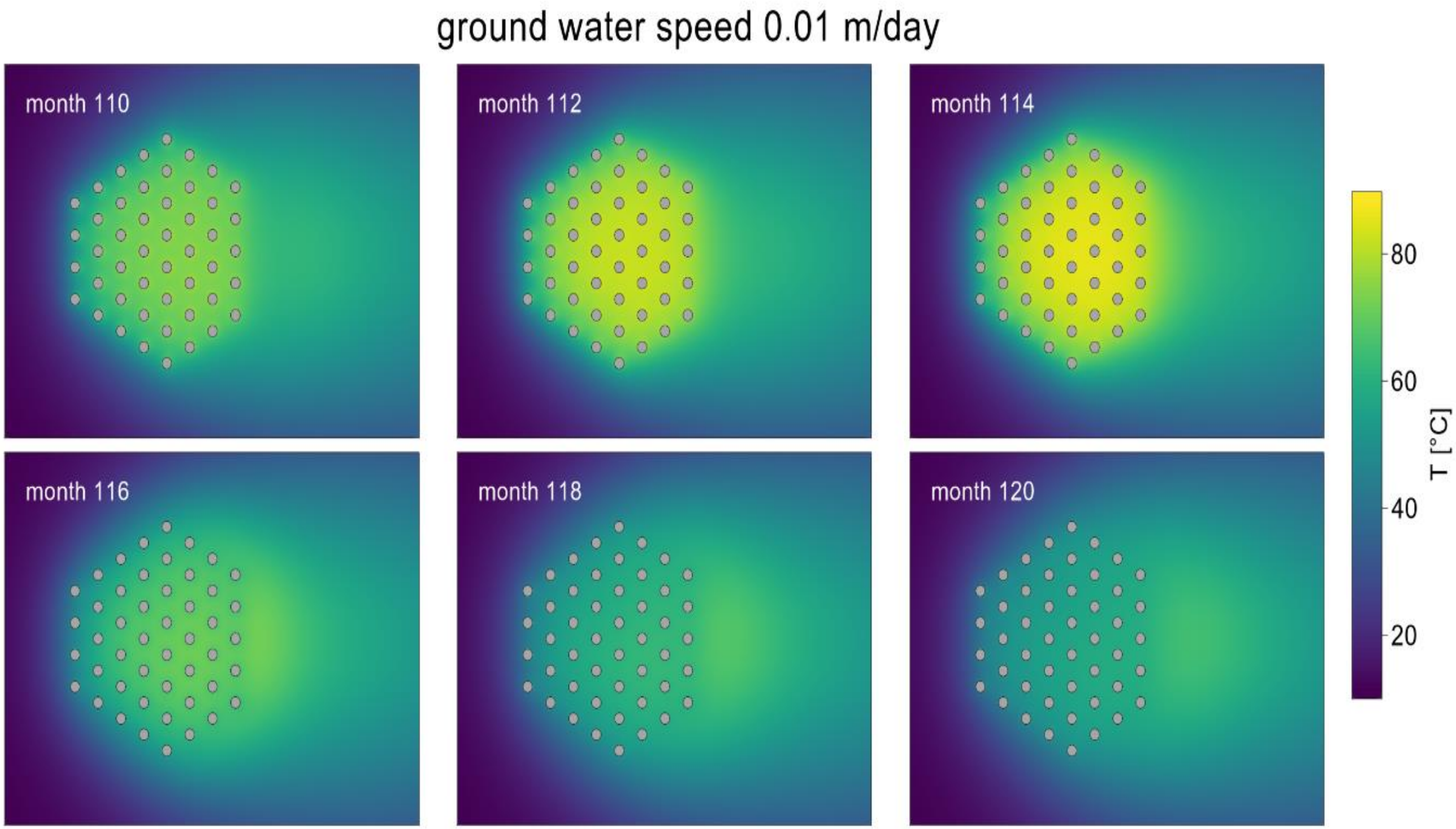




Energi och exergi med och utan grundvattenflöde



Exempel fall 0,01 m/dag



Påverkan av grundvattenflöde, numerisk modell

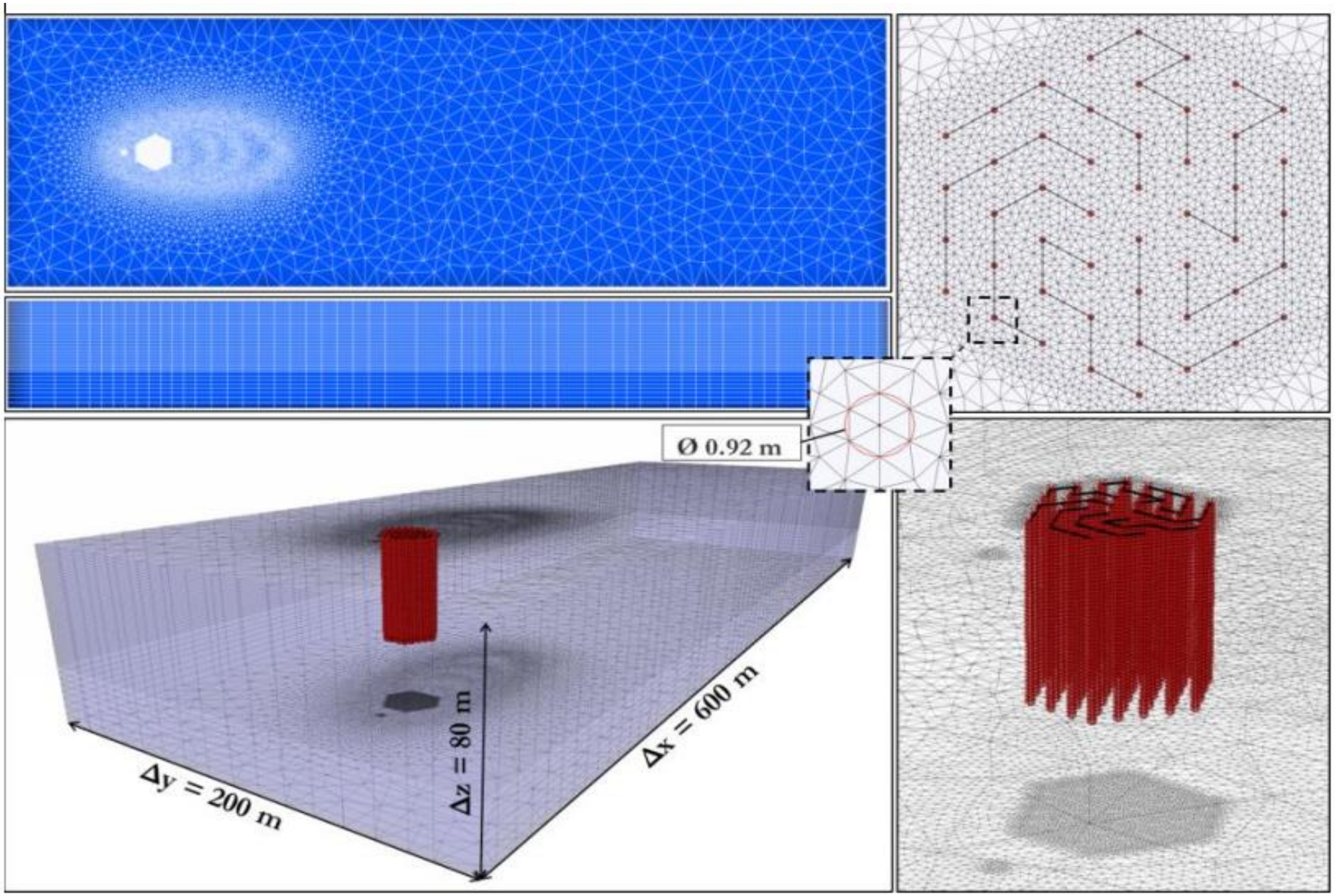
Termisk och hydraulisk koppling

Steady-flow

Transient-transport

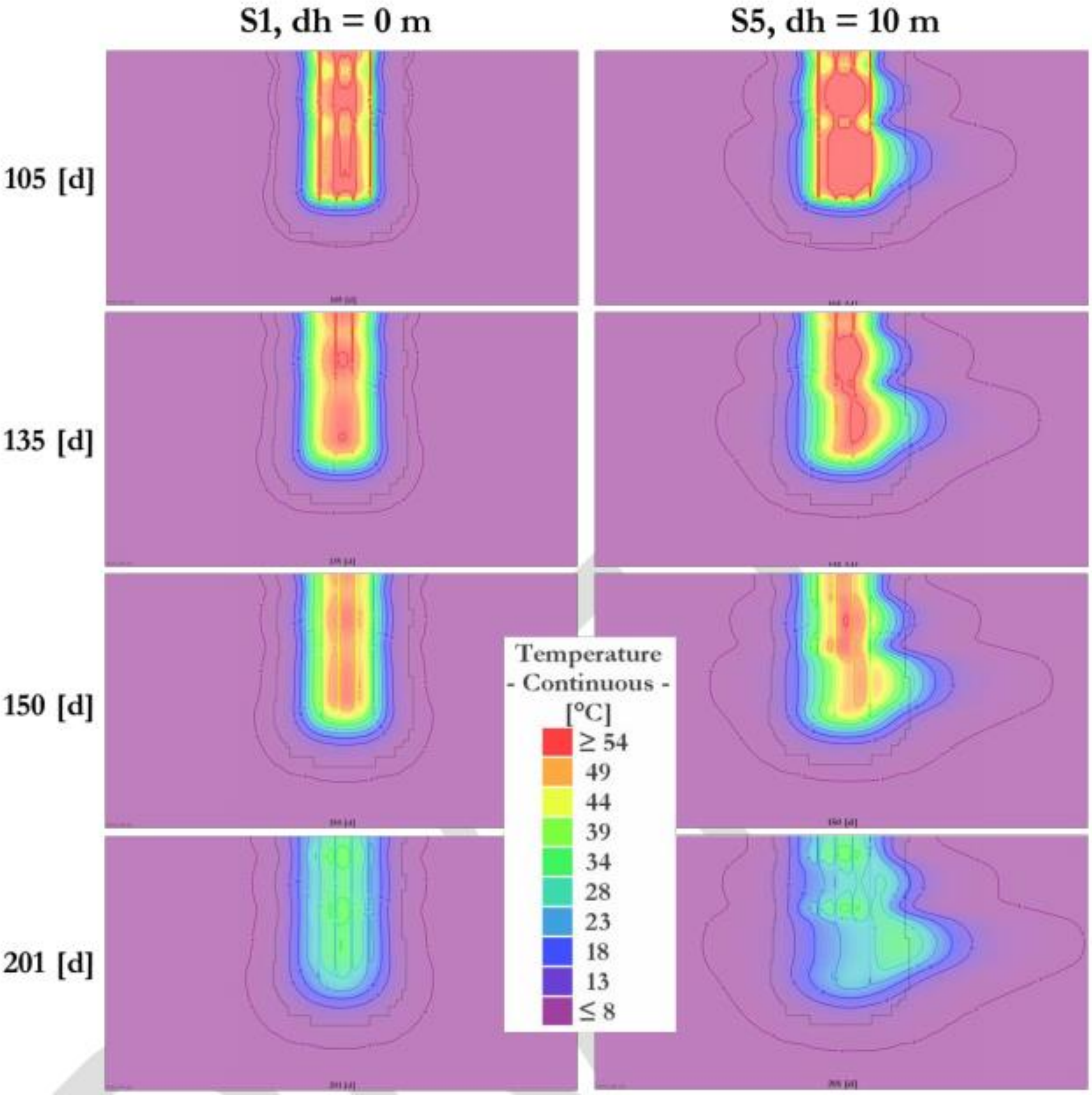
Confined,

saturated porous medium

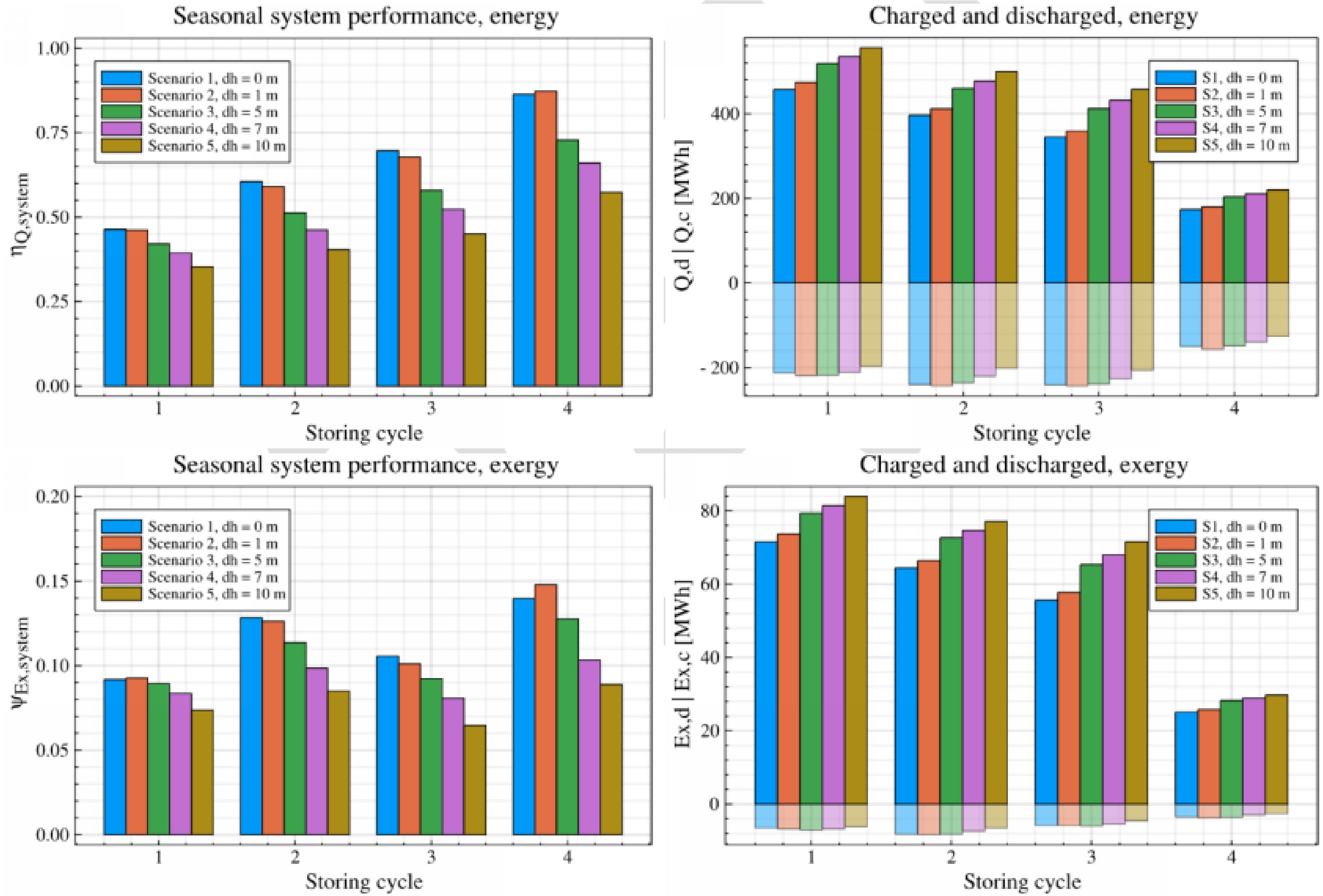


Resulterande temperaturer

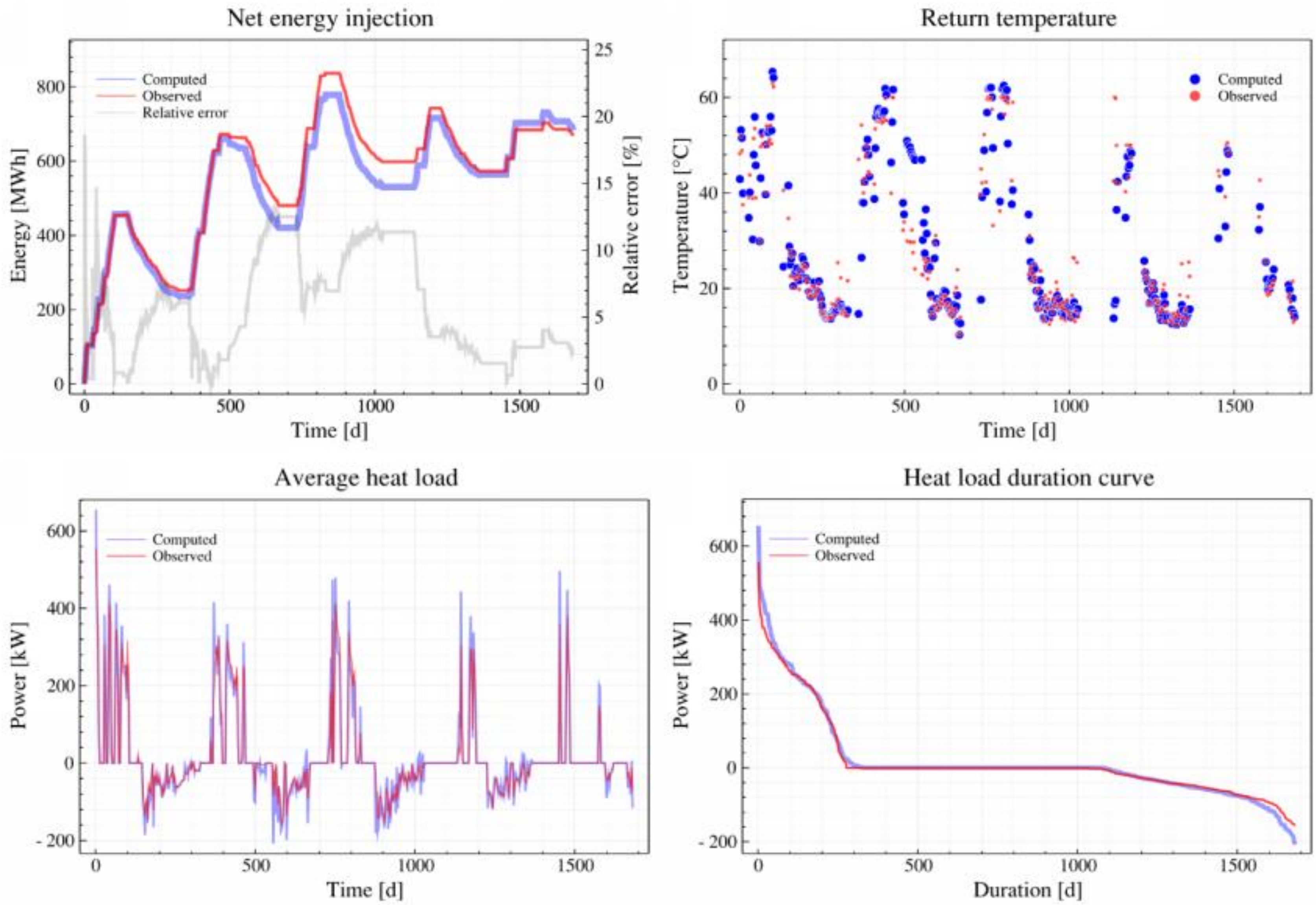
vid två olika tryckförhållanden



Resultat numerisk modell

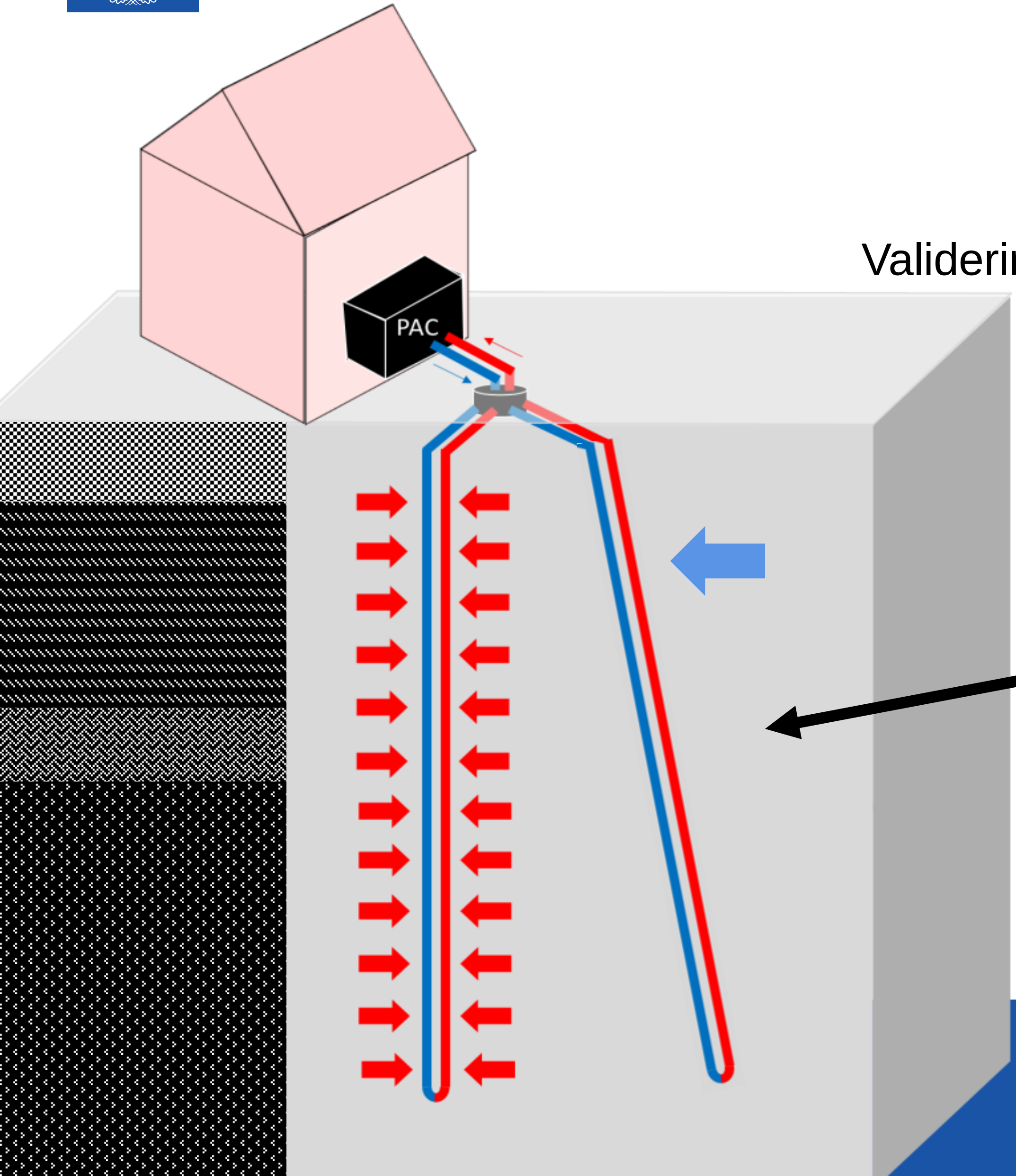


Validering med befintlig anläggning



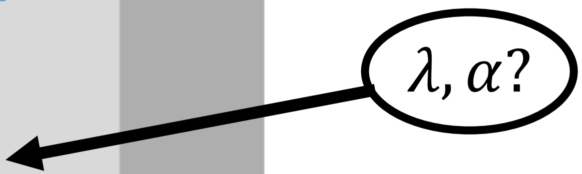
Tordrup, K. W., Poulsen, S. E., & Bjørn, H. (2017). An improved method for upscaling borehole thermal energy storage using inverse finite element modelling. *Renewable Energy*, *105*, 13–21.

Validering i labb



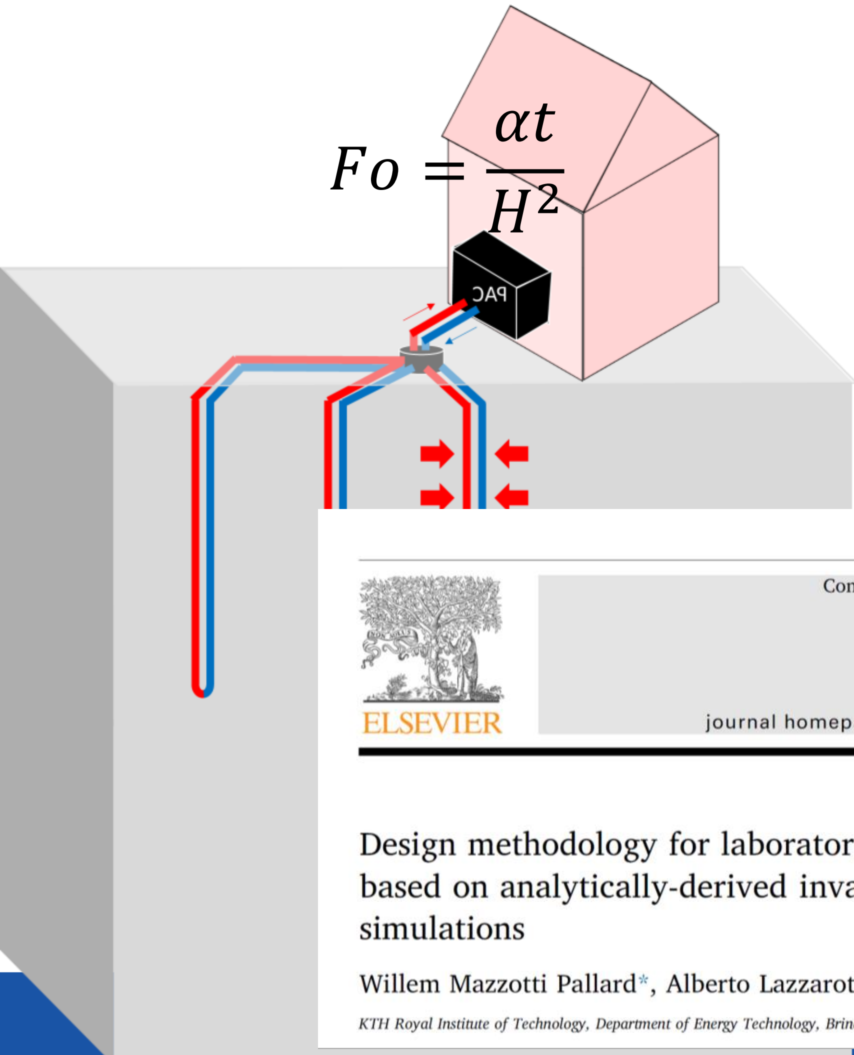
Validering med riktiga borrhål, utmaningar:

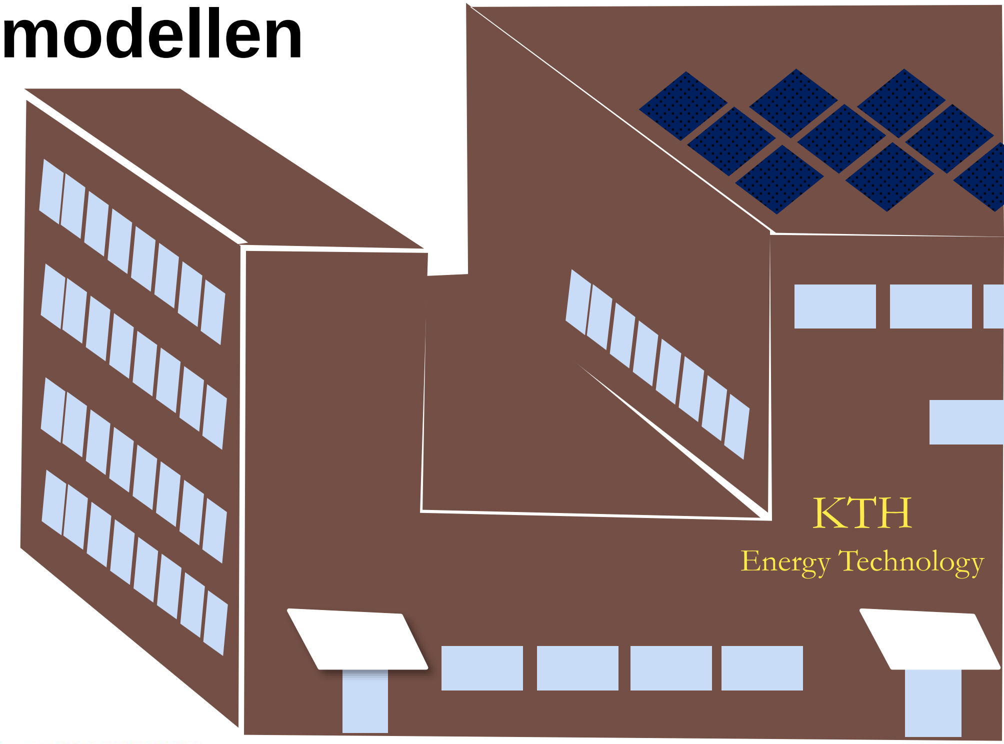
1. Tar lång tid (20 – 50 år)
2. Okontrollerade förhållanden



Validering – Labbmodellen

$$Fo = \frac{\alpha t}{H^2}$$





Geothermics 87 (2020) 101856

Contents lists available at ScienceDirect

Geothermics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geothermics

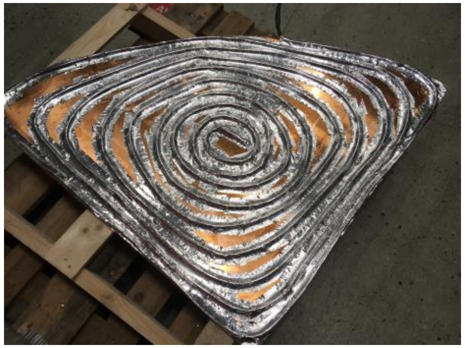
ELSEVIER

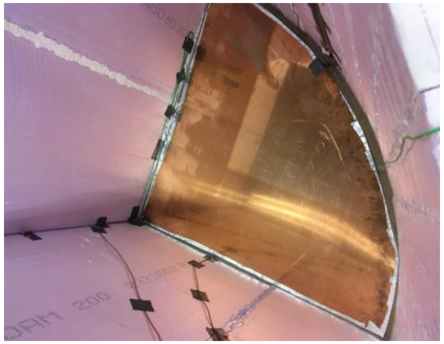
Design methodology for laboratory scale borehole storage: An approach based on analytically-derived invariance requirements and numerical simulations

Willem Mazzotti Pallard*, Alberto Lazzarotto, José Acuña Sequera, Björn Palm

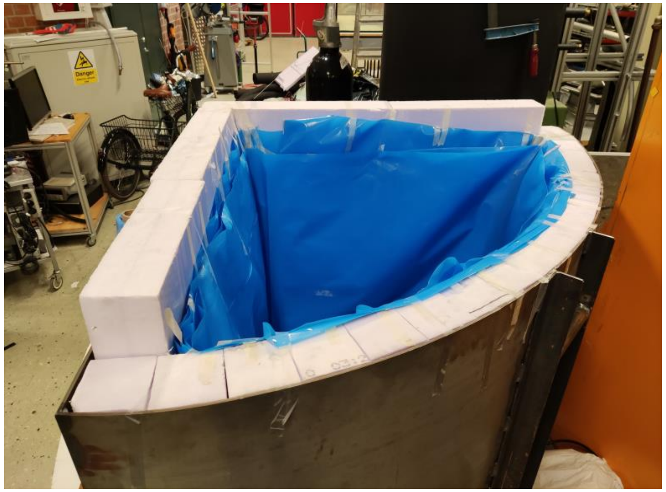
KTH Royal Institute of Technology, Department of Energy Technology, Brinellvägen 68, 100 44 Stockholm, Sweden

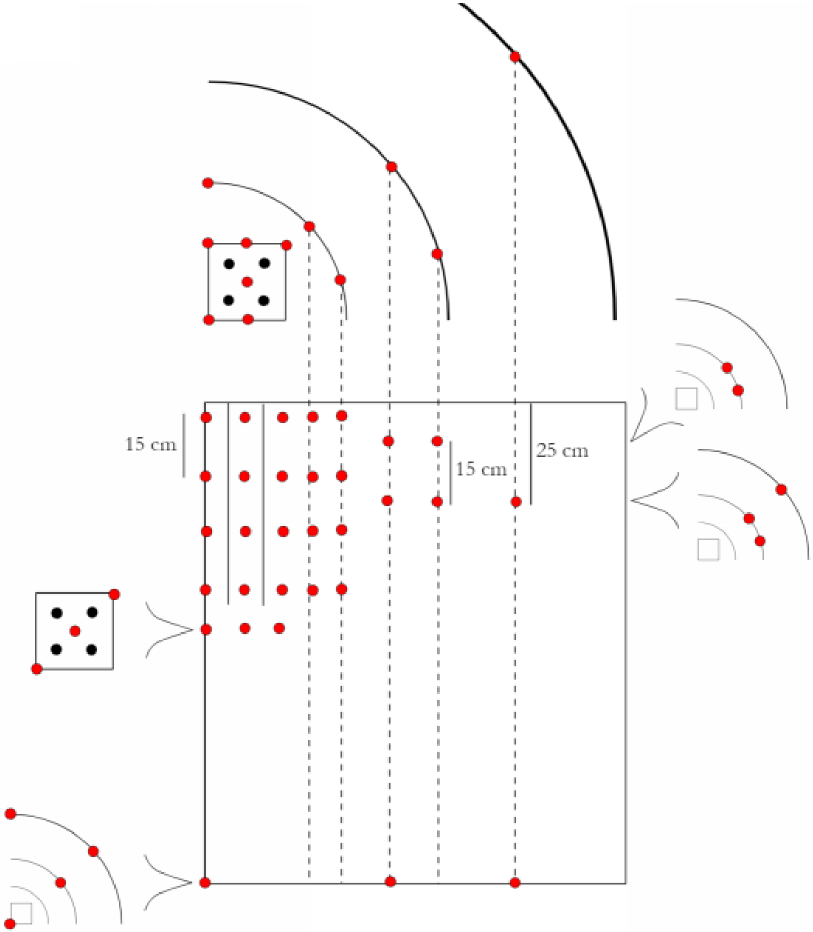
Validering i labbmiljö





- -Valideringsbehovet återstår:
- -Långsamma och långsiktiga förlopp kan skalas ner
- -I detta fall med faktor 600
- -Bevarande av dimensionlösa tal





Publikationer (följer med slutrapporten)

2021. Lazzarotto et. al. Performance evaluation of borehole thermal energy storage through energy and exergy analysis. World Geothermal Congress.

2020. Hesselbrandt M. Performance analysis of a high temperature borehole thermal energy storage under influence of groundwater flow". MSc thesis. KTH.

2020. Mazzotti et al. Design methodology for laboratory scale borehole storage: an approach based on analytically-derived scaling laws and numerical simulations. Geothermics 87 2020, 101856.

2019. Amol Y. Integrated Combined Heat and Power Plant with Borehole Thermal Energy Storage. MSc thesis. KTH.

2018. Malmberg et al. High Temperature Borehole Thermal Energy Storage – A case study. 2nd IGSHPA Research Track, Sweden.

SLUTSATS

1. Ett flexibel beräkningsverktyg för design av högt temperaturlager integrerat med kraftvärmeverk har tagits fram

2. En analytisk, en numerisk, och en labbmodell som hjälper att kvantifiera prestanda i borrhålslager som funktion av grundvatten har tagits fram.

3. Rekommendationer för teoretisk prestandaoptimering i borrhålslager vid hög temperatur integrerad med hjälp av exergianalys och optimeringskartor har tagits fram.

Team


José Acuna


Monika Topel


Willem Mazzotti


Max Hesselbrandt


Malin Malmberg


Alberto Lazzarotto


Mohammad Abuasbeh


José Garcia