Læring og resultater fra to geotermiske forskningsprojekter GEOTHERM og PERFORM

Temadag om geotermi – 11. november 2021

Statsgeolog Claus Kjøller, Afdeling for Geokemi, GEUS

på vegne af

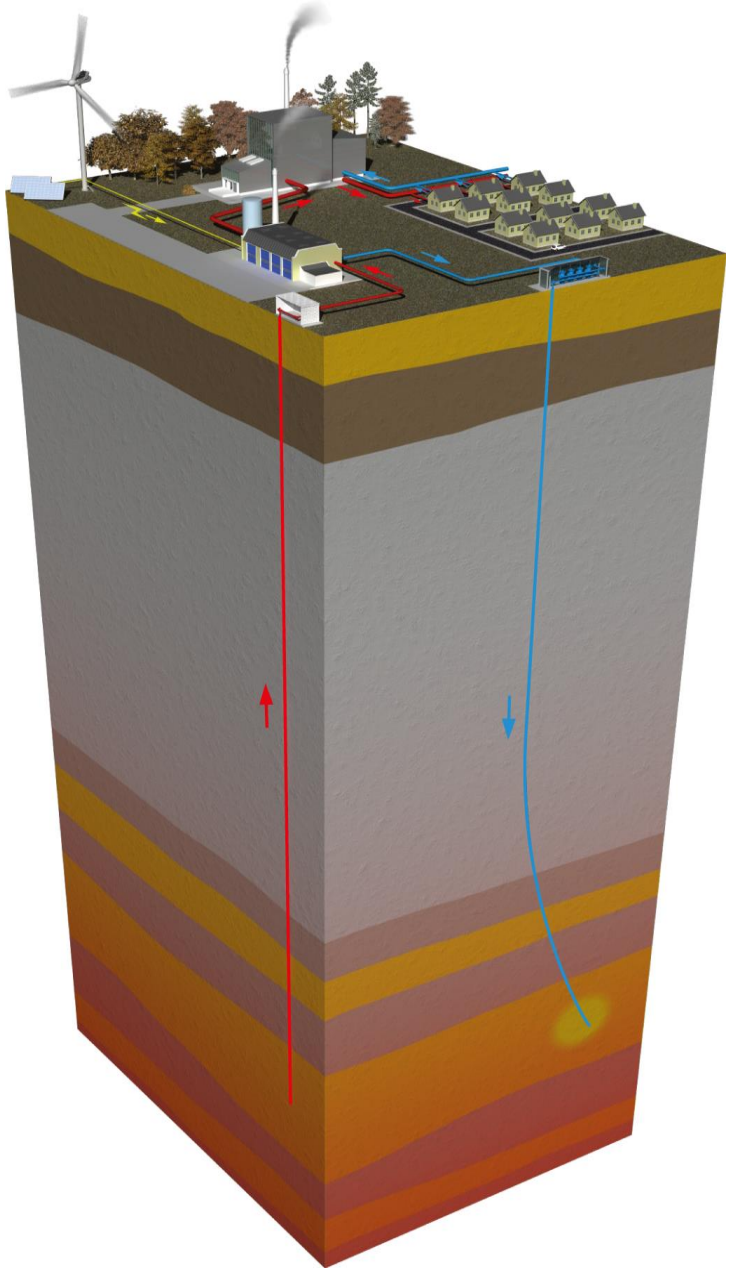
GEUS' geotermi-forskningsgruppe

G E U S

”Take home”

- Jo mere vi investerer i at lære og forstå – desto klogere bliver vi på de tekniske risici i geotermi og særligt på at minimere disse

- Ingen deciderede tekniske showstoppere – så længe der foretages grundige tekniske forundersøgelser og velovervejede beslutninger vedrørende fx materialevalg



Hvorfor er GEOTHERM og PERFORM interessante ?

Der er de senere år gennemført en række initiativer til fremme af geotermi:

- Strategiske Forskningsråd
- EUDP
- Innovationsfonden

} Forskning og udvikling

- Drejebog
- Risikoanalyse
- Screeningsanalyse af 27 byområder
- WebGIS geotermisk portal
- Garantiordning

} Energiforliget 2012

som har tydeliggjort, hvor ressourcen findes – og hvor den ikke findes!
– samt belyst tekniske risici og løsningsmuligheder

Hvorfor er GEOTHERM og PERFORM interessante ?

Der er de senere år gennemført en række initiativer til fremme af geotermi:

- Strategiske Forskningsråd
- EUDP
- Innovationsfonden

} Forskning og udvikling

- Drejebog
- Risikoanalyse
- Screeningsanalyse af 27 byområder
- WebGIS geotermisk portal
- Garantiordning

} Energiforliget 2012

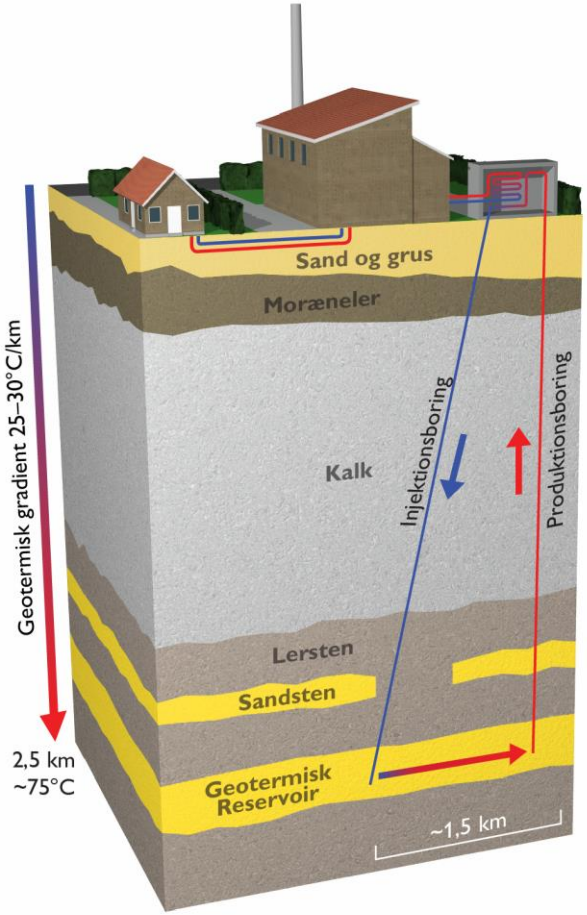
GEOTHERM og PERFORM

som har tydeliggjort, hvor ressourcen findes – og hvor den ikke findes!

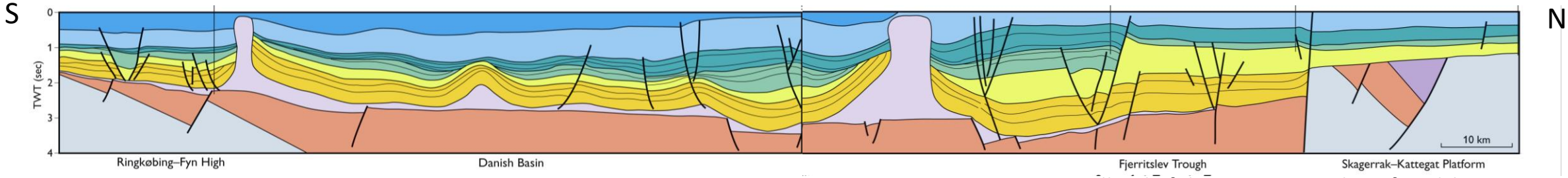
– **samt belyst risici og løsningsmuligheder**

Hvad er de typiske udfordringer ?

- Udfordringer i ”efterforskningsfasen”
- Udfordringer i ”driftsfasen” – men som for visse kan minimeres ved velovervejet vidensopbygning i efterforskningsfasen og grundig planlægning



Efterforskningsfasen

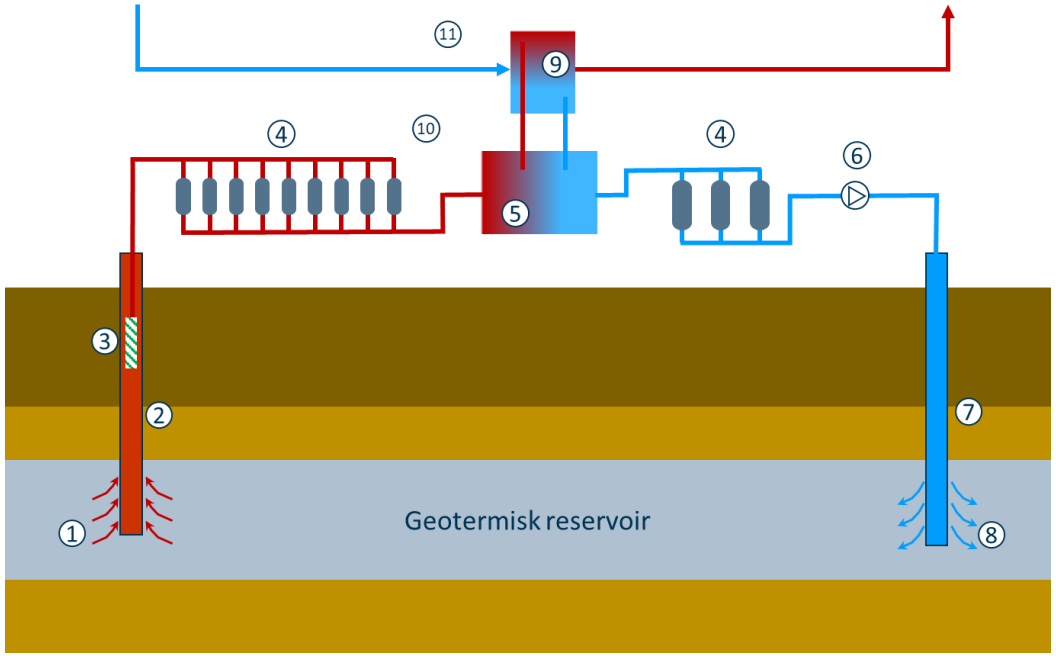


Snit gennem Jylland af de øverste 8-10 km af jordskorpen

- For at finde de bedste steder at bore – og undgå de mest usikre – skal der foretages grundige analyser af undergrunden.
- Det lokale potentiale bør vurderes ud fra de nærmeste dybe boringer og eksisterende data (typisk seismiske data og viden om mineralogi og vandkemi).
- Tekniske risici skal analyseres og vurderes – og om muligt reduceres inden større investeringer foretages.
- Det kan i nogle områder fx være indsamling af nye seismiske data, som kan styrke den geologiske model og prognose før der investeres i en boring - i andre områder kan vurderingen være, at der indledes med en testboring fx til indsamling af viden om mineralogi/vandsammensætning eller reservoirets ydeevne.
- Korrekt og optimal udførelse af boringer kræver omfattende teknisk ekspertise og planlægning.
- Omhyggelig organisering af det geotermiske projekt fra start til slut er helt afgørende for succes.

Driftfasen

- Tilstopning med partikler – boringsnært eller i reservoir
- Udfældning af mineraler (”scaling”)
- Korrosion



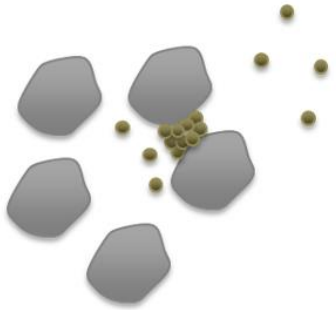
Tilstopning med partikler

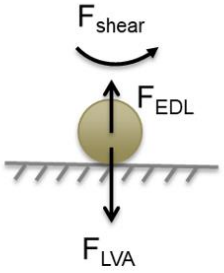
Udfordring:

- Tilstopning af porerum i reservoiret
- Tilstopning af perforationer eller filtersætning
- Kan skyldes partikler løsrevet fra reservoiret eller dannet i anlægget (scaling eller korrosion)

Løsninger:

- Filtrering – nyt type selvrensende filter udviklet i PERFORM - HydroGeoFilt
- Undgå scaling eller korrosion





$F_{shear} + F_{EDL} > F_{LVA}$: Fines release

HydroGeoFilt

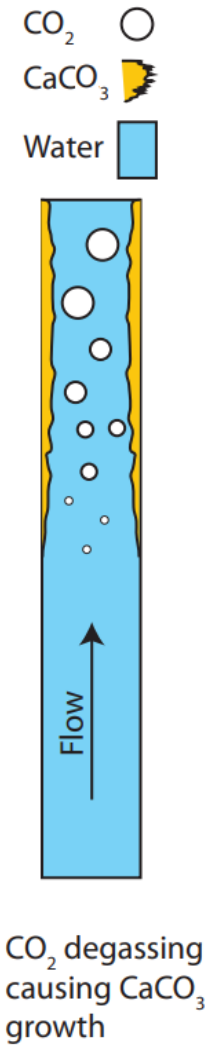
Udfældning af mineraler

Udfordring:

- Udfældning af karbonatmineraler – typisk $CaCO_3$
- Udfældning af halit - NaCl
- Udfældning af baryt – $BaSO_4$
- Udfældning af anhydrit – $CaSO_4$

Løsninger:

- Opretholdelse af tilstrækkeligt tryk i anlægget
- Undgå formationsvand, der er NaCl mættet
- Anvendelse af kationfiltre – udvikling påbegyndt i PERFORM
- Anvendelse af inhibitorer



CO_2 degassing causing $CaCO_3$ growth

Regenspurg (2013)

Forudsætninger for valg af den bedste løsning:

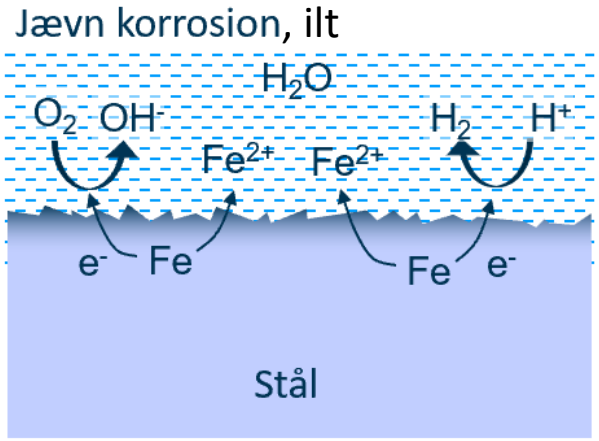
- Inddragelse af kemisk ekspertise i efterforsknings- og designfasen – herunder anvendelse af modelberegninger og evt. laboratorietests

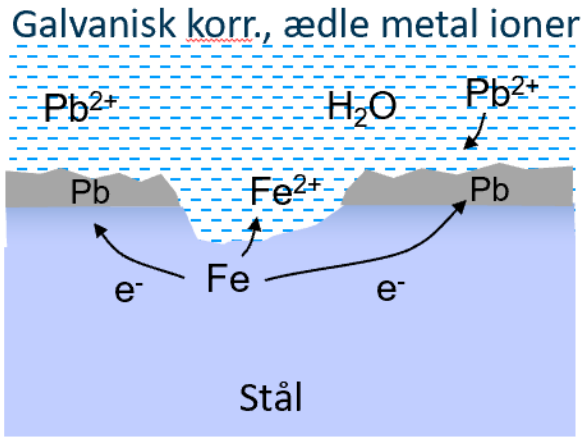
Korrosion

Udfordring:

- Korrosion ødelægger installationer
- Korrosionsprodukter kan forårsage tilstopning

Glødeskal falder af som rustflager





Figurer fra Troels Mathiesen, FORCE

Løsninger:

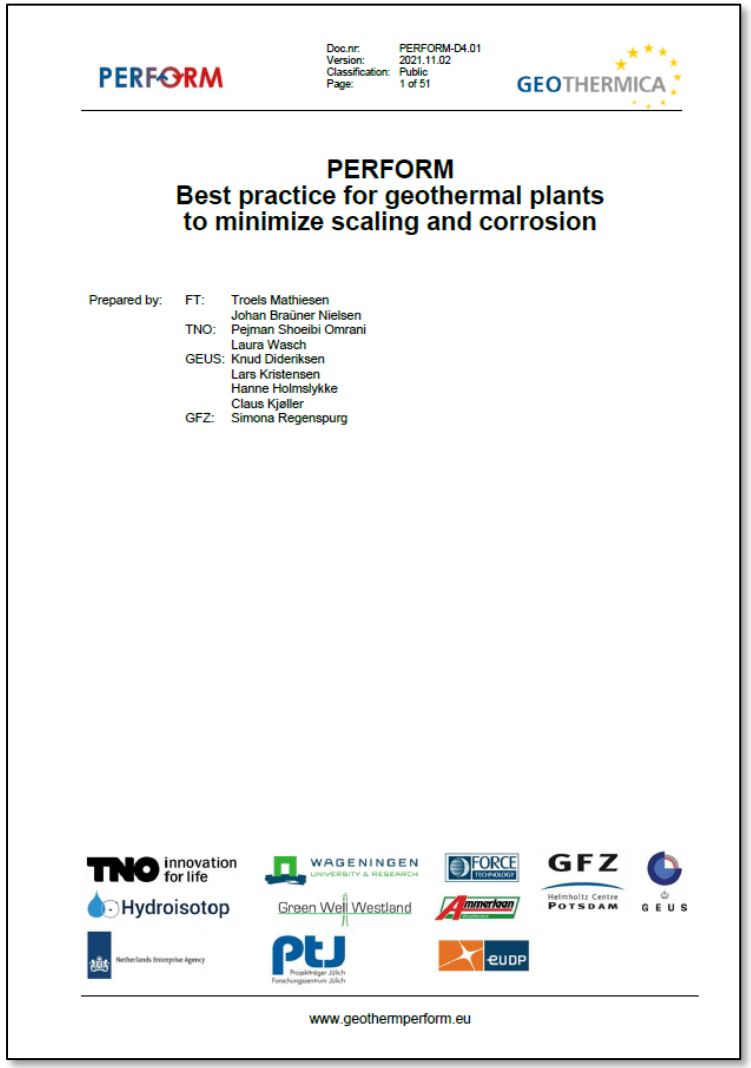
- Omhyggeligt materialevalg
- Undgå iltindtrængning
- Undgå glødeskalsrester
- Anvendelse af kationfiltre – udvikling påbegyndt i PERFORM
- H_2S – filter – udviklet i PERFORM

Forudsætninger for valg af den bedste løsning:

- Inddragelse af kemisk ekspertise og korrosionsekspertise i designfasen – herunder evt. laboratorietests

Muligheder for at undgå driftudfordringer i efterforskningsfasen

- Kemien af det geotermale vand en nøgleparameter
- Muligheder for vurdering uden eksakte data
- Muligheder for vurderinger med eksakte data



PERFORM

Doc.nr: PERFORM-D4.01
Version: 2021.11.02
Classification: Public
Page: 1 of 51

GEOTHERMICA

PERFORM
Best practice for geothermal plants to minimize scaling and corrosion

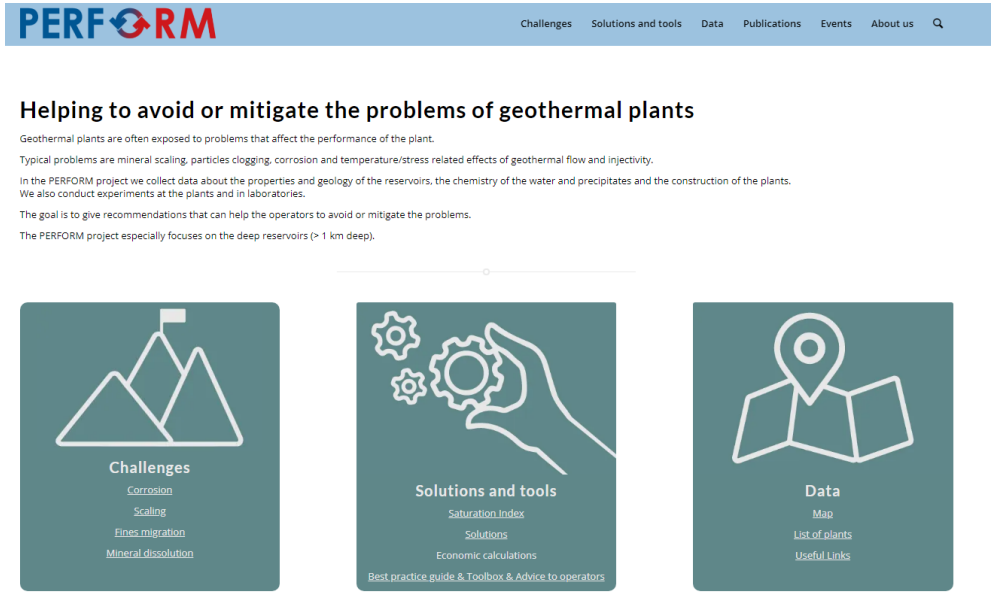
Prepared by:
FT: Troels Mathiesen, Johan Braüner Nielsen
TNO: Pejman Shoeibi Omrani, Laura Wasch
GEUS: Knud Dideriksen, Lars Kristensen, Hanne Holmslykke, Claus Kjøller
GFZ: Simona Regenspurg

www.geothermperform.eu

Muligheder for at undgå driftudfordringer i efterforskningsfasen

- Kemien af det geotermale vand en nøgleparameter
- **Muligheder for vurdering uden eksakte data**
- Muligheder for vurderinger med eksakte data

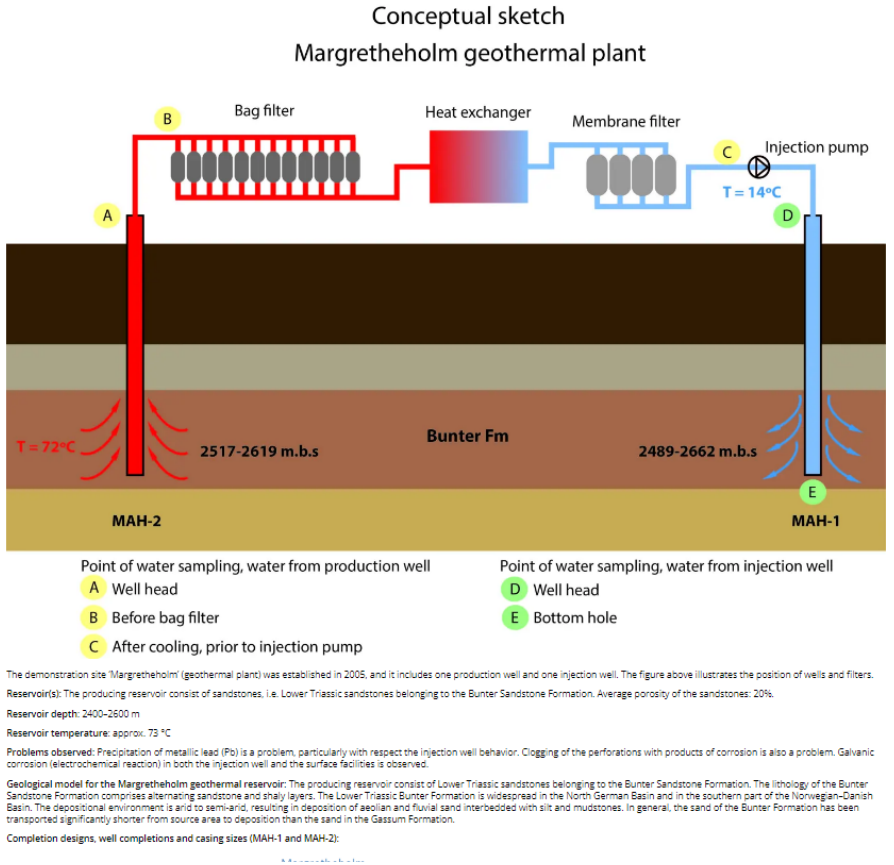
PERFORM - https://www.geothermperform.eu/



Muligheder for at undgå driftudfordringer i efterforskningsfasen

- Kemien af det geotermale vand en nøgleparameter
- **Muligheder for vurdering uden eksakte målinger**
- Muligheder for vurderinger med eksakte målinger

PERFORM - https://www.geothermperform.eu/



Muligheder for at undgå driftudfordringer i efterforskningsfasen

PERFORM - https://www.geothermperform.eu/

Conceptual sketch
Margretheholm geothermal plant

The demonstration site 'Margretheholm' (geothermal plant) was established in 2005, and it includes one production well and one injection well. The figure above illustrates the position of wells and filters.

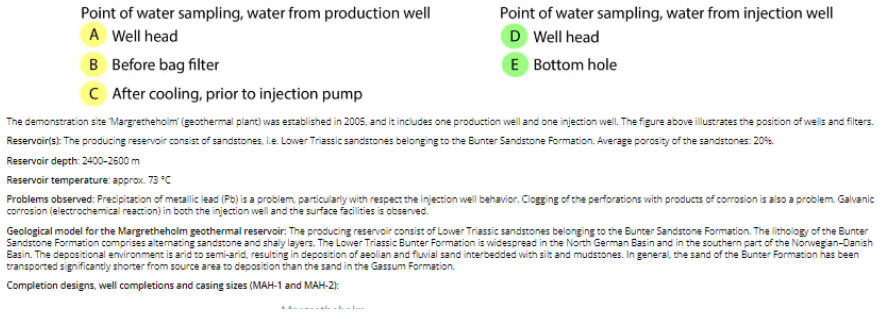
Reservoir(s): The producing reservoir consist of sandstones, i.e. Lower Triassic sandstones belonging to the Bunter Sandstone Formation. Average porosity of the sandstones: 20%.

Reservoir depth: 2400–2600 m

Reservoir temperature: approx. 73 °C

Problems observed: Precipitation of metallic lead (Pb) is a problem, particularly with respect the injection well behavior. Clogging of the perforations with products of corrosion is also a problem. Galvanic corrosion (electrochemical reaction) in both the injection well and the surface facilities is observed.

Geological model for the Margretheholm geothermal reservoir: The producing reservoir consist of Lower Triassic sandstones belonging to the Bunter Sandstone Formation. The lithology of the Bunter Sandstone Formation comprises alternating sandstone and shaly layers. The Lower Triassic Bunter Formation is widespread in the North German Basin and in the southern part of the Norwegian–Danish Basin. The depositional environment is arid to semi-arid, resulting in deposition of aeolian and fluvial sand interbedded with silt and mudstones. In general, the sand of the Bunter Formation has been transported significantly shorter from source area to deposition than the sand in the Gassum Formation.



The demonstration site 'Margretheholm' (geothermal plant) was established in 2005, and it includes one production well and one injection well. The figure above illustrates the position of wells and filters.

Reservoir(s): The producing reservoir consist of sandstones, i.e. Lower Triassic sandstones belonging to the Bunter Sandstone Formation. Average porosity of the sandstones: 20%.

Reservoir depth: 2400–2600 m

Reservoir temperature: approx. 73 °C

Problems observed: Precipitation of metallic lead (Pb) is a problem, particularly with respect the injection well behavior. Clogging of the perforations with products of corrosion is also a problem. Galvanic corrosion (electrochemical reaction) in both the injection well and the surface facilities is observed.

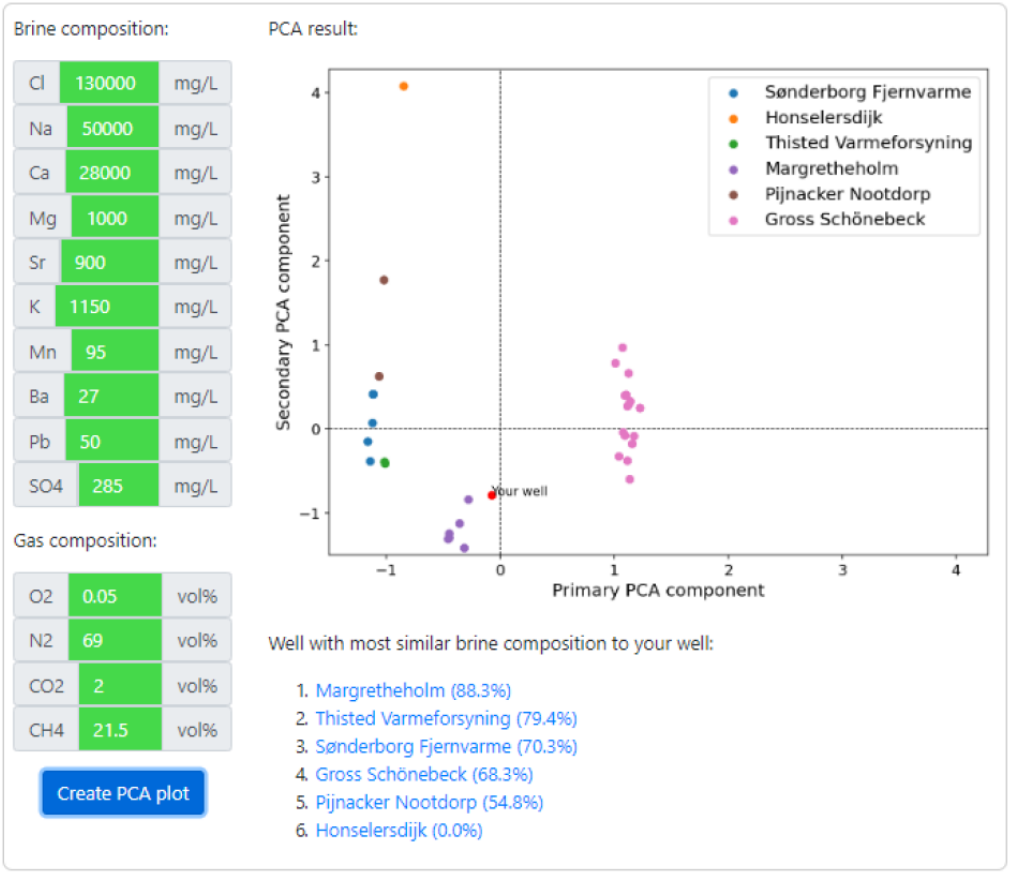
Geological model for the Margretheholm geothermal reservoir: The producing reservoir consist of Lower Triassic sandstones belonging to the Bunter Sandstone Formation. The lithology of the Bunter Sandstone Formation comprises alternating sandstone and shaly layers. The Lower Triassic Bunter Formation is widespread in the North German Basin and in the southern part of the Norwegian–Danish Basin. The depositional environment is arid to semi-arid, resulting in deposition of aeolian and fluvial sand interbedded with silt and mudstones. In general, the sand of the Bunter Formation has been transported significantly shorter from source area to deposition than the sand in the Gassum Formation.

Completion designs, well completions and casing sizes (MAH-1 and MAH-2):

Muligheder for at undgå driftudfordringer i efterforskningsfasen

- Kemien af det geotermale vand en nøgleparameter
- Muligheder for vurdering uden eksakte data
- **Muligheder for vurderinger med eksakte data**

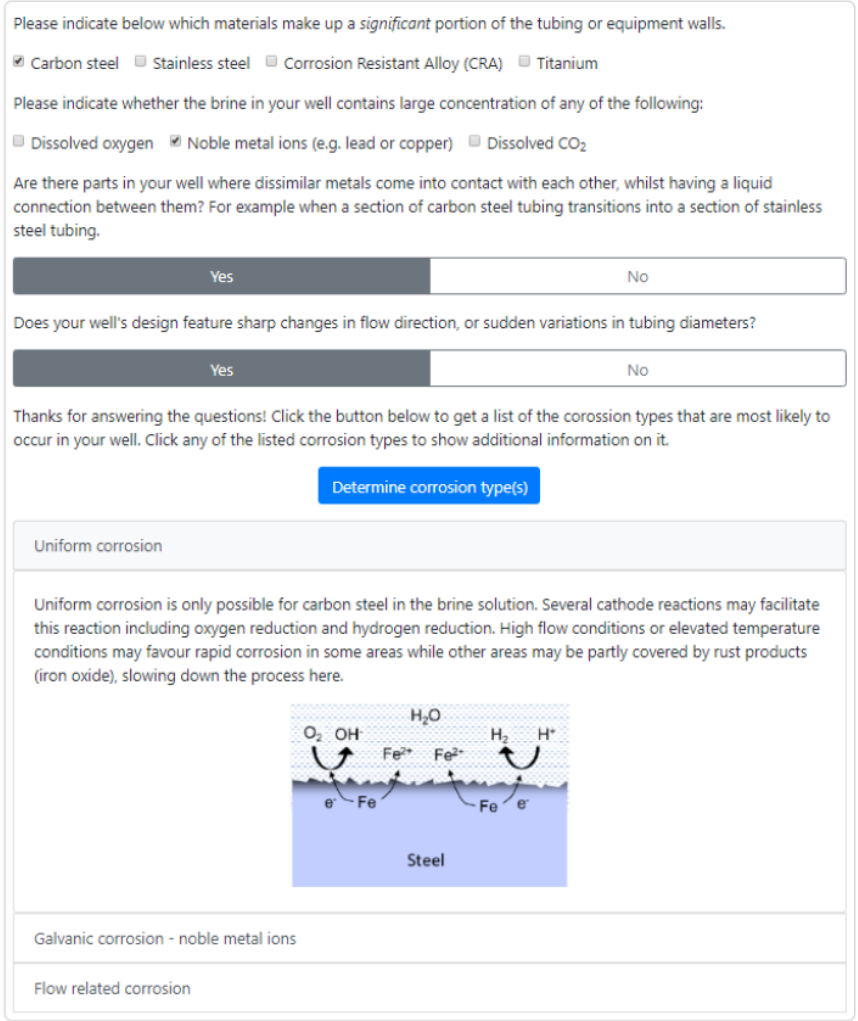
PERFORM - https://www.geothermperform.eu/



Muligheder for at undgå driftudfordringer i efterforskningsfasen

- Kemien af det geotermale vand en nøgleparameter
- Muligheder for vurdering uden eksakte data
- **Muligheder for vurderinger med eksakte data**

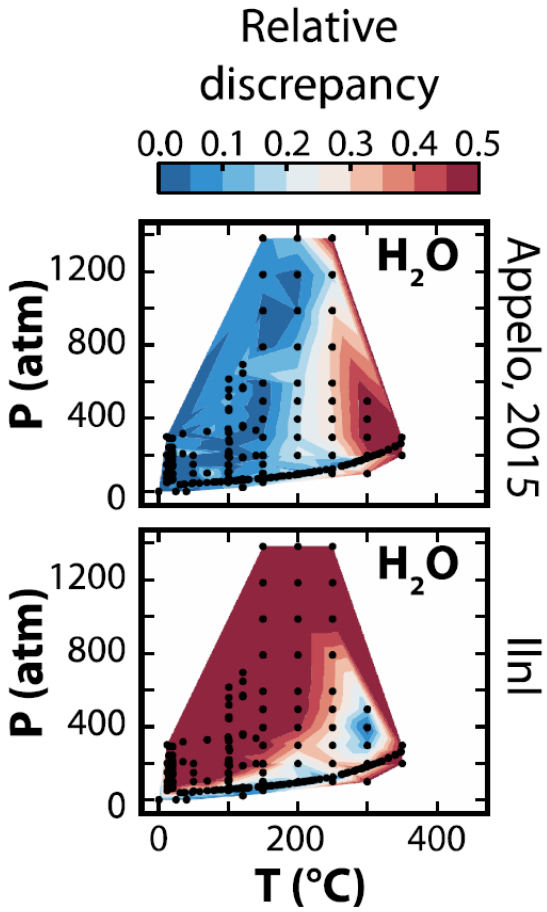
PERFORM - https://www.geothermperform.eu/



Muligheder for vurderinger med eksakte data – geokemiske beregninger

- Beregninger af risiko for **scaling** eller **opløsning af vigtige mineraler i reservoiret** (den sidste synes dog ikke at være en stor udfordring på det eksisterende vidensgrundlag)
- Herunder valg af databaser (for den erfarne modellør)

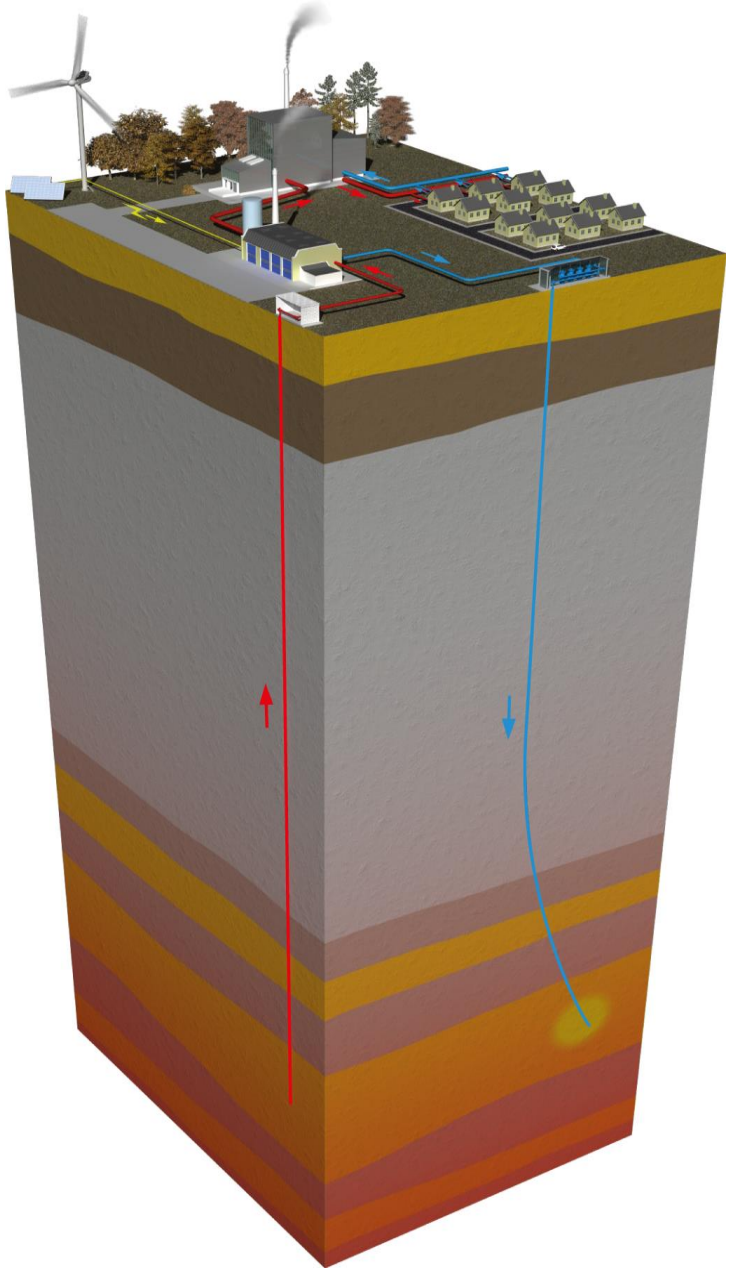
PERFORM - https://www.geothermperform.eu/



”Take home”

- Jo mere vi investerer i at lære og forstå – desto klogere bliver vi på de tekniske risici i geotermi og særligt på at minimere disse

- Ingen deciderede tekniske showstoppere – så længe der foretages grundige tekniske forundersøgelser og velovervejede beslutninger vedrørende fx materialevalg



Tak for opmærksomheden !

GEOTHERM - https://dybgeotermi.geus.dk/geotherm/

PERFORM - https://www.geothermperform.eu/

- bliver inden udgangen af 2021 opdateret med de nævnte værktøjer.