



# **Sprickor i berg – vad gör det**

## **Geoenergi och spricksystem, grundvatten**

Geoenergidagen 2014

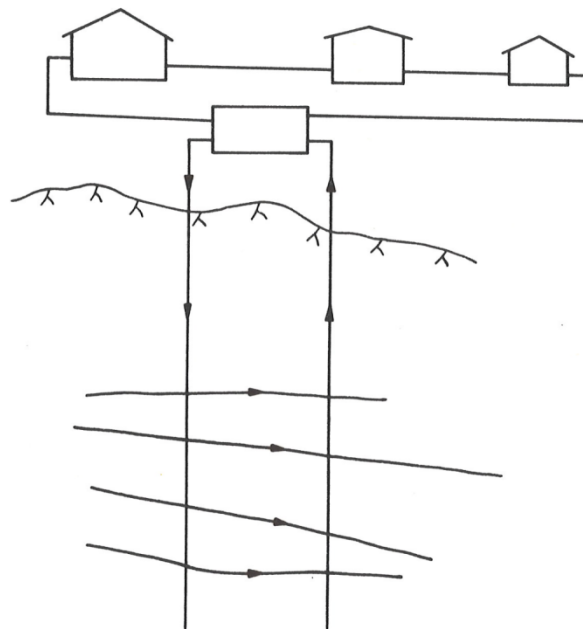
Peter Wilén

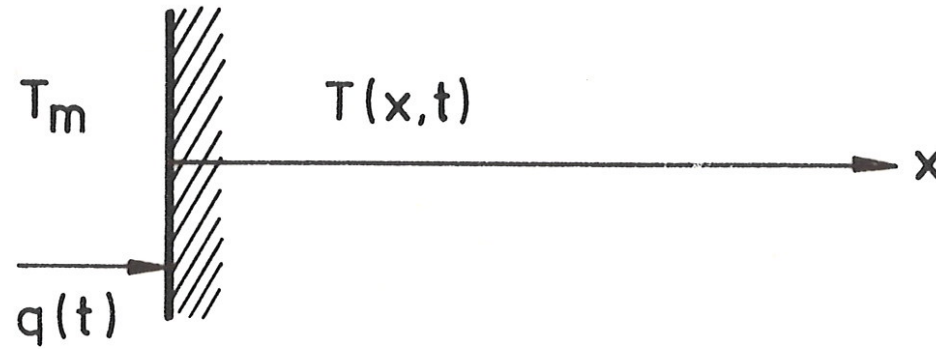
## Grundvattnets betydelse för värmeuttag i geoenergisystem:

- Principer för värmeuttag (kyla) i geoenergibrunnar och grundvattenvärme
- Spricksystem i berggrunden
- Bidrag från grundvattnet till geoenergisystem
- Vad är ett borrhål
- Hydrauliska förhållanden i spricksystem i berg
- Bidrag från grundvattenflöde i geoenergibrunnen
- Design - utförande

## Principer för värmeuttag i borrhål

- Värmeledning - Termisk konduktivitet i berget
- Öppet system – grundvattenvärme
- Grundvattnets påverkan på värmeuttaget - direkt och indirekt





Figur 3.2 Endimensionellt värmeflöde i halvoändlig omgivning. Föreskriven konstant temperatur  $T_m$  vid  $x = 0$ .

$$q(t) = \lambda(T_m - T_0) \frac{1}{\sqrt{\pi \alpha t}} \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.1)$$

Värmetransporten till en spricka blir  $2q(t)$

Exempel på modellering, Dehkordi, Schincariol 2013.  
Uttagstemperatur med ( $1 \cdot 10^{-6}$  m/s) och utan (0 m/s)  
grundvattenflöde

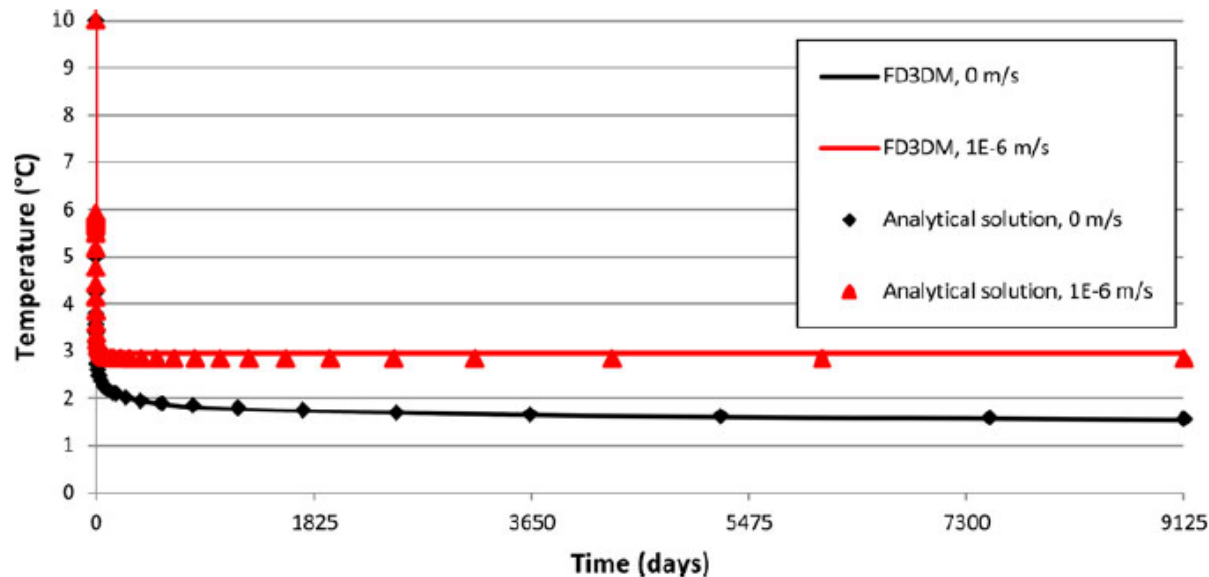


Fig. 2 Loop outlet temperatures by the *FD3DM* model vs. the *analytical solution* under no groundwater flow and  $10^{-6}$  m/s groundwater flux ( $3 \times 10^{-6}$  m/s groundwater velocity)

Exempel på modellering, Dehkordi, Schincariol 2013.  
 Uttagstemperatur med varierande grundvattenflöde och utan (0 m/s) grundvattenflöde

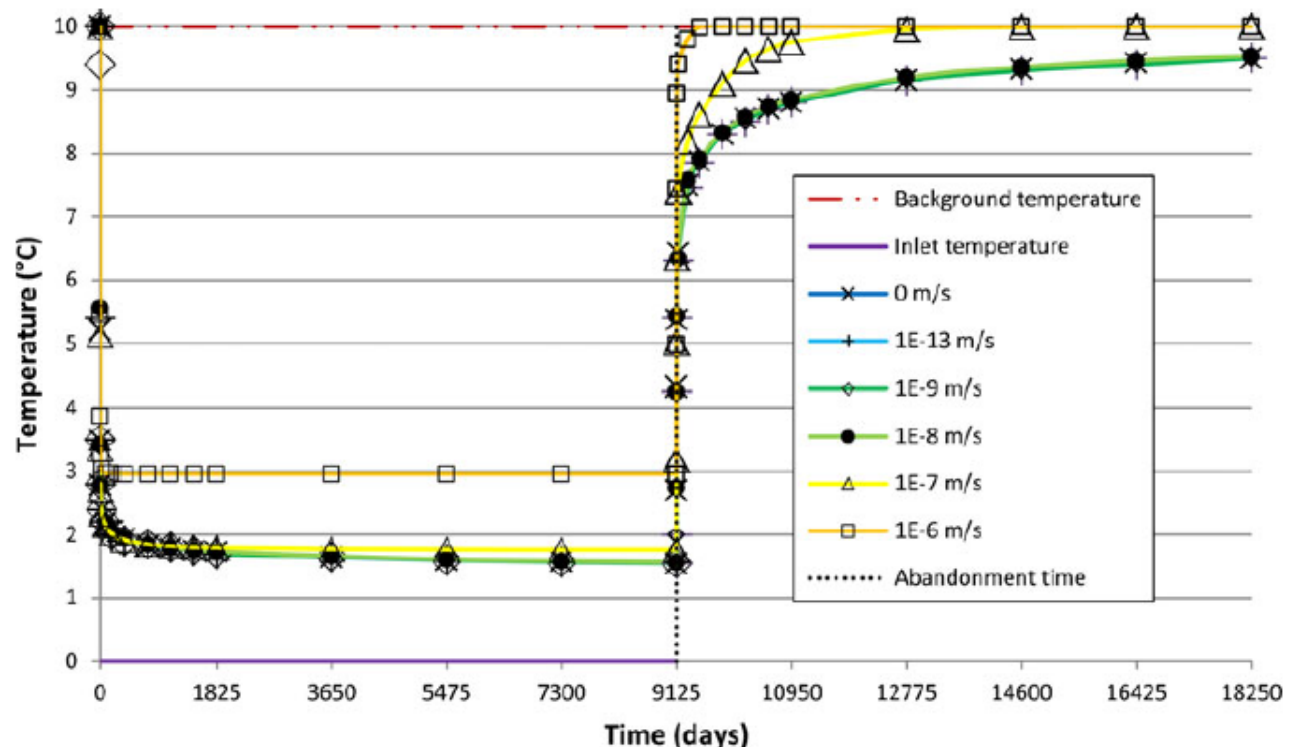


Fig. 5 Loop outlet temperature vs. time under various groundwater fluxes during operation and after abandonment

# Spricka nära borrhål – termisk påverkan

Exempel - vertikal spricka på 5 m avstånd från borrhål  
Modellering: Dehkordi, Olofsson, Schincariol 2014

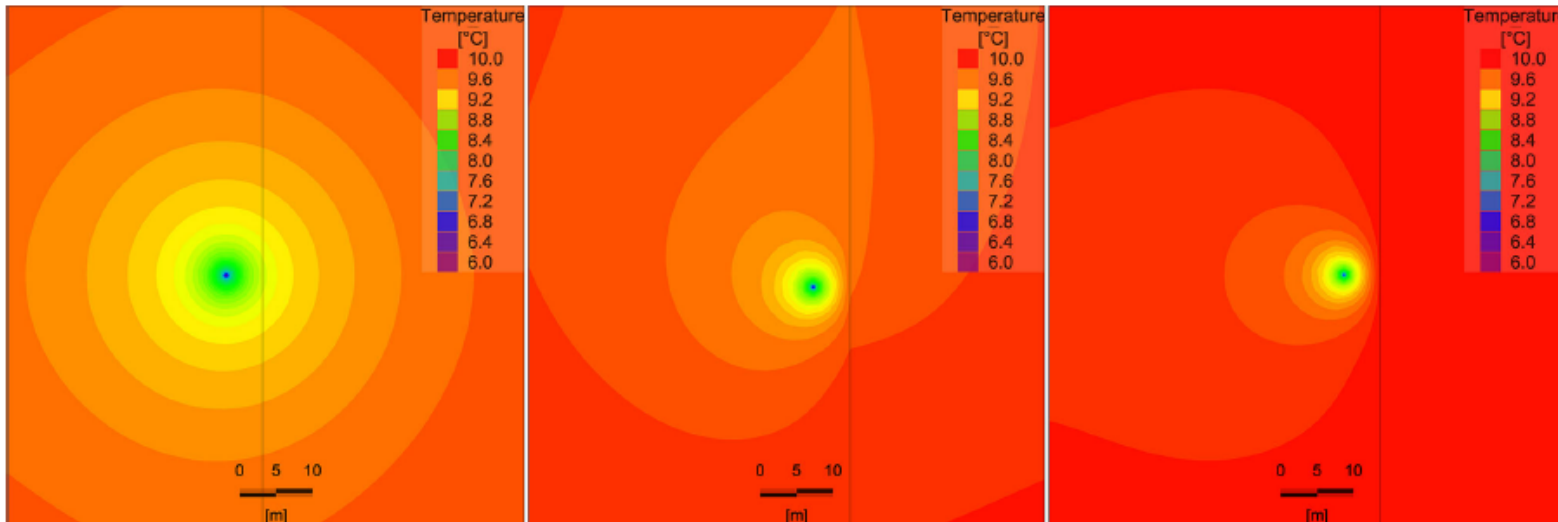
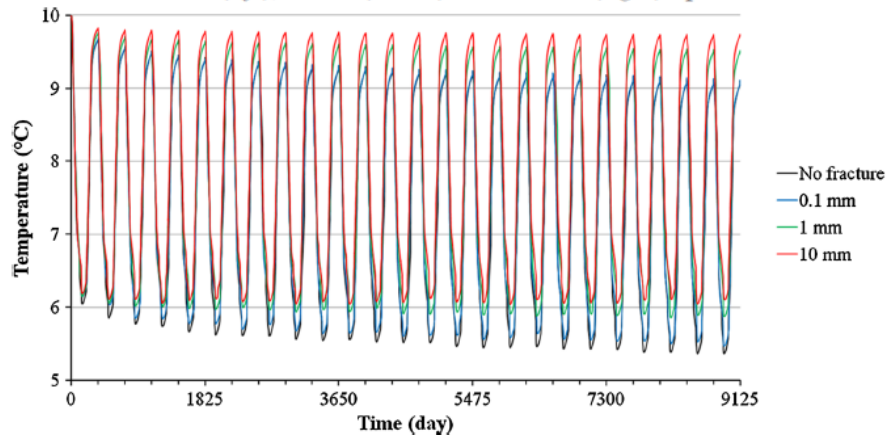
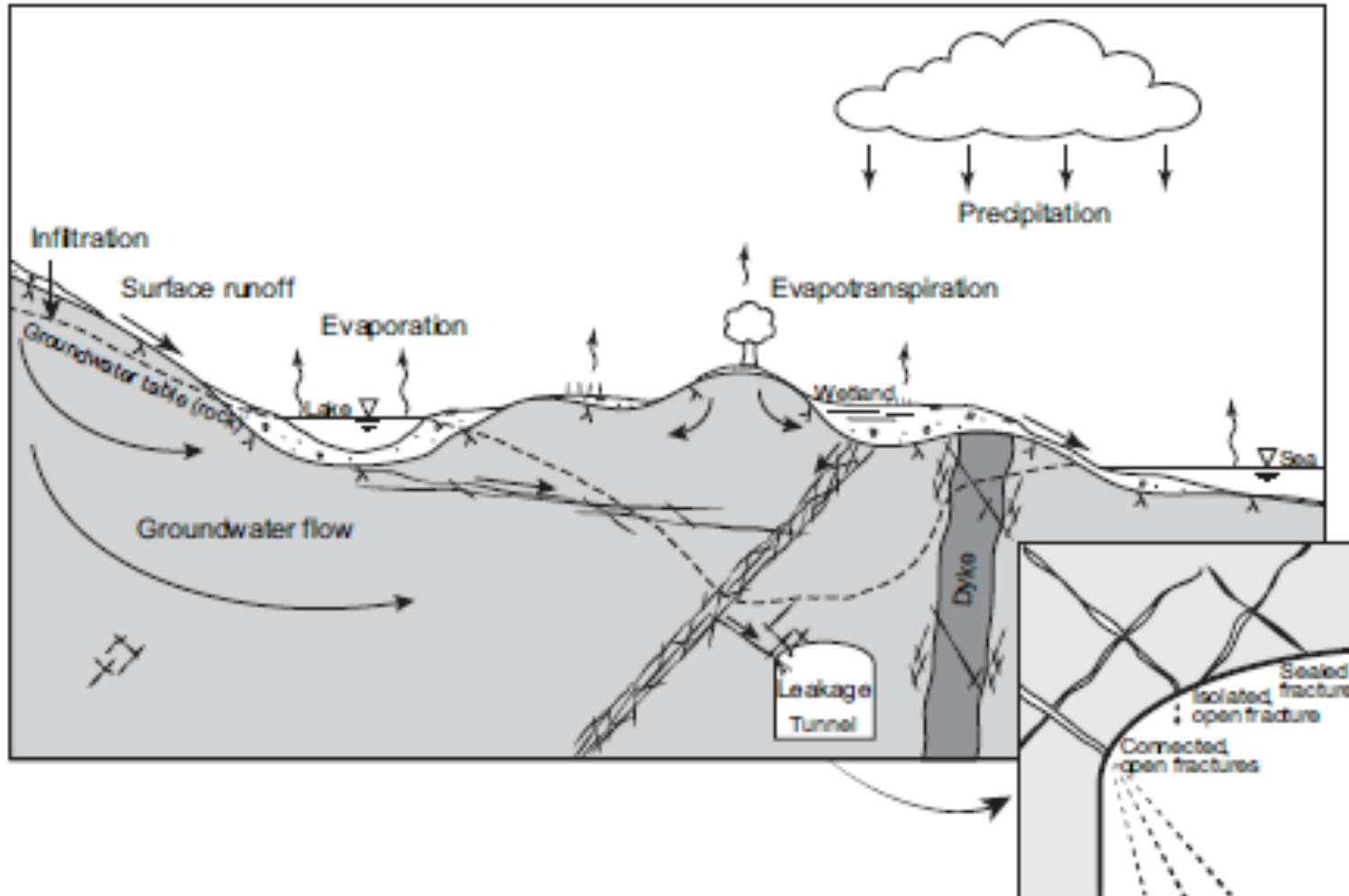


Fig. 5 Thermal plume with a 0.1-mm (left), 1-mm (centre) and 10-mm (right) open vertical fracture located at 5 m from the BHE



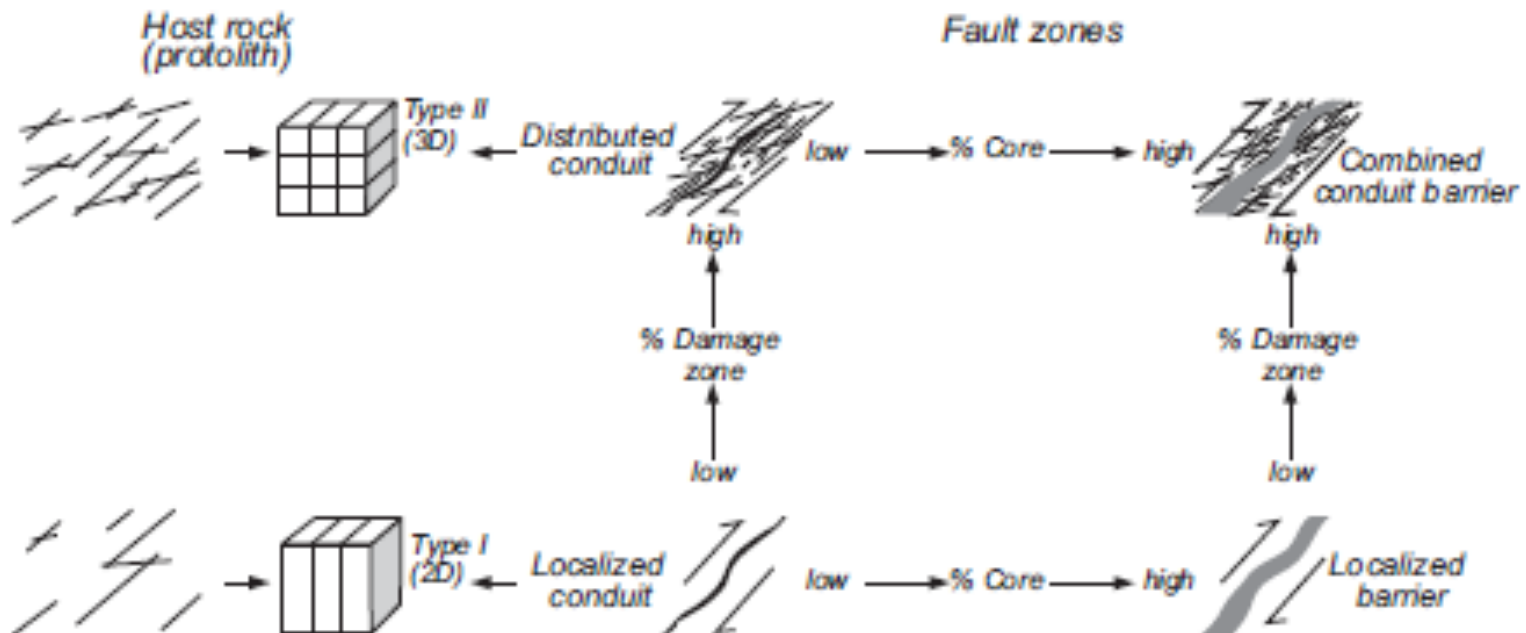
# Hydrauliska förhållanden i bergsprickor



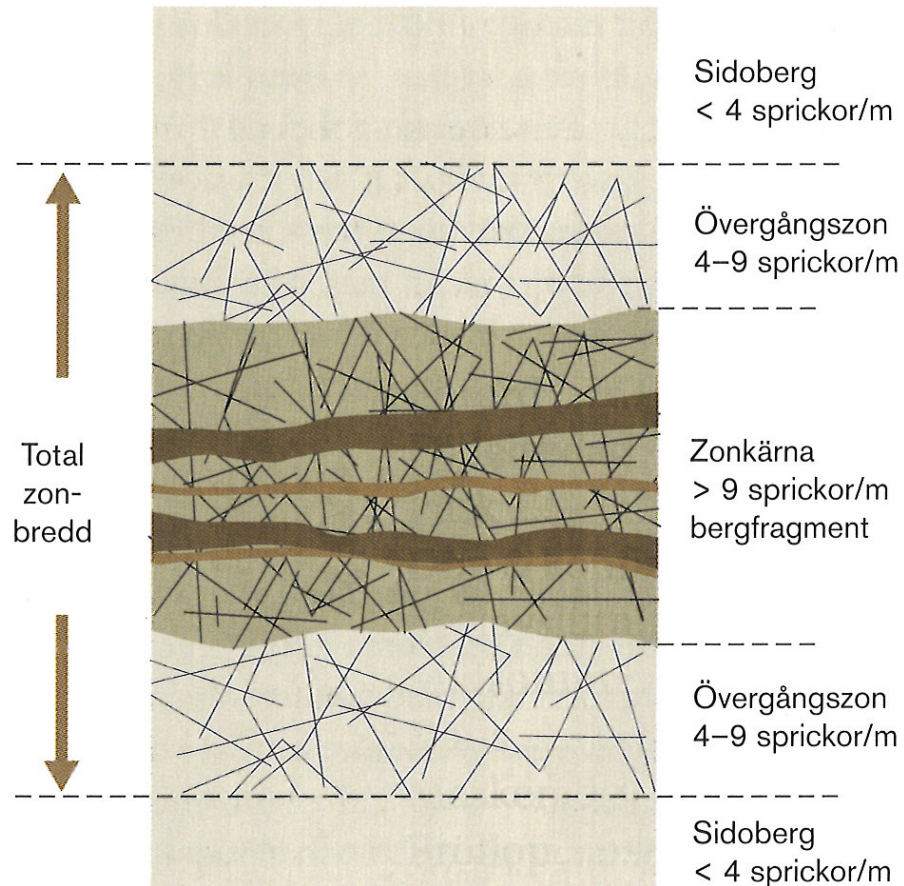


# Hydrauliska förhållanden i bergsprickor

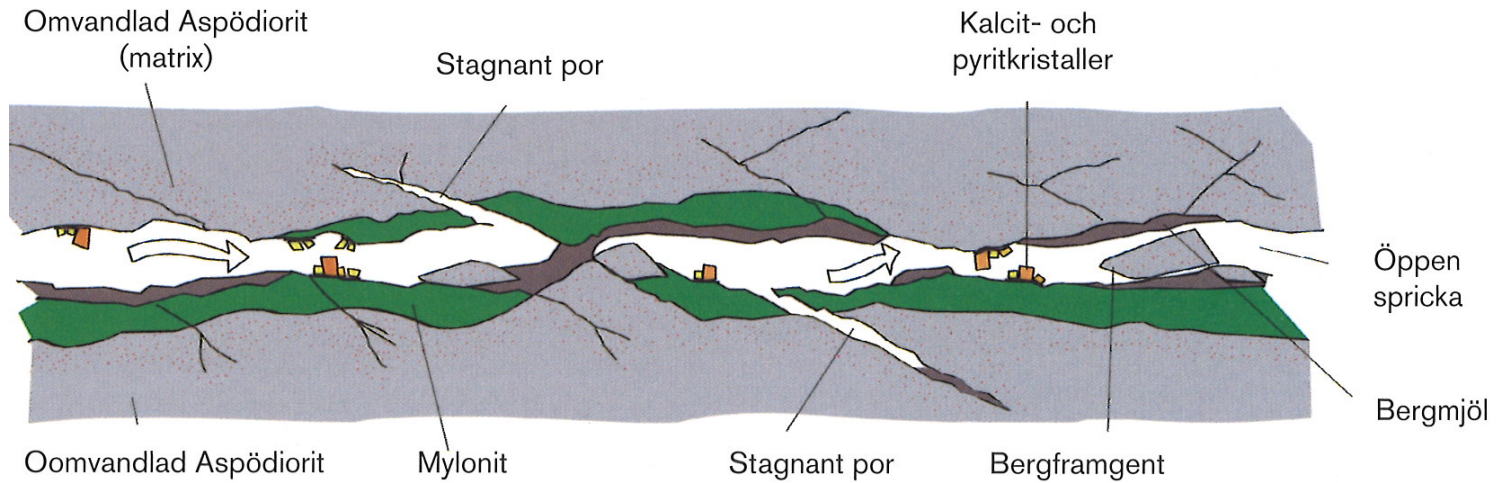
1. "Homogen bergmassa"
2. Förkastningar (Fault zones)
3. Zoner
4. Bankningsplan
5. Spänningsbilden - tensionssprickor

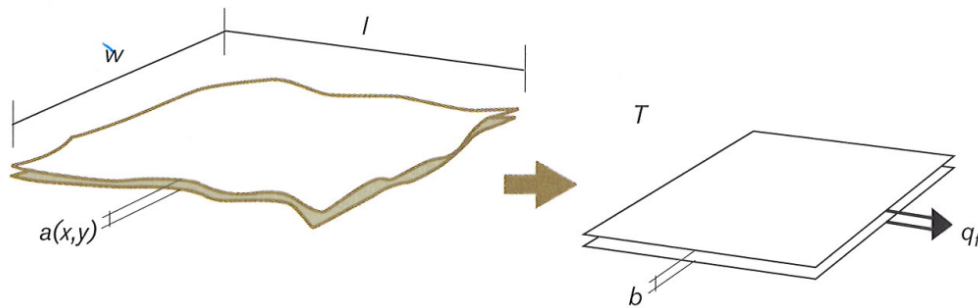


## Spricksystem i zoner

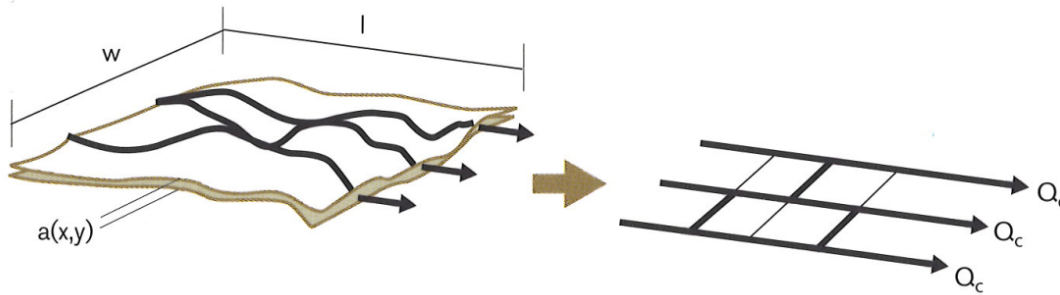


## Flöden i sprickan





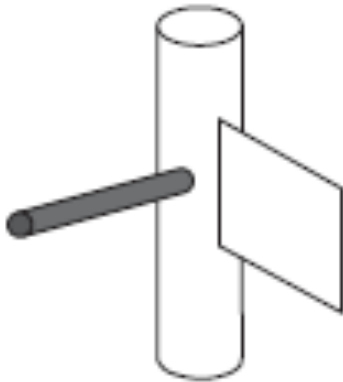
Figur 3.3. Sprickan som tvådimensionell grundvattenledare.



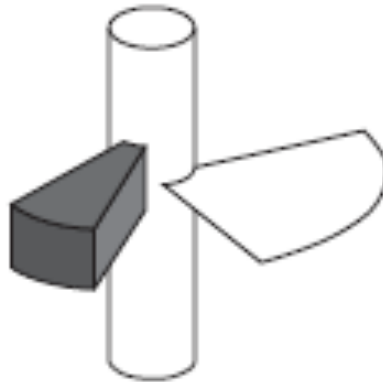
Figur 3.4. Kanalflöden.

1. Kanalströmning – 1D sprickor
2. "plana sprickor" – 2D flöde
3. Spricksystem - 3D flöde

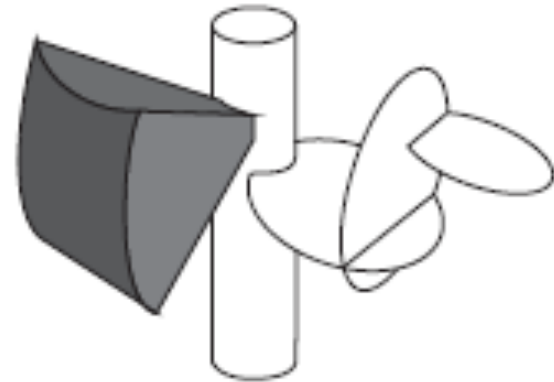
Linear flow, 1D



Radial flow, 2D



Spherical flow, 3D



Grundvattenflödets fördelning i ett borrhål  
Fracture Transmissivity distribution  
(Spricktransmissivitetsfördelning)

Hydraulisk konduktivitet  $K$  (m/s)

Transmissivitet för borrhål ( $m^2/s$ )

Transmissivitet för sprickor ( $m^2/s$ )

## Vad är ett borrhål?

1. Vad händer i bergets spricksystem när vi borrar ett vertikalt hål?
2. Hydraulisk gradienter
3. Energiinnehåll i grundvattenflödet?
4. Grundvattenflöde som passerar genom borrhålet
5. Hydraulisk störning (uttagsbrunn, närliggande tunnel, naturlig slänt)

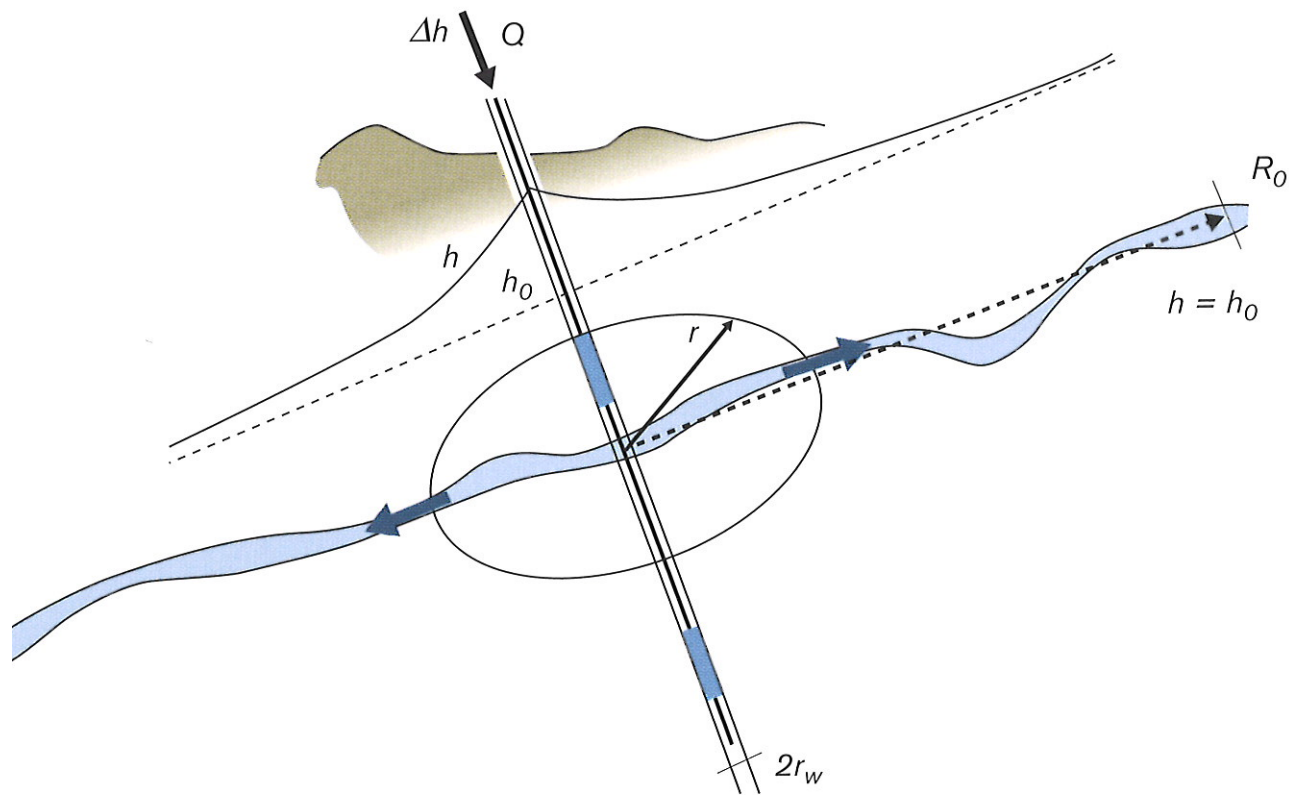
## Energitillskott

1. Inducerat grundvattenflöde längs borrhålet via naturliga spricksystem - Hydraulisk gradient längs borrhålet
2. Hydraulisk störning i geoenergibrunnens närhet, uttagsbrunn eller tunnel, berggrum – hydraulisk gradient i omgivningen

1 kan innebära grundvattenflöde genom borrhålet som kan innebära påtagligt energitillskott – högre uttagstemperaturer  
2 ger sannolikt mindre energitillskott om inte det är kombinerat med 1



# Hydraulisk störning i borrhålet



Hydrauliska störning – initiering av hydrauliska gradienter

1. Borrning av hålet – kortsluter hydrauliska enheter
2. Närliggande uttagsbrunn för vattenförsörjning
3. Tunnel, bergrum

Innebär tillförsel av energi – medium är vatten som har en hög värmekapacitet.

Exempel på energitillskott

Förenklad tumregel:  $Q = T * dH$  (dH = 5 m)

T (m <sup>2</sup> /s)	Δt (°C)	Q ( m <sup>3</sup> /h)	P (kW)
1*10 <sup>-4</sup>	2	1,8	4
1*10 <sup>-5</sup>	4	0,18	0,8

I en geoenergibrunn med ett effektuttag av 8 kW kan grundvattnet under mycket gynnsamma förhållanden (grundvattenflöde genom borrhålet) ge ett bidrag på mellan **10-50%** av uttagen energi.

I detta exempel tas inte hänsyn till gångtiden på värmepumpen, vid en kortare gångtid – brunnen kan återhämta sig kan grundvattnets bidrag vara något högre.

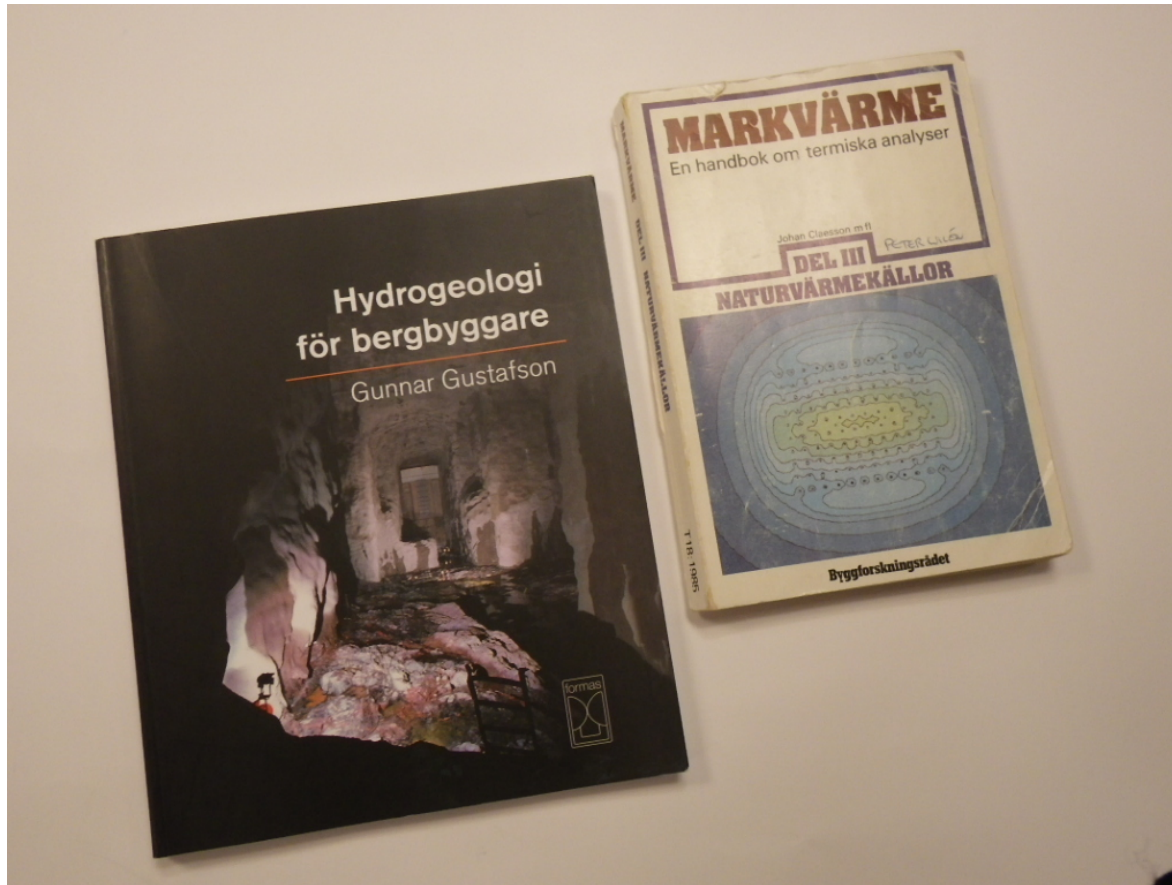
Hur kan man tillgodogöra sig energi från grundvattnet i öppna bergvärmebrunnar (closed loop – ej ingjutet borrhål)

1. Hydraulisk kontakt – både ytligt (bankningsplan) och djupare i borrhålet.
2. Hydraulisk gradient – naturlig eller (effektivare) skapa en hydraulisk gradient.
3. Borrhålsvärmelager kan ev. minska förluster genom att kombinera med att skapa hydrauliska gradienter in mot lagret.
4. Metoder – vanliga bergborring kombinerad med hydraulisk spräckning. Kombinera geoenergibrunn med vattenuttag (kan räcka med små uttag).

Hur kan man bedöma tillskottet – optimera borrhåslängd mht sig energi från grundvattnet i öppna geoenergibrunnar

1. Borrsjunkning under borrhningen – utflöde av vatten under borrhning (görs kanske alltid)
2. Hydraulisk test – slugtest efter att halva och hela hålet är borrh. (Ev. vattenförlustmätning med enkelmanschett på olika djup.)
3. Provpumpning (speciellt i kanske flerhålssystem) med nivåmätning i omkringliggande brunnar.
4. Frysning kan vara kritiskt – fryser hålet helt ihop under uppvärmningssäsongen – återgår det till ett vanligt geoenergiuttag.

# Mer om vatten i berg o termiska analyser



Hydrogeologi för bergbyggare kan beställas från [www.befoonline.org](http://www.befoonline.org)

**TACK SÅ MYCKET !!**

[peter.wilen@norconsult.com](mailto:peter.wilen@norconsult.com)

070-6611667