

 **NEO ENERGY**

GEOENERGIKOLLEKTORER

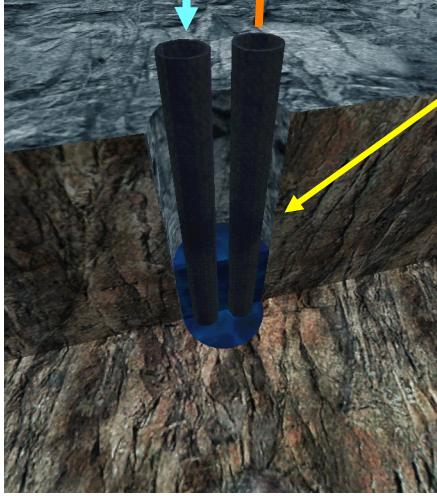
Översikt och utveckling



Göran Hellström
NeoEnergy

Värmeöverföring i bergvärmebrunn

Köldbärare -3 0

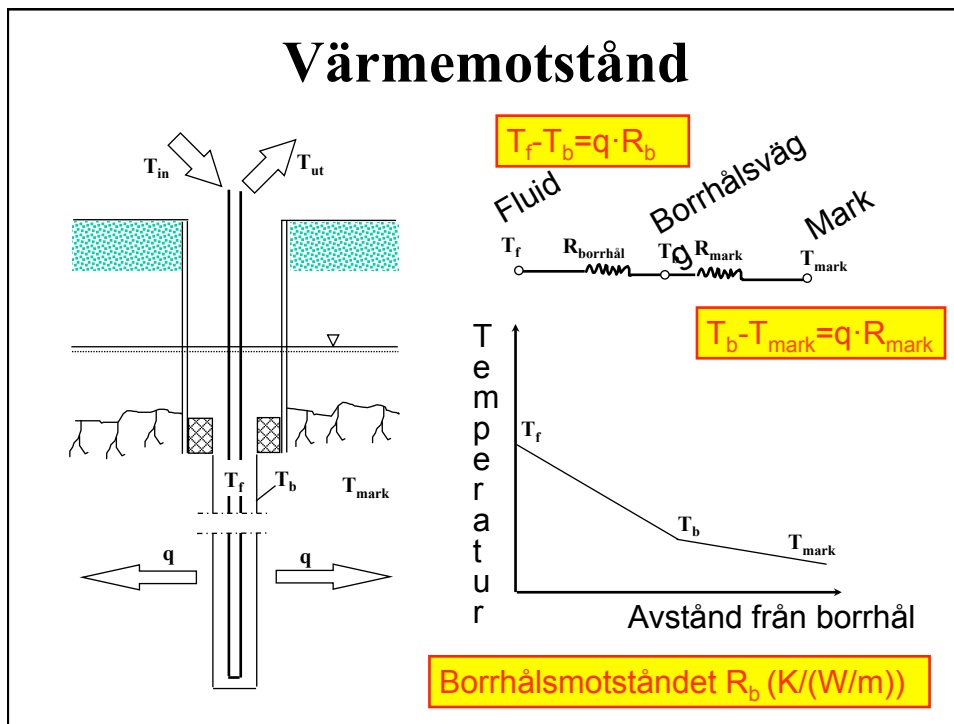


Värmeuttag
40 W/m

Borrhållsvägg
+2,5

Ostörd mark
+8,5

Borrhålet bidrar med 40 % av temperaturskillnaden



Borrhålsvärmväxlare

Köldbärarfluidens temperatur:

$$T_f - T_{mark} = Q \cdot (R_{mark} + R_b) / H$$

- T_f Köldbärarens temperatur
 T_{mark} Markens temperatur
 Q Effekt borrhål (W)
 R_{mark} Markens värmemotstånd (K/(W/m))
 R_b Borrhålmotstånd (K/(W/m))
 H Aktivt borrhålsdjup

För att höja T_f vid värmeuttag alternativt sänka T_f vid värmeförsel

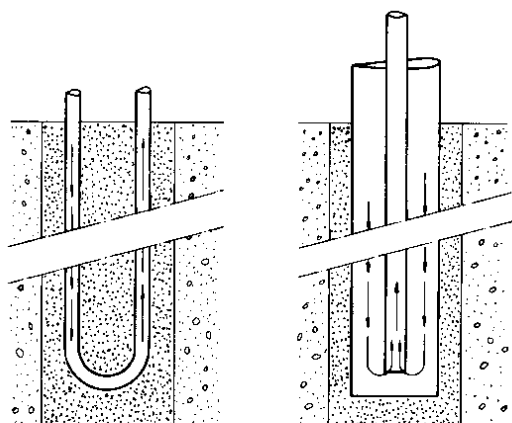
- Minska borrhålmotståndet
- Öka aktivt borrhålsdjup

Borrhålsvärmväxlare

Termisk prestanda

- Utformning
- Köldbärarflöde
- Rörmaterial
- Fyllnadsmaterial

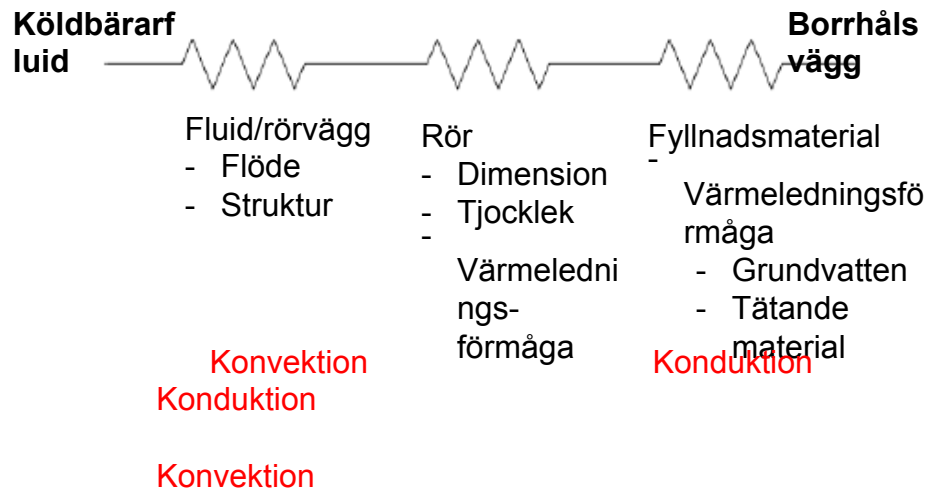
Två grundtyper



U-rör

Koaxial

Värmeöverföring



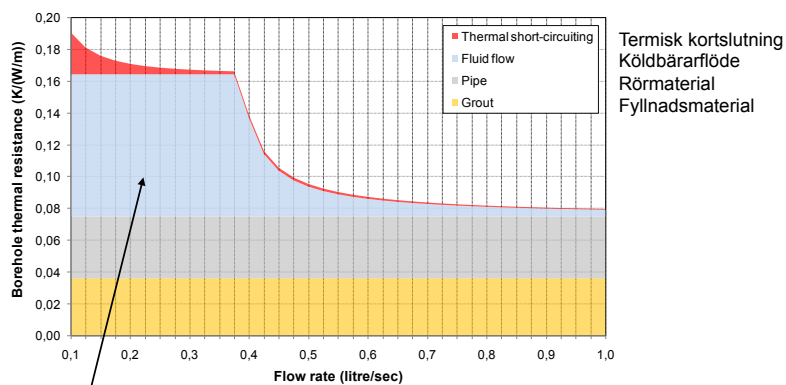
U-RÖR

Enkelt U-rör



Vanligaste typen av borrhålsvärmväxlare –
35 års erfarenhet

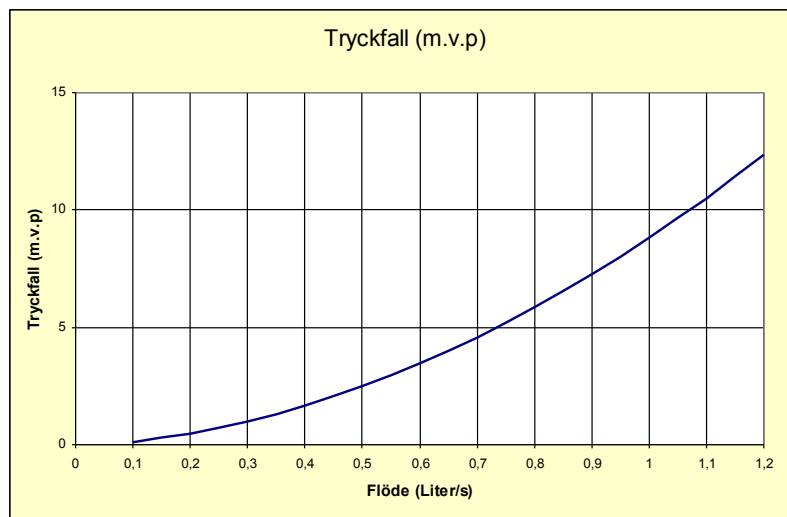
Inverkan av köldbärrflöde



Laminär
strömning

Borehole depth 100 m
Borehole diameter 5 1/2"
Borehole heat exchanger - Single U-pipe using 40 mm PEM SDR-11
Thermal grout - thermal conductivity 2,0 W/m,K
Fluid properties - 28 % ethanol-water solution at 0 C.

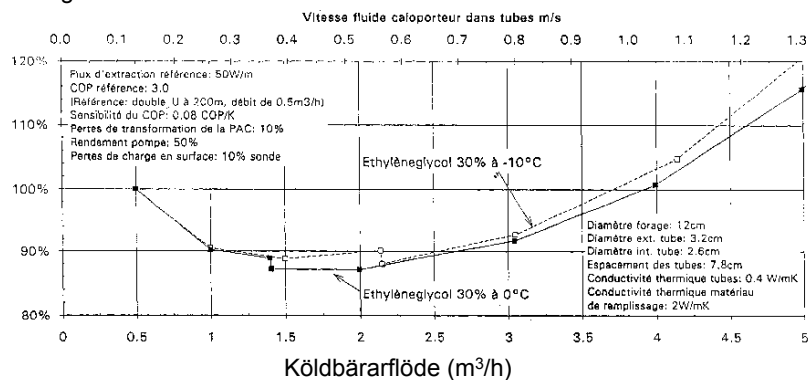
Tryckfall och köldbärarflöde



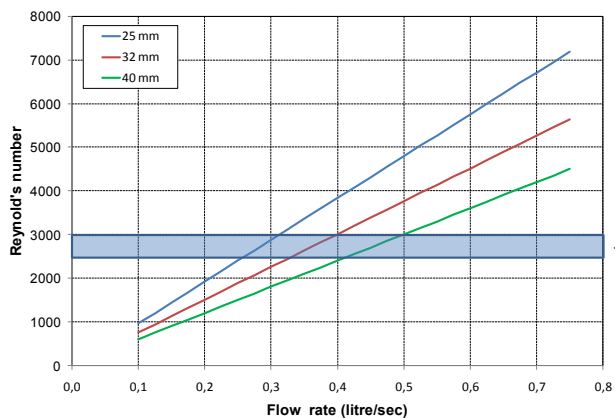
Högre flöde medför större energiförbrukning för

Betydelse av pumpflöde för förbrukning av primäre energi för värmepump och cirkulationspump

Primäre energi



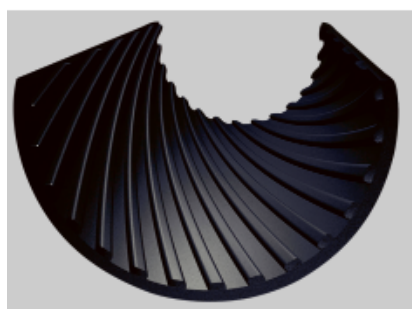
Köldbärrflöde och rörstorlek



Rekommenderat intervall enligt ASHRAE

Kompromiss mellan bra värmeöverföring och lågt pumpeffekt

Stimulering av turbulens



TURBOCOLLECTOR®
BY Muovitech

Struktur på rörets insida för att erhålla turbulens vid låga flöden

Rör med ”tunnare” väggar

Vanliga rörtyper

Värmeledningsförmåga ca 0,40 W/m,K

SDR-11 Tryckklass PN12,5 / PN16

SDR-17 Tryckklass PN8 / PN10

Utveckling mot att öka trycktåligheten (och användningsområdet) för SDR-17

SDR = Diameter/tjocklek

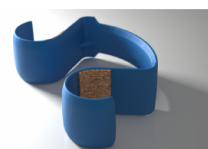
Rör med högre värmeledningsförmåga



- It's a thermally enhanced pipe
- The pipe has a **thermal conductivity of 0,40 BTU/hr ft °F**
 - It's 75% more conductive than conventional HDPE
- The first pipe developed specifically for geothermal closed-loop applications
- Made with PE3608 filled with nano particles of a very highly conductive material to increase the thermal conductivity of the pipe
- It's mechanical properties are adapted to geothermal application

GEOPERFORMX™

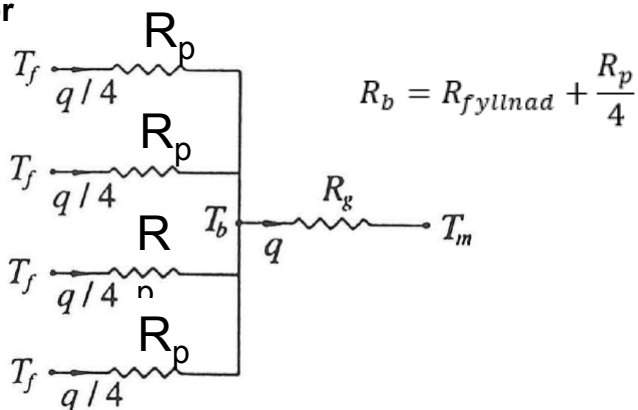
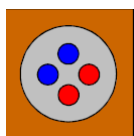
Värmeledningsförmåga 0,70 W/m,K
(Vanliga PEM-rör ca 0,40 W/m,K)



Kanada

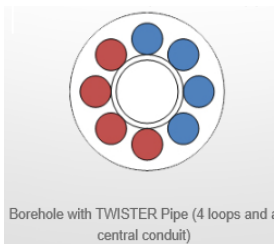
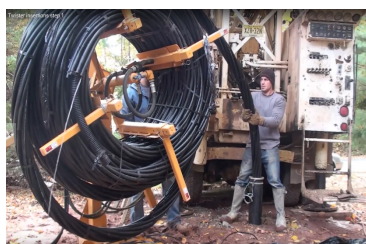
Flera rör

Dubbelt U-rör
(fyr lindad)



Flera rör minskar inverkan rörets värmemotstånd $R_b = R_{fyllnad} + \frac{R_p}{N}$

Borrhålsvärmesväxlare med fyra U-rör



Fyra U-rör spirallindande runt central återfyllnadsrör (USA)

Fyllnadsmaterial

Grundvatten

- Vertikalt flöde i borrhålet mellan olika vattenförande zoner
- Naturlig konvektion i borrhålet
- Stimulering av vattenrörelser via vattenpump
- Stimulering av vattenrörelser via injektion

Tätande material

- Värmeledningsförmåga
- Frystålighet
- Densitet

Fyllnadsmaterial

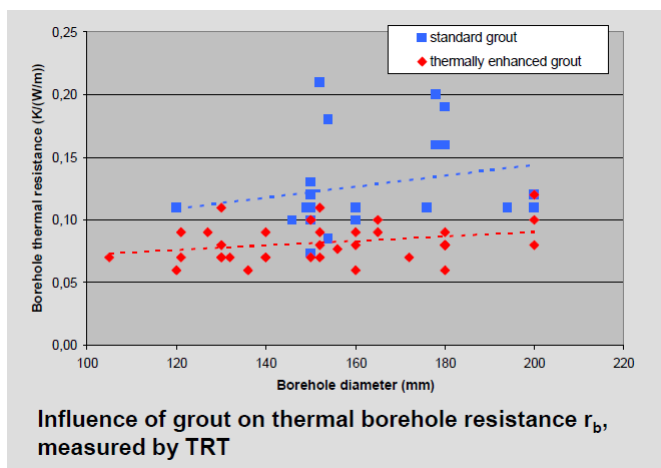
Värmeledningsförmåga

Bentonit m,K	0,7-0,8 W/
Betong W/m,K	0,8-1,2
Bentonit/Kvartssand 1,5-2,0 W/m,K	
Cement/grafit W/m,K	1,8-4,0

Grundvattenfyllda borrhål är att föredra – dessutom billiga

Fyllnadsmaterial

Värmeledningsförmåga

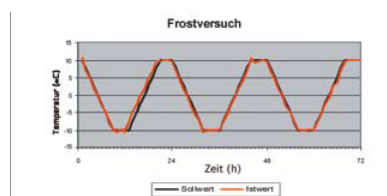


Tyska erfarenheter från TRT-mätningar
Observera att borrhål med mindre diameter har större markmotstånd

Frystålighet

Produktliste A
der in Hamburg als geeignet erachteten Verpresssuspensionen
für den Bau von Erdwärmesonden
mit Frost-Tau-Beanspruchung *

Produktname	Hersteller des Produktes
Calidutherm®	Terra Calidus GmbH
DantoCon Thermal C2H	Dantont A/S
Füllbinder EWM	Schwenk Zement KG
GeoSolid 240 HS	Fischer Spezialbaustoffe GmbH
RaugeoFill rot	REHAU AG + Co.
ThermoCem® basic	HeidelbergCement AG
ThermoCem® PLUS	HeidelbergCement AG




Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt

Tyska krav på
frystålighet

Skänkelavstånd

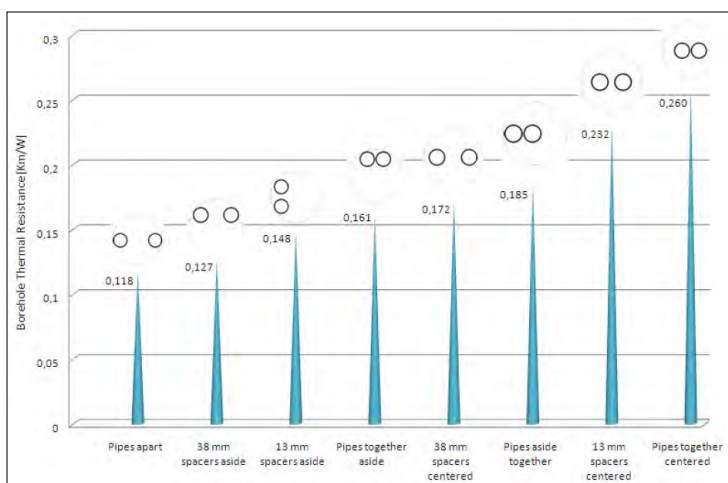
Untersuchung der Sondenrohrpositionen und der Verfüllqualität



Riegger, Solites

Hur inverkar placeringen av U-rörets skänklar?

Skänkelavstånd



Acuna, KTH

Exempel på borrhålmotstånd för olika placering av U-rörets skänklar

Skänkelavstånd

Ziel: Untersuchung der Sondenrohrpositionen in Abhängigkeit des Einsatzes von Abstandshaltern (AH) oder Zentrierhilfen (ZH) bei verschiedenen Bohrlochdurchmessern



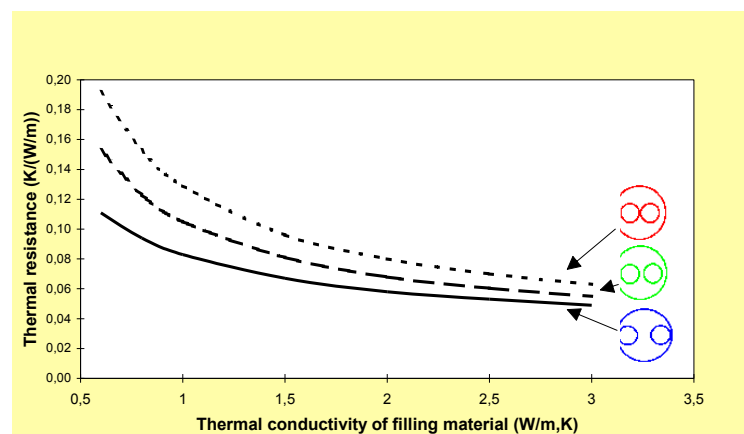
Distanshållare



Centreringsring

Bild:
Müller VHF

Inverkan av skänkelplacering och fyllnadsmaterial



Enkelt U-rör

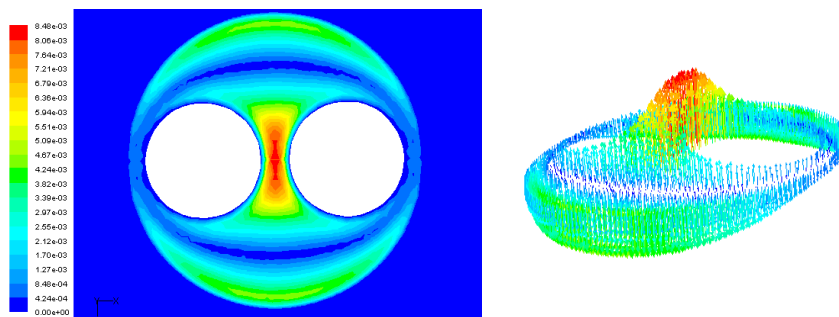
Grundvattenfyllda borrhål

Vattenrörelser

- Mellan slang och borrhålsvägg
- Vertikalt i borrhål

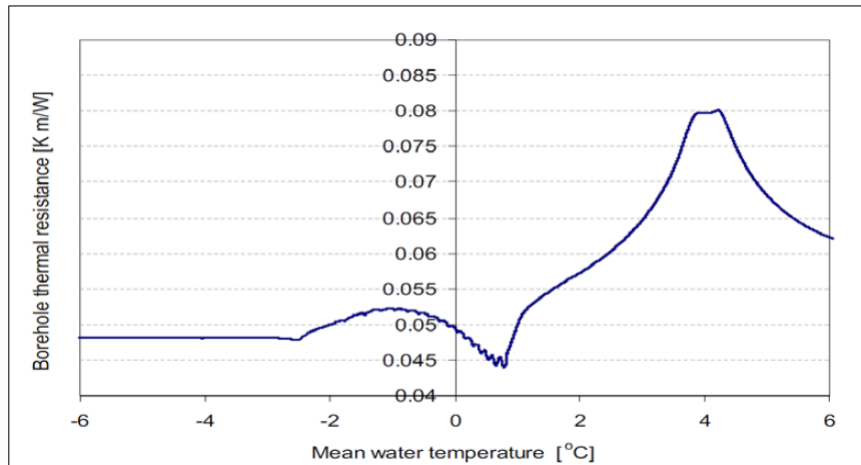
Observerat vid mätningar i fält,
laboratorium och verifierat med
teoretiska metoder

Naturlig konvektion i borrhål



Vattenhastighet i grundvattenfyllda borrhål vid
tillförsel av värme

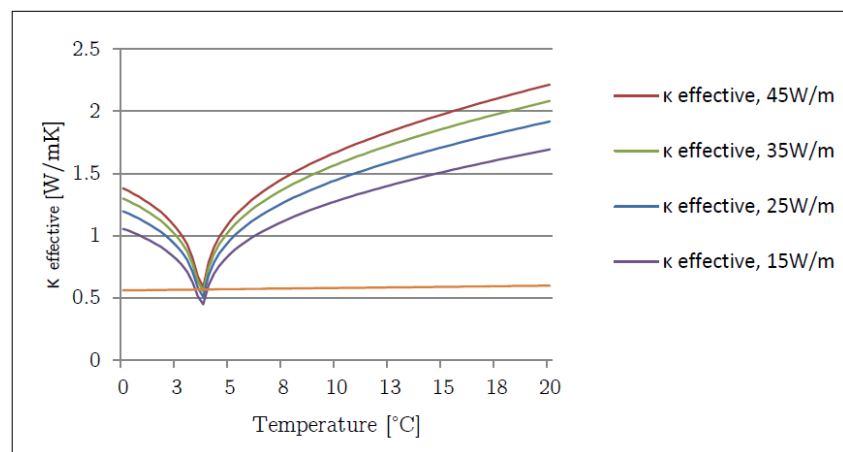
Grundvattenfyllda borrhål



Gustafsson, LTU

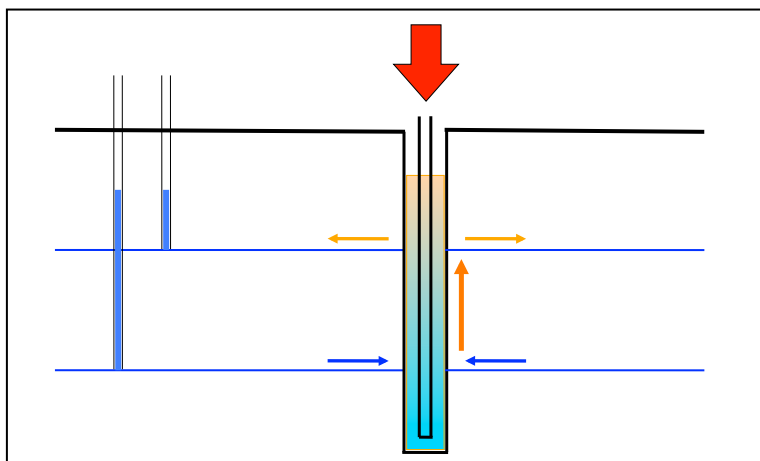
Inverkan av naturlig konvektion vid värmuttag

Grundvattenfyllda borrhål

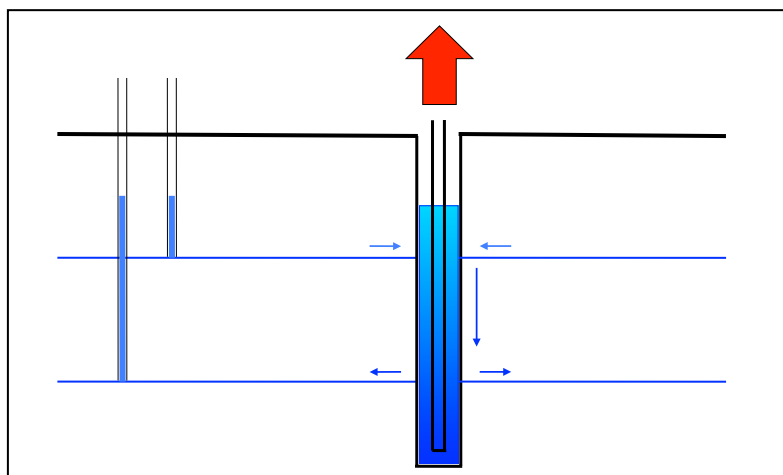
Schwencke ,
NTU

Effektiv värmeledningsförmåga i grundvattenfyllda borrhål vid olika effekt och temperatur

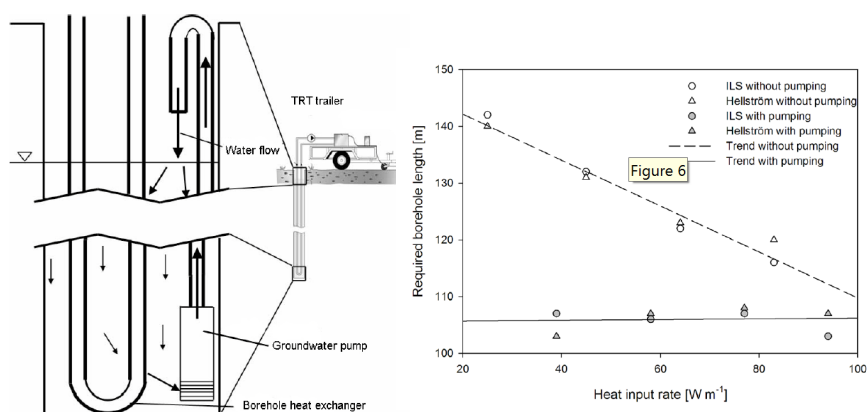
Termisk hävert - värmeföresel



Termisk hävert - värmeuttag



Stimulering av konvektion



Liebel,
NGU

Stimulering av vattenrörelser i borrhålet genom pumpning av grundvattnet

Stimulering av konvektion

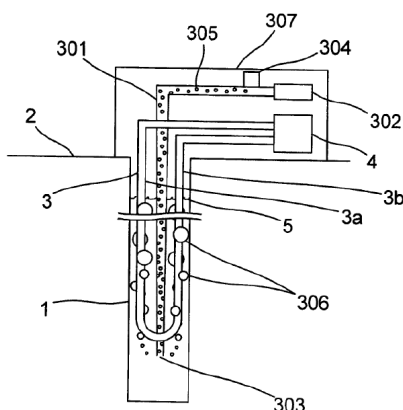
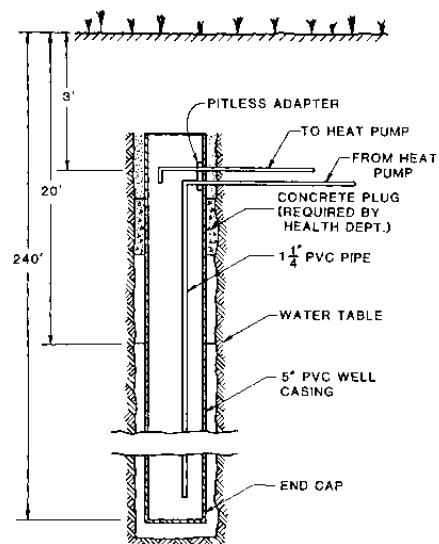


Figure 2: Energy Booster Patent (Ociansson, 2011)

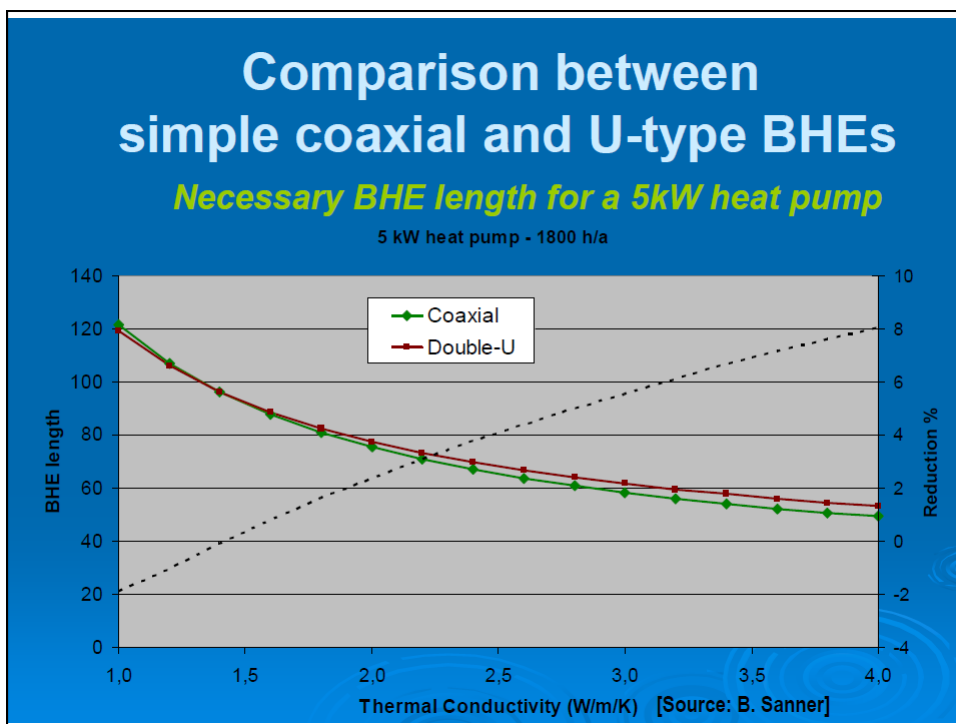
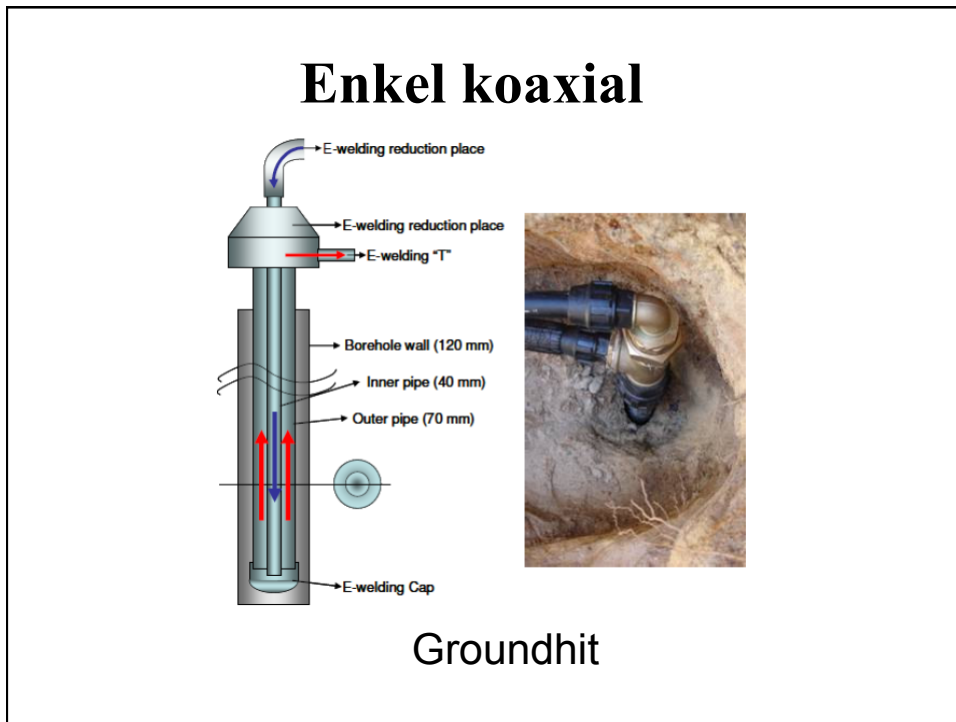
Stimulering av vattenrörelser i borrhålet genom tillförsel av luft i grundvattnet

KOAXIAL

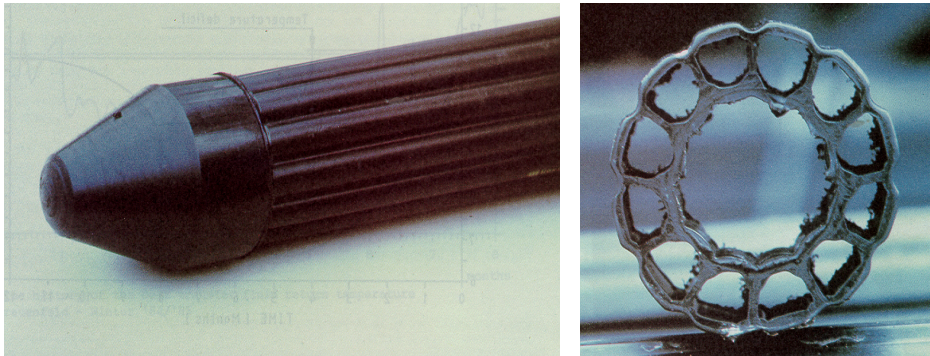
Slutet koaxialrör med styv liner



Bose, USA



Flerkammarrör



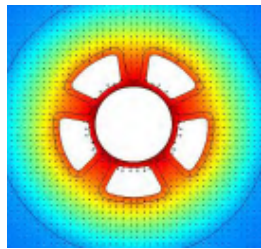
Burgdorf, Schweiz

Flerkammarrör



Installation

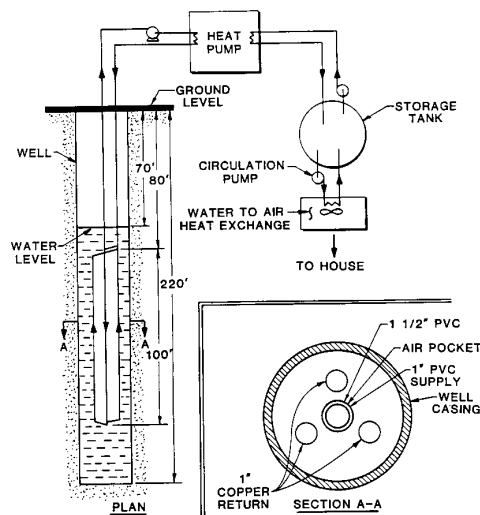
Flerkammarrör



Acuna, KTH

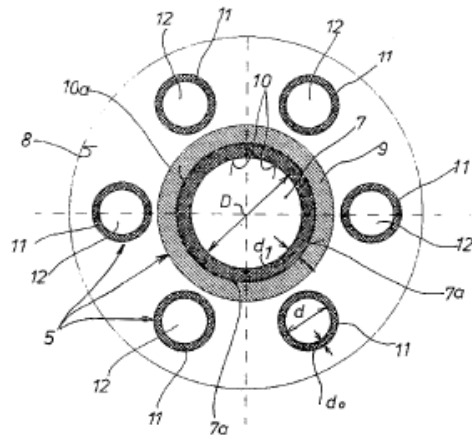
Ny finsk variant

Flerrörstyp (spider type)



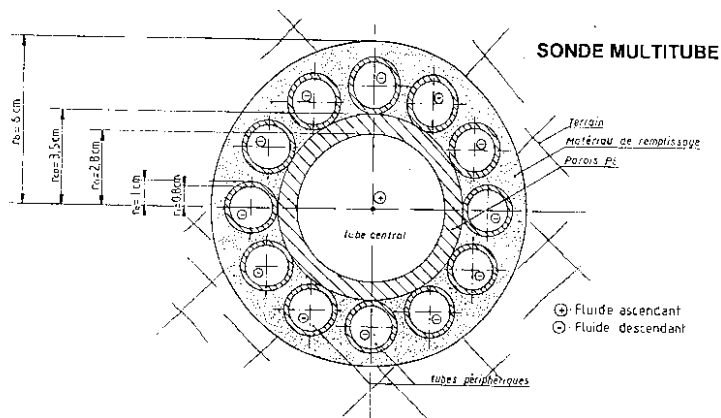
Edwards, USA

Flerrörstyp



Pflüger och Herne, Tyskland

Flerrörstyp



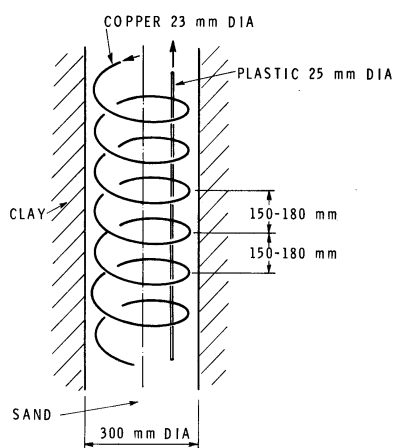
Mathey, Schweiz

Flerrörstyp



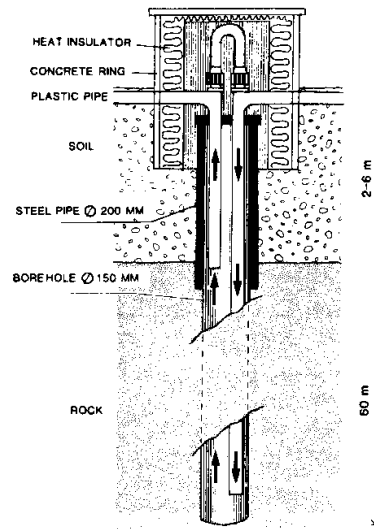
TIL-rör (Thermally Insulated Leg) –
Platell/Uponor

Spiralrör



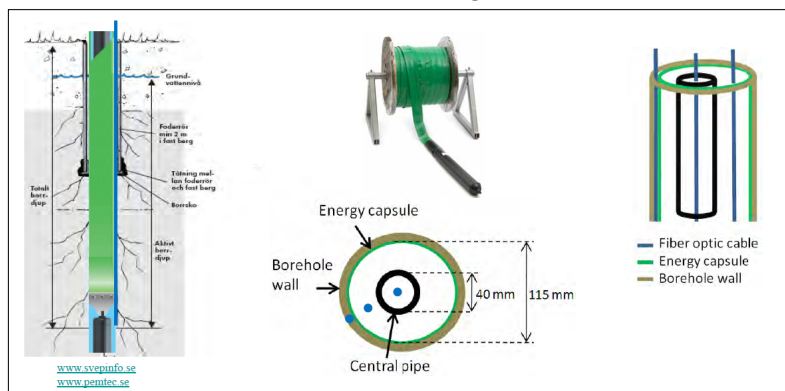
Svec, Canada
Risk för stora tryckfall

Öppet koaxialrör



Luleå

Koaxial med mjuk liner



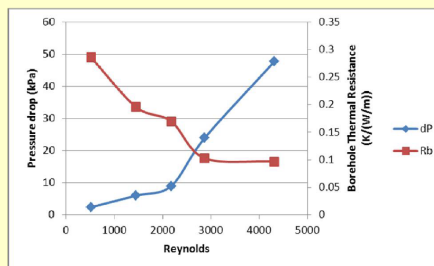
Acuna,
 KTH

Pemtec Green
 collector

Koaxial med spiralflöde



Borehole Thermal Resistance – Pressure Drop Tradeoff



Koaxialrör med spiralflöde i yttre kanal

Koaxial med spiralflöde

Comparison Result

Diagram	C	Rb	Ltot	Diagram	C	Rb	Ltot
	3x3	0.23	300		3x3	0.16	248
	2x3	0.23	298		2x3	0.16	247
	1x2	0.15	228		1x2	0.15	227
	3x3	0.16	249		3x3	0.10	240
	2x3	0.15	245		2x3	0.10	236
	1x2	0.12	207		1x2	0.07	199

Geothex Ø 150 mm

	1U	2U
3x3	-17%	+0.40%
2x3	-18%	+0.81%
1x2	-10%	-9%

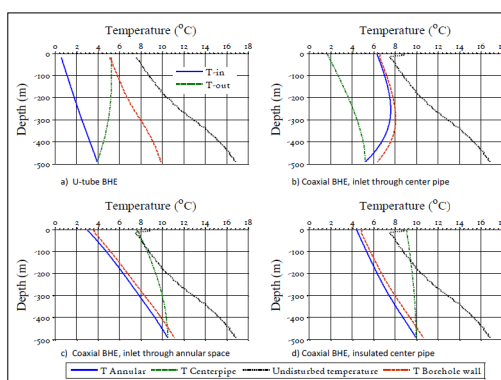
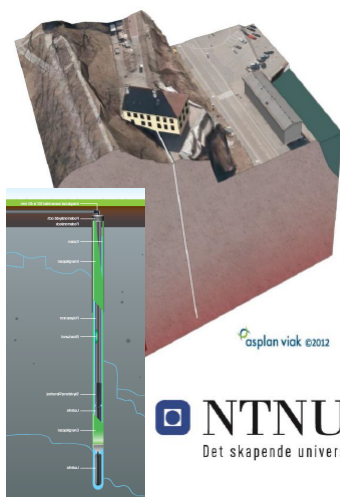
Geothex Ø 93 mm

	1U	2U
3x3	-20%	-3%
2x3	-21%	-5%
1x2	-13%	-12%

Jämförelse av prestanda – Hur förändras totalt erforderligt aktivt borrhålsdiup?

DJUPA BORRHÅL

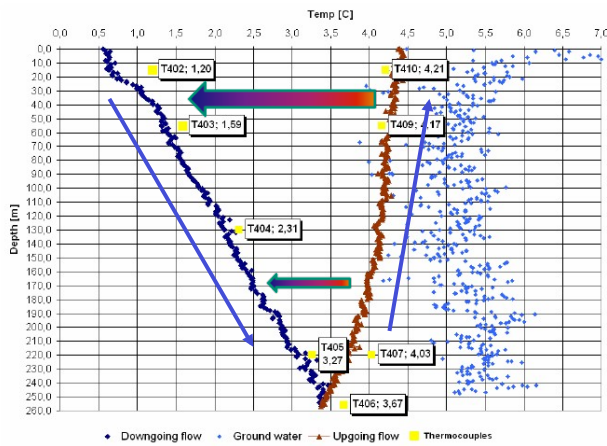
Djupa borrhål



Henrik Holmberg, As

Vertikala temperaturprofiler i uppåt- och nedåtgående kanal,

Temperaturprofil i borrhålsvärmväxlare



Termisk kortslutning

Figure 8: Average temperatures along the borehole during the first month of operation

Enkelt U-rör: Vertikal temperaturprofil i köldbärarfluid
(Acuna et al, 2008)

Temperaturprofil fluid

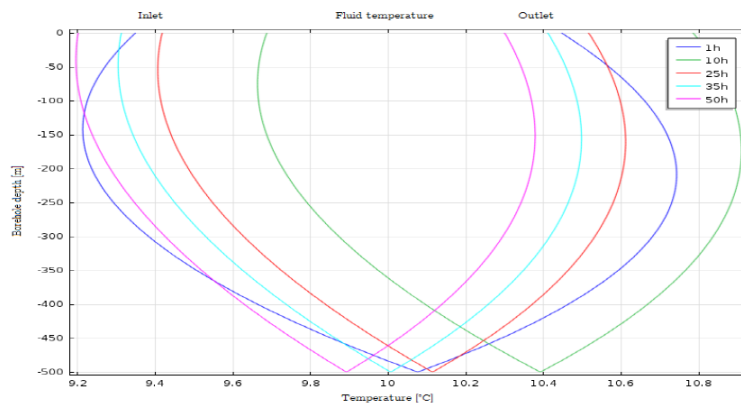


Figure 5-16 Temperature profiles for $v=1$ m/s

Termisk kortslutning

Effektivt borrhålsmotstånd inkl termisk kortslutning

$$R_b^* = R_b + \frac{1}{3} \frac{1}{R_a} \left(\frac{H}{C_f V_f} \right)^2$$

H = Borrhålsdjup

V = Flöde

R_a = Värmemotstånd mellan uppåt- och nedåtgående kanal

För att undvika stor inverkan av termisk kortslutning:

- Öka interna värmemotståndet (besvärligt)
- Minimera kvoten H/V mellan borrhålsdjup och flöde

Flöde och prestanda

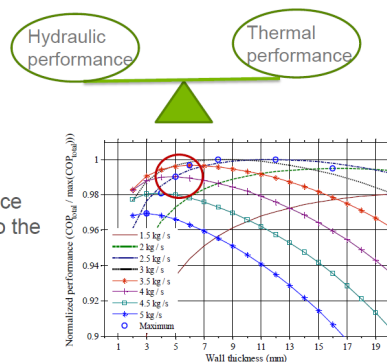
- Parametric study with the overall system performance (COP) as the objective
- Varying center pipe wall thickness and mass flow rate.

Finding: The system performance (COP) is relatively insensitive to the center pipe wall thickness.

Increases with depth!

However..

Heat extraction rate, directly related to mass flow rate!



Henrik Holmberg,
Asplan

Borrhålsvärmväxlare djupa borrhål



RAUGEO HPR HIGH PRESSURE DEEP PRO EFFICIENT USE OF GROUND-SOURCE ENERGY AT DEPTHS 0
RAUGEO HPR HIGH PRESSURE DEEP PROBES THE HIGH PRESSURE AND HIGH TEMPERATURE-RESISTANT GROUND-SOURCE PROBES

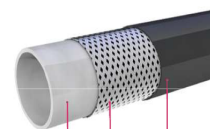
RAUGEO HPR high pressure deep probe (HPR = High Pressure Reinforced)

- Pressure-resistant up to 100 bar
- Temperature-resistant up to 80 °C

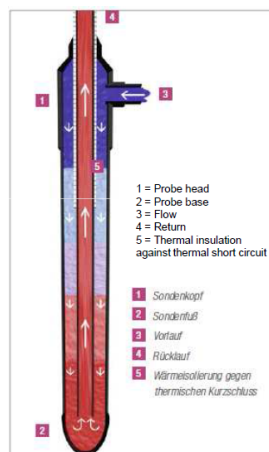
Rörmaterialet PE-Xa har använts vid flera högttemperaturprojekt
 Tål temperaturer till

COMPOSITION OF THE PROBE PIPE

- Inner pipe made from PE-Xa
 → Temperature-resistant up to 95 °C
 → Robust & resistant to stress cracking
- Reinforcement made from stainless steel wire around the inner pipe.
 → Pressure-resistant up to 100 bar
- Outer jacket made from PE100
 → Protects the reinforcement



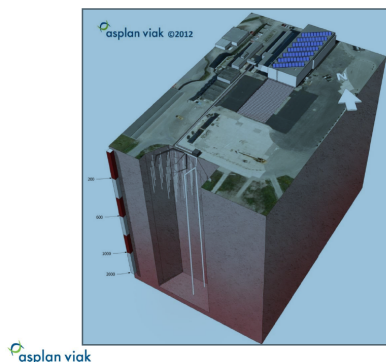
Borrhålsvärmväxlare djupa borrhål



REHAU - Värmeisolering i övre del för att minska termisk kortslutning

Kombination djupa och ”normala” borrhål

Deep BHEs in combination with shallow BTES.



Finns en liknande anläggning i drift på Östermalm

NTNU
Det skapende universitet

De djupa borrhålen kan bidra till återladdning av de ytligare borrhålen

Sammanfattning

- Termisk prestanda
- Tryckfall
- Kostnad
- Hanterbarhet
- Hållbarhet

Borrhålens värmeöverföringskapacitet ges av borrhålsmotstånd och totalt aktivt borrhålsdjup