

## PM

UPPDRAG LiV Optimering bergvärmeanlägg	UPPDRAGSLEDARE Sten Bäckström	DATUM 2010-10-04
UPPDRAGSNUMMER 4016587000	UPPRÄTTAD AV Michael Hägg	

### TEORETISKA BERÄKNINGAR PÅ EFFEKTEN AV BORRHÅLSBOOSTER

#### BAKGRUND

Energiutbytet mellan berg och köldbärarvätska i ett energiborrhål kan ökas genom att forcera konvektionen i det grundvatten som står i borrhålet. En metod för detta är att trycka ut luft i botten av borrhålet varpå luftbubblorna genom sin stigning uppåt ökar vattenrörelserna i borrhålet. Denna metod benämns här energybooster och hur stor påverkan denna kan ha på ett borrhålslager eller bergvärmsystem är av intresse då metoden bedöms kunna minska investeringskostnader och/eller öka effektiviteten hos anläggningarna.

En studie (*Mohammad Karesh, Reduction of Thermal Resistance by Air Injection into Boreholes, Field Test and Analysis, Luleå University of Technology, 2009*) har visat att metoden minskar borrhålsmotståndet samt, genom att även vattnet i berget närmast borrhålet sätts i större rörelse, att den ökar den effektiva värmeledningsförmågan kring borrhålet. Påverkan på respektive parameter var i Karesh försök cirka 28 %.

Metoden påverkar bergets effektiva ledningsförmåga men inte dess faktiska värmeledningsförmåga. Genom ökade vattenrörelser i berget närmast borrhålet ökar energyboostern värmetransporten genom berget till borrhålet inom en viss radie från detta. Utanför denna radie påverkas inte vattenrörelserna och heller inte bergets effektiva ledningsförmåga. Radiens storlek och vattenrörelsernas hastighet påverkas sannolikt av faktorer som bergets sprickighet och luftgenomströmningens hastighet. Sammanfattat innebär detta att energyboostern troligtvis får en större påverkan på energiborrhålets effektivitet ju mer vattenförande berget kring borrhålet är.

#### BERÄKNINGAR

För att uppskatta vilken skillnad energyboostern skulle kunna göra på en befintlig anläggning har teoretiska beräkningar utförts i programmet EED (Earth Energy Designer, [www.buildingphysics.com](http://www.buildingphysics.com)). Simuleringarna har utgått från de beräkningar som utfördes av Göran Hellström med EED i april 2008 inför byggandet av ett borrhålslager vid Kristinehamns sjukhus.

Att energyboostern ändrar bergets effektiva ledningsförmåga i området närmast borrhålen är svårt att simulera. EED använder sig av samma ledningsförmåga i berget oavsett avstånd till borrhål. Detta innebär att om beräkningar utförs där bergets ledningsförmåga ökas fullt ut till uppmätt nivå kommer energyboosterns effekt att överskattas medan om den inte ökas kommer

den att underskattas. Dock kan dessa två ytterligheter beräknas och ge en uppfattning om vilket intervall den verkliga påverkan kommer återfinnas inom.

Beräkningarna som gjorts i föreliggande undersökning har utgått från Hellströms tredje fall med som innebar ett årligt uttag av 747,5 MWh värme och återföring av 300 MWh värme. Spetsbelastningen på borrhålen är satt till 300 kW värme under 8 h i följd och 300 kW kyla under 6 h i följd. Tre olika beräkningsförutsättningar har sedan använts:

- A. Utan ändringar av Hellströms fall 3 förutom att 48 borrhål (6x8 st) har använts istället för 47.
- B. Som A men borrhålsmotståndet har minskats med 27,7 %.
- C. Som A men borrhålsmotståndet har minskats med 27,7 % och bergets termiska ledningsförmåga har ökats med 27,7 %.

Beräkningarna har utförts med krav om att borrhålsfluidens medeltemperatur måste ligga inom intervallet +12,5°C och -1,5°C. Alla tre beräkningar har använt samma borrhålskonfiguration – 6x8 borrhål med 9 meters separation. Markens ostörda temperatur är satt till 9,3°C, konstant oavsett djup, och simuleringstiden är 10 år.

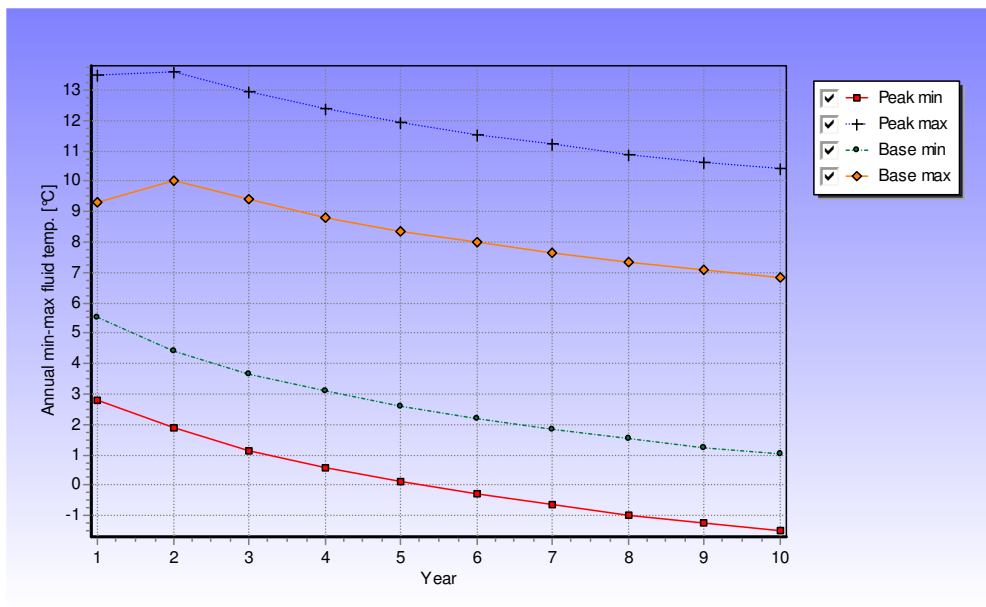
Två typer av simuleringar har utförts med de tre beräkningsförutsättningarna ovan. Den första (1A – 1C) syftade till att beräkna hur många borrhålsmeter som krävs för att borrhålsfluiden efter tio år ska hållas inom angett temperaturintervall. Den andra (2A-2C) avsåg beräkna hur stora spetseffekter som kunde tas ur borrhålen om antalet borrhålsmetrar var konstant.

## RESULTAT

Resultaten av de tre beräkningsfallen presenteras i tabell 1 och 2 samt i figur 1 och 2.

*Tabell 1 – Resultat av beräkningsfall 1A, 1B och 1 C.*

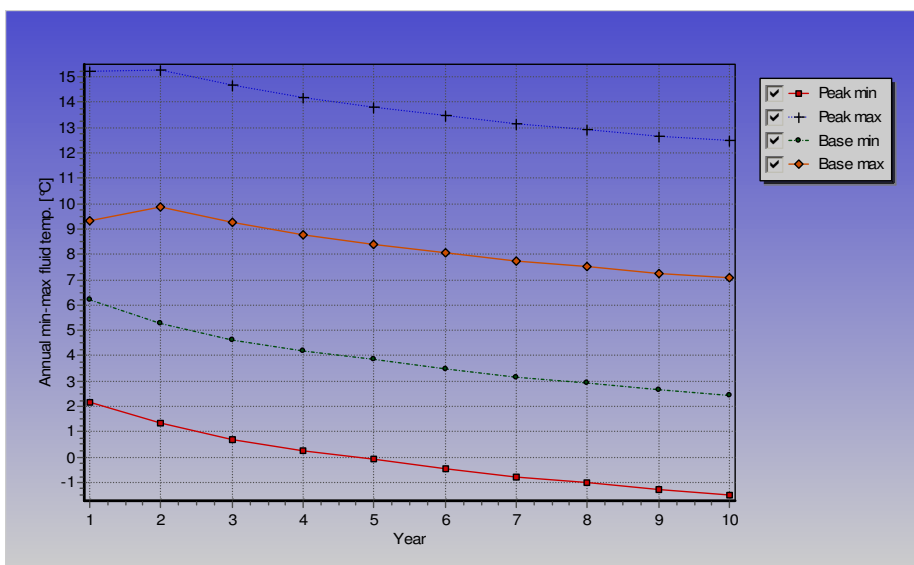
<b>Beräkningsfall 1</b>	Fall A	Fall B	Fall C
Erforderligt antal borrhålsmeter	9360 m	8600 m	7650 m
Antal borrhålsmeter jämfört med fall A	100 %	92 %	82 %



Figur 1 – Resultatet av beräkningsfall 1A (borrhålsmotståndet satt till 0.08 m K/W och bergets termiska ledningsförmåga satt till 3,75 W/m K) visade att erforderligt borrhålslängd var 9360 m (195 m aktivt håldjup per borrhål). Grafen visar borrhålsfluidens årshögsta och årslägst medeltemperatur under tio år vid baslast (grön och gul linje) samt spetslast (röd och blå linje). Resultaten för beräkningsfall 1B och 1C ser mycket snarlika ut men kräver endast 8600 m respektive 7650 meters borrhålslängd.

Tabell 2 – Resultat av beräkningsfall 2A, 2B och 2C.

	Fall A	Fall B	Fall C
Antal borrhålsmeter	9360 m	9360 m	9360 m
Uttagen maximal kyleffekt	400 kW	470 kW	500 kW
Uttagen maximal kyleffekt, andel av A	100 %	118 %	125 %
Uttagen maximal värmeeffekt	300 kW	350 kW	445 kW
Uttagen maximal värmeeffekt, andel av A	100 %	117 %	148 %



Figur 2 - Resultatet av beräkningsfall 2C (borrhålsmotståndet satt till 0.058 m K/W och bergets termiska ledningsförmåga satt till 4.79 W/m K) visade att 445 kW värme och 500 kW kyla kortvarigt kan tas ur berget utan att borrhålsfluiden överstiger satta gränsvärden för dess medeltemperatur. Grafen visar borrhålsfluidens årshögsta och årslägst medeltemperatur under tio år vid baslast (grön och gul linje) samt spetslast (röd och blå linje). Resultaten för beräkningsfall 2A och 2B ser snarlika ut men tillåter lägre effektuttag ur borrhålen.

#### DISKUSSION

Beräkningarna för simuleringsfall 1A-C indikerar att energyboostern kan minska behovet av aktiva borrhålsmeter med någonstans mellan 8 och 18 % hos en anläggning som den vid Kristinehamns sjukhus.

Beräkningarna för simuleringsfall 2A-C är inte riktigt lika tydliga. Det ökade effektuttaget som är möjligt i fall B är relativt lika för både uttagen värme- och kyleffekt, 17-18%. För fall C, när även ledningsförmågan ökas, blir det dock större skillnader. Detta då den ökade ledningsförmågan i berget leder till en ökad temperaturåterhämtning i lagret. Borrhålstemperaturerna sjunker alltså inte lika mycket under de tio år som anläggningen driftsimuleras. Detta gör att borrhålen tål en högre spetsbelastning i värmefallet, nästan 50 % mer, eftersom "fallhöjden" ner till -1,5°C blir större än i fall A. Dock blir samtidigt avståndet till 12,5°C mindre, vilket gör att kyleffekten inte kan ökas lika mycket (endast 25 %).

Den ökning i kortvarigt effektuttag som kan tillskrivas energyboostern varierar därför från anläggning till anläggning. För att få ett mer generellt och allmängiltigt resultat kan man ta ett medelvärde på de två effektökningarna för beräkningsfall 2C. Med detta förfarande indikerar utförda beräkningar att energyboostern kan öka det kortvariga effektuttaget ur borrhålen med mellan 17 % och 37 %.

Beräkningarna baseras på resultaten från Karesh, 2009. Denna studie och de beräkningar som utförts här visar på en intressant potential för energyboostern. Dock behöver försöket upprepas för att bekräfta funktionen och besvara några viktiga frågor, såsom lufttillförselns energiåtgång samt borrhålsdjupets och vattenföringens betydelse för funktionen.

Det skulle även vara intressant att se om ett test med längre varaktighet skulle ge någon skillnad i resultatet. Detta för att försöka svara på om ökade vattenrörelser i berget kring borrhålet har större inverkan på borrhålets prestanda i ett tidigt skede under hålets belastning, då det tar sin energi ur den närmast liggande bergvolymen och att denna effekt sedan avtar något allteftersom borrhålet hämtar sin energi på längre avstånd, eller om de ökade vattenrörelserna bidrar till en långvarig effekt på bergets effektiva ledningsförmåga.

Malmö, 2010-10-04

Michael Hägg