Hallberg Independent
Research

Om långtidslagring av värmeenergi i marken

Kan man lagra sommarvärmen till vintern?

Under slutet av 1970-talet gick diskussionen hög om energibesparing. Vi hade energikrisen från 1974 i färskt minne och en folkomröstning om kärnkraft stod för dörren.

Flera idéer framfördes och en del förverkligades. Själv funderade jag på om det inte skulle vara möjligt att värma upp berggrunden under tomten på sommaren och återanvända värmen på vintern. Men först blev jag tvungen att räkna på om det över huvud taget var teoretiskt möjligt att få detta att fungera.

Denna rapport redovisar en sådan beräkning och det verkar som om det skulle vara möjligt. Men frågan om det blir ekonomiskt bärkraftigt beror till stor del på om man kan räkna med att slippa betala skatt på lagrad solvärme i framtiden.

Jag ställde den frågan till Regeringen och fick till svar från självaste Gunnar Sträng, att det skulle jag minsann inte räkna med.

Så det hela stannade med ett teoretiskt resonemang, och något prototypprojekt kom aldrig igång på min tomt. Vi fick klara oss med den allt dyrare elvärmen i stället.

Rapporten renskrevs av min snälla sekreterare på ELLEMTEL på den tiden då man inte hade dator. Blev det fel så tog man ett nytt papper och skrev om…

POLKAVÄGEN 14B, 142 65 TRÅNGSUND

Innehållsförteckning

OM LÅNGTIDSLAGRING AV VÄRMEENERGI I MARKEN

2 UPPVÄRMNING AV ETT MEDIUM MED HJÄLP AV EN CYLINDER MED KONSTANT YTTEMPERATUR

Om en cylinder med radien a hålls vid en konstant temperatur V relativt omgivningen vid t = 0 kommer omgivningens temperatur ϑ att bestämmas av ekv (1)

$$v = V + \frac{2V}{\pi}\int_0^{\infty} e^{-\kappa u^2 t}\frac{J_0(ur)Y_0(ua)-Y_0(ur)J_0(ua)}{J_0^2(au)+Y_0^2(au)}\frac{du}{u}. \qquad \cdots(1)$$

där r = radiella avståndet för cylinderns centrum (r>a)

t = tiden

$k = \frac{K}{\varrho c}$; ϱ = täthet ; c = spec. värme ; K = värmeledn.förm.

Temperaturförloppet finns beräknat och återges i nedanstående diagram. Inlagt som parameter är värden på $\left\{\frac{kt}{a^2}\right\}$

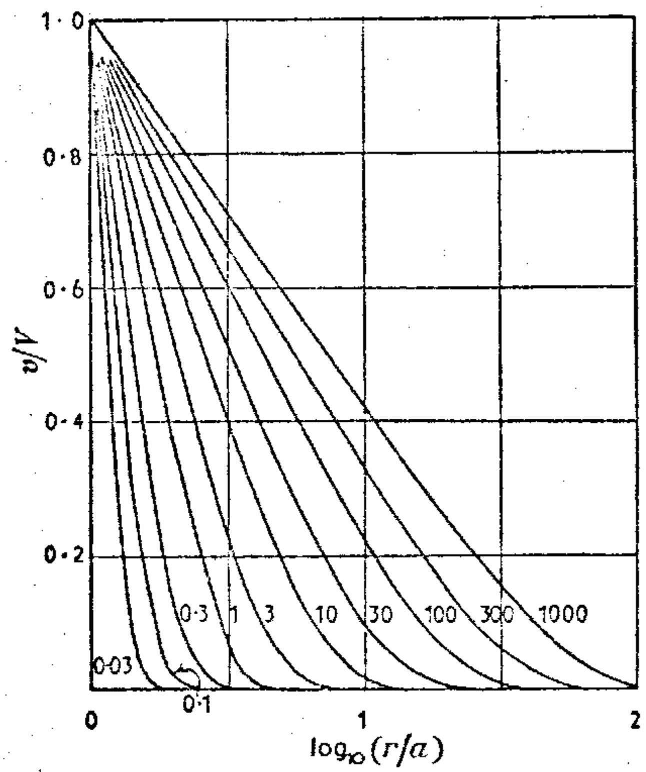


Diagram 1. Omgivande mediumdtemperatur som funktion av radiellt avstånd r och tiden (Parameter kt/a^2)

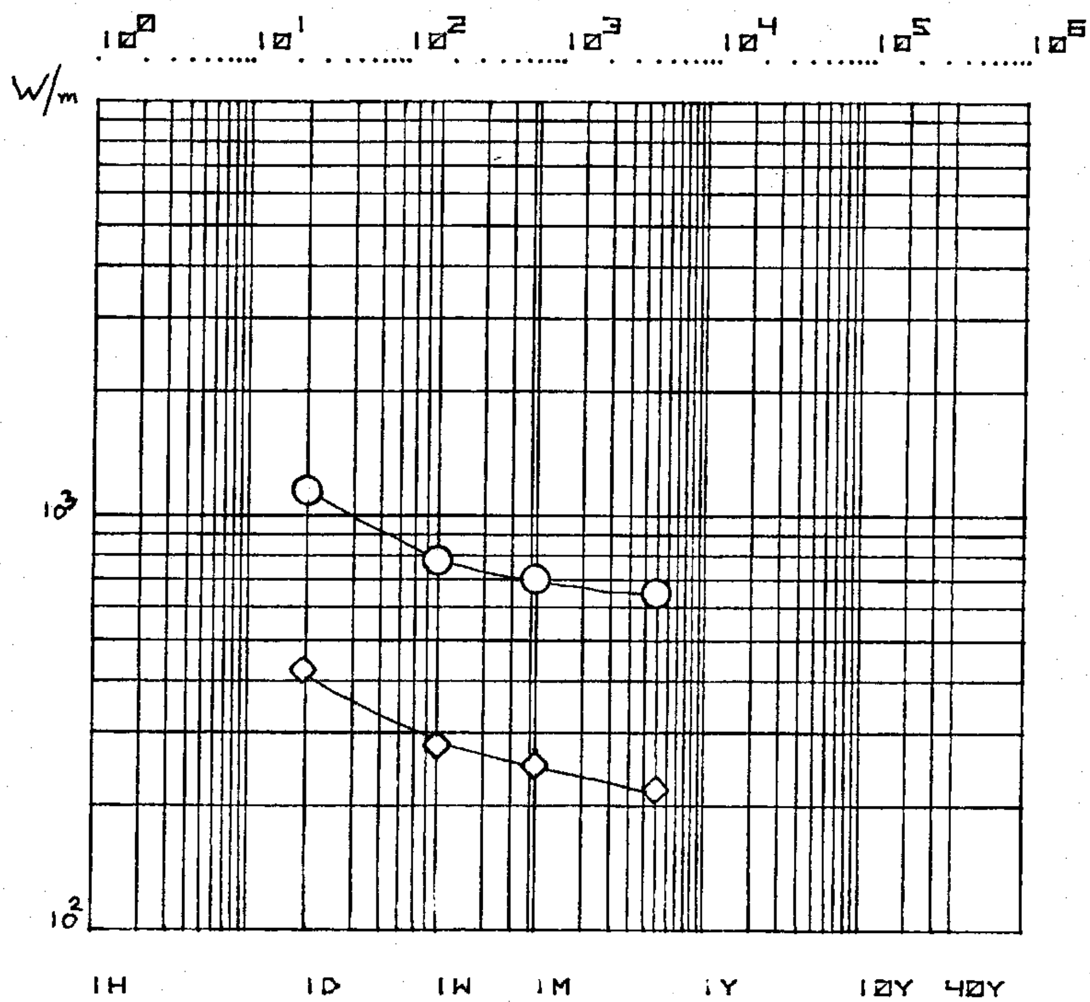


Diagram 2. Effektflöde per meter cylinder (Ø = 10 cm) som funktion av tiden. Diagrammet gäller för såväl laddning som uttag. Lagring i granit.

$\Delta V = 70^\circ$ C (Laddning): O

$\Delta V = 25^\circ$ C (Uttag) : ◇

I detta sammanhang är värmeflödet från (och till) cylindern av största intresse.

$$f = -K\left[\frac{\partial v}{\partial r}\right]_{r=a} = \frac{4VK}{a\pi^2}\int_0^\infty e^{-\kappa u^2 t}\frac{du}{u[J_0^2(au)+Y_0^2(au)]}. \qquad \cdots (2)$$

Approximativt kan uttrycket (2) ersättas med:

$$f = \frac{VK}{a}\left[10^{-(0.45X+0.2)} + 10^{-(0.1X+0.2)}\right] \qquad \cdots (3)$$

där $X = \log(kt/a^2)$

och f mäts i $cal/s.cm^2$ t ex

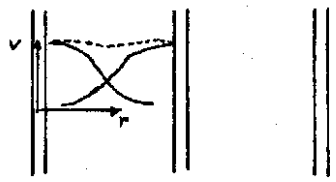
Uttrycket (3) kan användas för att beräkna totalt energiflöde per meter cylinder och ett exempel ges i diagram 2.

En cylinder på 10 m (borrhål) kan således lagra drygt 10 x 0.650 x 4 x 30 x 24 kWh = 18 720 kWh under fyra månader (maj - augusti t ex).

Då värmen försvinnet ut från cylinderna är givetvis ej all denna värme åtkomlig för användning. Detta innebär att man måste ha flera cylindrar utanför den centrala cylindern. Detta fall behandlas i nästa avsnitt.

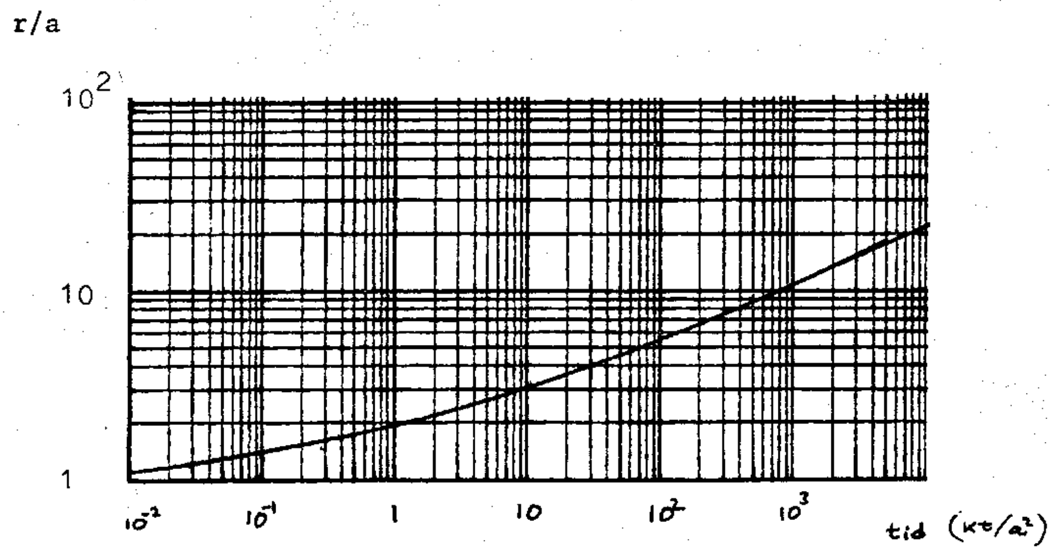
3 AVSTÅND MELLAN CYLINDRAR FÖR ATT ERHÅLLA EN RELATIVT JÄMN UPPVÄRMNING AV ETT STÖRRE OMRÅDE

Diagram 1 ger temperaturförloppet vid uppvärmning av ett medium genom en cylinder som hålls vid konstant temperatur. Genom att placera flera cylindrar parallellt med varandra på ett sådant avstånd att deras individuella "40 %-radier" efter uppladdningsperioden ligger på halva detta avstånd, erhåller man en jämn uppvärmning av ett stort område. Se fig 1



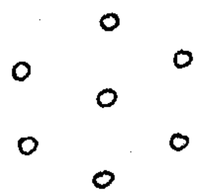
Figur 1 Placering av parallella cylindrar för jämn uppvärmning av ett stort område.

Diagram 3 återger det radiella avståndet r_{40} där temperaturen uppnått 40 % av cylindertemperaturen enligt ekv (1)



<u>Diagram 3.</u> Radiella avståndet, som funktion av lagringstiden (uttryckt i kt/a^2), där temperaturen höjts till 0.4 V.

Ovanstående diagram resulterar t ex för fallet t = 4 mån., lagring i berggrund och a = 5 cm att $kt/a^2 = 4.6 \cdot 10^3$ och $r_{40} = 18 \cdot a = 90$ cm. Därmed skulle borrhålen kunna placeras ca 2 meter från varandra. Ett realistiskt alternativ i berggrund skulle således kunna vara sju borrhål inom en radie av ca 2 m. Se fig. 2



<u>Figur 2</u> Placering av borrhål för värmelagring i berggrund under 4 månader.

4 AVSVALNING AV ETT CYLINDRISKT OMRÅDE UPPVÄRMT TILL VISS TEMPERATUR, GENOM VÄRMELEDNING TILL OMGIVNINGEN

En cylinder med raden a uppvärmd till temperaturen V omgiven av samma medium med en temperatur 0 avsvalnar enligt ekv (4)

$$v = \tfrac{1}{4}V\left\{\operatorname{erf}\frac{a-x}{2(\kappa t)^{\frac{1}{2}}}+\operatorname{erf}\frac{a+x}{2(\kappa t)^{\frac{1}{2}}}\right\}\left\{\operatorname{erf}\frac{b-y}{2(\kappa t)^{\frac{1}{2}}}+\operatorname{erf}\frac{b+y}{2(\kappa t)^{\frac{1}{2}}}\right\}. \qquad \cdots (4)$$

Denna ekvation åskådliggörs i diagram 4 där relativa temperaturen v/V framgår som funktion av r/a med kt/a^2 som parameter.

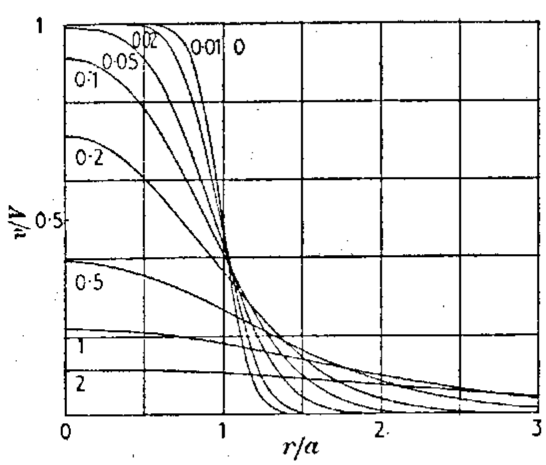


Diagram 4. Avsvalning av en cylinder med radien a till omgivande samma medium med temperatur 0 (kt/a^2) som parameter.

Avsvalningen under vinterhalvåret bör ej gå längre än att $(kt/a^2) \leq 0.2$ varför det uppvärmda områdets radie a för granit måste vara 10 m och för jord 6 m.

Utan effektuttag skulle temperaturprofilen då på vårkanten se ut som i diagram 4 där $kt/a^2 = 0.2$.

Ett effektuttag kommer att jämna ut profilen inom uttagsområdet $(\frac{r}{a} \leq 1)$ och man kan utan värmepump tillgodogöra sig den energimängd som representeras av uppvärmd berggrund med en temperatur över 25° C.

Ett effektuttag av 3 kW under fyra månader skulle resultera i temperaturprofiler, som ungefär återges i diagram 5.

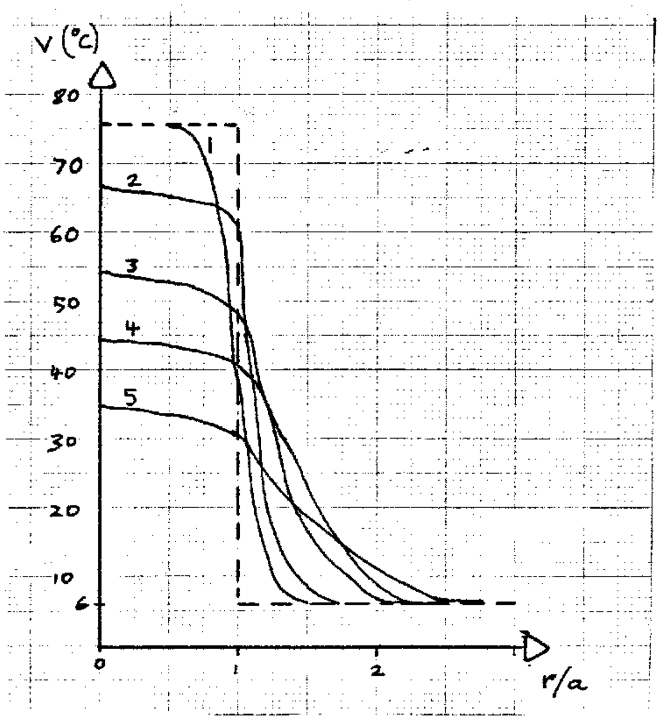


Diagram 5

Temperaturprofilen hos en 10 m lång cylinder med radie a = 10 m under 5 mån., varvid man tagit ut 3 kW de sista 4 månaderna.

Värmeinnehållet i cylindern är 47.6 kWh/° C m

5 ETT PRAKTISKT FALL

En tillämpning av föregående avsnitt skulle innebära följande t ex

5.1 Inom en radie av 10 m borras 13 st hål Ø = 10 cm om ett djup av 15 m. De översta 5 metrarna isoleras och skall ej uppvärmas. Se fig. 4.

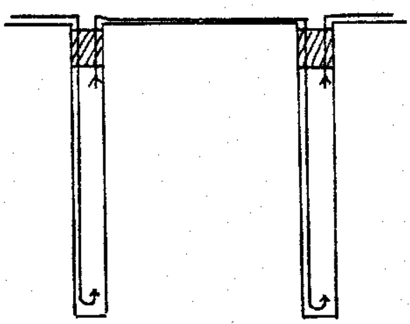


Fig 4 Exempel på hålutformning

5.2 Det transformerande mediet kan röra sig om vatten eller kanske bättre luft.

5.3 Uppvärmningen sker genom mellanlagring av solenergi i vattentank vilken kontinuerligt får mata värme (70° C) ned i cylindrarna under 4 månader. 1000 soltimmar kräver en energiupptagningsyta av 33 m^2 eller 50 m^2 med marginal.