

ANALYSE AF VARMELAGRINGENS BETYDNING FOR EFFEKTIVITETEN AF JORD- VARMEBORINGER

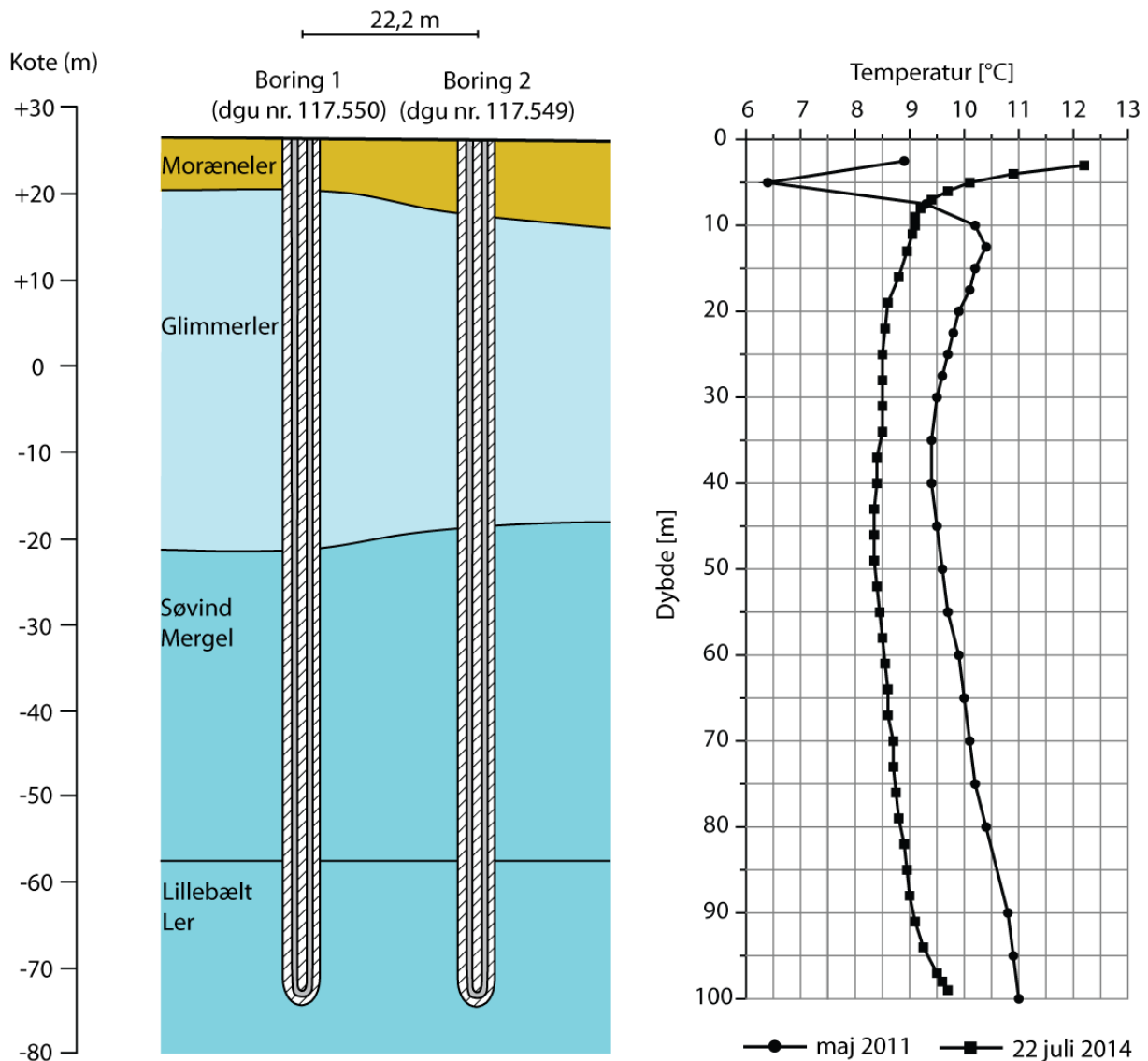
Erhvervs-ph.d. studerende Tillie Marlene Madsen, Rambøll, tlm@ramboll.dk
Lektor Steen Christensen, Institut for Geoscience, Aarhus Universitet
Lektor Søren Erbs Poulsen, VIA University College, Horsens
Seniorlektor Inga Sørensen, VIA University College, Horsens

Det undersøges hvordan jordvarmeboringer påvirker jordens temperatur og hvilken indflydelse varmelagring kan have på jordvarmeboringerenes ydeevne. Undersøgelsen tager udgangspunkt i et jordvarmeanlæg beliggende i Glud, ca. 11 km øst-sydøst for Horsens. Jordvarmeanlægget har siden juni 2011 produceret varme til varmt brugsvand og boligopvarmning til et hus på 188 m². Anlægget udgøres af to 100 m dybe jordvarmeboringer, der er placeret ca. 22 m fra hinanden. I jordvarmeboringerne er der installeret en enkelt U-slange, der er koblet til en varmepumpe, så det udgør et lukket kredsløb. Borehullerne er efterfølgende blevet opfyldt med forseglingsmateriale, og i det lukkede kredsløb cirkuleres en frostsikret væske.

Jordvarmeboringerne er installeret i en geologi domineret af lerede aflejringer. Som det fremgår af figur 1, så består lagserien øverst af moræneler, som er underlejret af miocænt glimmerler efterfulgt af de eocæne formationer Søvind Mergel og Lillebælt Ler. De tertiære aflejringer er karakteriseret ved en lav varmeledningsevne. På baggrund af en termisk respons test blev den gennemsnitlige varmeledningsevne for hele lagserien estimeret til ca. 1,5 W/mK.

Et monitoringssystem er installeret for at monitorere driften af jordvarmeanlægget. Systemet måler bl.a. strømningshastigheden og temperaturen af den cirkulerende væske før og efter den har afgivet varme til varmepumpen. Disse målinger bruges til at beregne mængden af varme, der bliver trukket op fra jorden. Om vinteren er varmepumpen i drift 9-17 gange i døgnet i ca. 10-50 minutters intervaller. På en vinterdag kan varmeudtrækningen variere fra 150 til 300 MJ. Om sommeren derimod vil den daglige varmeudtrækning ofte ikke overstige 30 MJ, og varmepumpen er generelt kun i drift 1-5 gange i døgnet i 10-20 minutters intervaller.

Varmeudvekslingen mellem væsken i slangerne og jorden skyldes en temperaturgradient, der er opstået, fordi væsken har en lavere temperatur end jorden. Når den cirkulerende væske absorberer jordens varme, vil jordens temperatur i nærheden af jordvarmeboringerne falde. Der opstår derved en temperaturforskel i jorden, som forårsager en horisontal varmestrømning hen mod jordvarmeboringerne. Denne varmestrømning afhænger af temperaturgradientens størrelse men også af jordens evne til at lede varmen (varmeledningsevnen). I de tertiære aflejringer vil denne proces foregå langsomt, da disse aflejringer har en lav varmeledningsevne. Det resulterer i, at jordens temperatur ikke når at blive genetableret til sin oprindelige temperatur hen over sommeren /1//2//3/, hvilket kan have konsekvenser for jordvarmeboringerenes ydeevne i de efterfølgende vintre.



Figur 1. Den geologiske lagserie hvori de to jordvarmeboringer er installeret. Grafen til højre viser jordens temperatur med dybden målt før (maj 2011) og efter (22. juli 2014) jordvarmeboringerne blev sat i drift. Målingerne fra maj 2011 er leveret af Aarhus Universitet /4/, mens målingerne fra juni 2014 er leveret af VIA University College, Horsens.

I de 3 år, hvor anlægget har været i drift, er jordens temperatur faldet med ca. 1-1,5 °C (figur 1). Temperaturfaldet betyder, at den cirkulerende væske vil have en lavere returtemperatur /5/. Det kan medføre, at varmepumpen skal bruge mere strøm for at levere den ønskede temperatur til huset, og der er derved sket en forringelse i jordvarmeboringernes ydeevne.

For at undgå en for høj sænkning af jordens temperatur, kan varmeudtrækningen kompenseres med varmelagring om sommeren. Dette kan foregå ved at koble solfangere til jordvarmeanlægget. Om sommeren vil solfangerne producere varme til varmt brugsvand. I perioder vil de dog producere mere varme, end der er behov for, og denne overskudsvarme kan benyttes til at opvarme jorden. Dette foregår ved, at væsken i slangerne enten opvarmes direkte af solfangerne eller også bliver opvarmet via en varmeveksler. Når den opvarmede væske cirkuleres i slangerne, overføres varmen til jorden, fordi væsken har en højere temperatur end

jorden. Varmelagring kan derved fremskynde genetableringen af jordens temperatur og muligvis forhindre en potentiel forringelse af jordvarmeboringerens ydeevne.

Jordens temperaturudvikling i løbet af de 3 år, hvor jordvarmeanlægget er i drift, er modelleret gennem programkoden Feflow (version 6.2). De igangværende simuleringer skal bruges til: 1) at analysere langtidsvirkningerne og effektivitetsudviklingen af det eksisterende anlæg, 2) at analysere om anlæggets effektivitet øges ved at supplere med solfangere, og 3) at undersøge hvor meget varme, der skal lagres i jorden, for at jordens temperatur bliver genetableret hen over sommeren.

/1/ Eugester, W.J. & Rybach, L., 2000. Sustainable production from borehole heat exchanger systems. Proceeding World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June10, 2000, 825-830.

/2/ Desider, U., Sorbi, N., Arcioni, L. & Leonardi, D., 2011. Feasibility study and numerical simulation of a Ground Source Heat Pump Plant, applied to a residential building. Applied Thermal Engineering, 31, 3500-3511.

/3/ Jaszczur, M. & Sliwa, T., 2013. The analysis of long-term borehole heat exchanger system exploitation. Computer Assisted Methods in Engineering and Science, 20, 227-235.

/4/ Møller, I., Balling, N., Bording, T.S., Vignoli, G. & Rasmussen, P., 2014. D9 Temperatur og temperaturgradienter ved og under jordoverfladen i relation til litologi. Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrations Program (EUDP), www.geoenergi.org, 1-53.

/5/ Wang, J., 2013. Ground thermal response during heat exchange at EcoFarm. GSTF International Journal of Engineering Technology [JET], 2, 116-121.