UNDERGRUNDEN SOM GEOTERMISK RESSOURCE

Specialkonsulent Thomas Vangkilde-Pedersen
Seniorrådgiver, geolog Anders Mathiesen
Statsgeolog Lars Henrik Nielsen

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

ATV JORD OG GRUNDVAND

Undergrunden som termisk ressource

Møde 25. maj 2011

RESUME

Danmarks undergrund indeholder meget store geotermiske ressourcer i form af både dyb geotermi og overfladenær geotermi eller jordvarme. Ved dyb geotermi udnyttes meget varmt vand fra store dybder, mens jordvarmeanlæg benytter slanger i jorden eller grundvand til at optage varmen fra de øverste jordlag i kombination med varmepumpeteknologi. Den aktuelle udnyttelse af de geotermiske ressourcer er relativt begrænset, og det er vigtigt med kortlægning af mulighederne samt identifikation af mulige barrierer som skal overvindes, hvis det fulde potentiale for geotermi som vedvarende energikilde skal udnyttes.

INDLEDNING

Danmarks undergrund indeholder meget store geotermiske ressourcer, som kan udnyttes i det meste af landet, hvor der findes et varme- eller kølebehov. Den geotermiske ressource kan deles op i dyb geotermi og overfladenær geotermi:

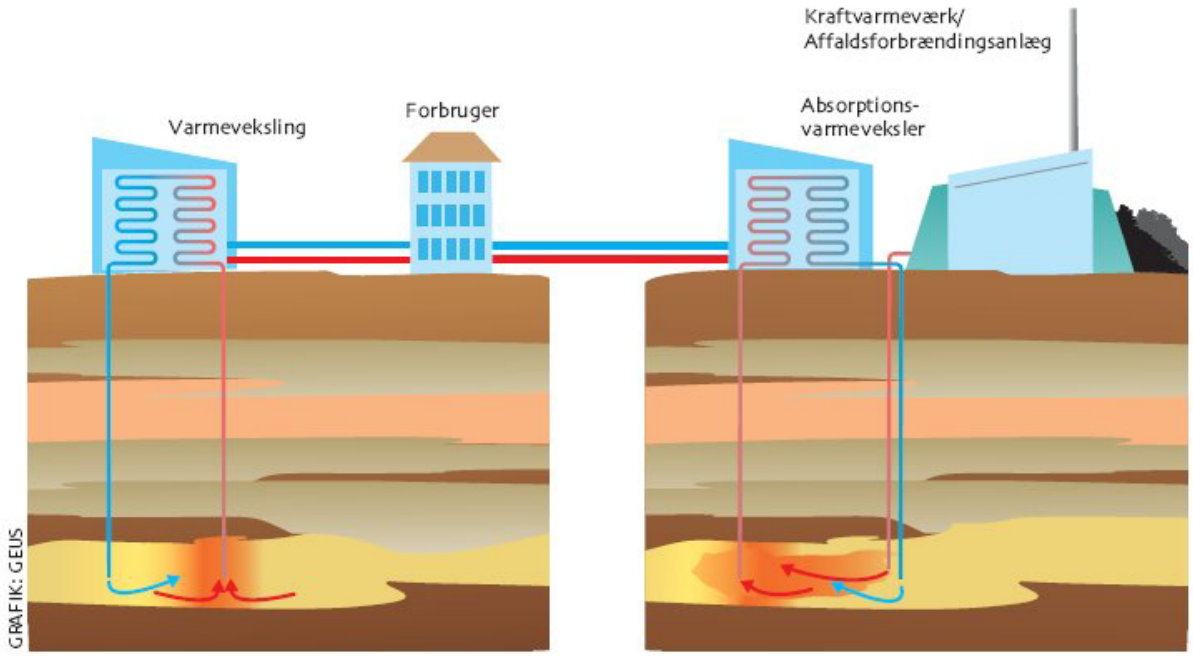
- Dyb geotermi udnytter høje temperaturer på stor dybde (f.eks. 40-100 °C svarende til 1-3 kilometers dybde) og varmen hidrører fra radioaktivt henfald af grundstofferne uran, thorium og kalium i jordens indre.
- Overfladenær geotermi, eller jordvarme, udnytter lavere, mere ”normale”, temperaturer (f.eks. 8-11 °C svarende til 0-100 meters dybde) og varmen hidrører primært fra solindstråling og kun i meget lille grad fra varmefluxen fra jordens indre.

Vi har de sidste mere end 30 år gjort brug af begge geotermiske ressourcer. For den dybe ressource i meget begrænset omfang målt i antal anlæg, og for den overfladenære i større – men stadig begrænset – omfang i form af jordvarmeanlæg i kombination med varmepumper. Det øgede fokus på CO_2 udledning og klimaforandringer samt afhængigheden af en (måske) begrænset ressource af fossile brændsler har imidlertid styrket interessen for geotermi som en vedvarende energikilde, der kan bidrage til opnåelse af Danmarks energipolitiske målsætninger om reduktion af CO_2 udslip og øget forsyningssikkerhed.

DYB GEOTERMI

Varme fra jordens indre i form af geotermisk energi udnyttes mange steder i Europa. I Danmark stiger temperaturen ca. 30 grader pr. kilometer ned gennem vores undergrund, og den geotermiske energi kan udnyttes ved at pumpe varmt vand fra undergrunden op til overfladen gennem en produktionsboring og ekstrahere varmen ved varmeveksling. Varmen kan derefter ledes via det almindelige fjernvarmenet til forbrugerne. Det afkølede vand returneres derefter til reservoiret gennem en injektionsboring, se Figur 1.

De to væsentligste forhold, som har betydning for muligheden for at udnytte den geotermiske energi, er temperaturen og de vandledende egenskaber. Undergrunden skal således indeholde sandstensreservoirer af god kvalitet, dvs. med en tilstrækkelig tykkelse, temperatur og porøsitet til at der er en ressource af varmt vand til stede samt med tilstrækkelig god permeabilitet (væskegennemtrængelighed) til, at det er muligt at producere og injicere vand i henholdsvis produktionsboringen og injektionsboringen. Hvor temperaturen stiger med dybden, falder både porøsiteten og permeabiliteten generelt med dybden på grund af trykket fra de overliggende aflejringer og kemiske udfældningsprocesser, der delvist udfylder porerne. Det betyder, at det primært er dybdeintervallet 1000-3000 m, som har den største interesse.



Figur 1. For at udnytte den geotermiske varme, skal man bore to dybe huller på et sted, hvor de geologiske forhold er optimale i form af porøse sandstenslag. Fra det ene hul pumpes varmt vand fra sandstenslaget op til overfladen, hvor man trækker varmen ud af vandet. Varmen overføres herefter ved hjælp af en varmeveksler til forbrugerne via fjernvarmenettet. For at sikre at trykket i sandstenslaget bevares uændret, pumpes det afkølede vand tilbage i sandstenslagene, ofte fra samme lokalitet på overfladen, men via en afbøjet injektionsboring som ender et par km fra produktionsområdet. Et geotermisk anlæg i forbindelse med et kraftvarmeværk er typisk ikke i drift om sommeren, da overskudsvarmen i denne periode er stor nok til at opfylde fjernvarmebehovet. Overskudsvarme kan derfor evt. lagres i det porøse sandstenslag som vist i figuren til venstre.

Rentabel geotermisk varmeproduktion kræver desuden, at det er muligt at afsætte den producerede varme, f.eks. til et nærliggende fjernvarmenet. Endvidere forudsættes det, at det geotermiske vand holdes i et lukket kredsløb fra produktionsboringen, gennem varmeveksler, og tilbage igen gennem injektionsboringen til reservoiret. Kredsløbet skal være lukket, da vandet fra undergrunden ofte er saltholdigt, og kan - hvis salt udfældes - begrænse mulighederne for at producere vandet fra reservoiret, idet permeabiliteten reduceres.

Kortlægning af ressourcen

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) har igennem mange år drevet forskning og rådgivning i forbindelse med vurderingen af de dybe geotermiske ressourcer i Danmark i tæt samarbejde med private firmaer og offentlige institutioner.

Den første landsdækkende analyse af den dybe geotermiske ressource blev igangsat af GEUS i slutningen af halvfjerdserne /1/. Siden da har GEUS i 1998 opdateret vurderingen af ressourcen i samarbejde med DONG Energy og Energistyrelsen /2/, og senest i 2009 bistået Energistyrelsen i udarbejdelsen af en redegørelse vedrørende det geotermiske potentiale i Danmark /3/. Endvidere har GEUS bidraget til udarbejdelsen af et geotermisk atlas, der præsenterer de geotermiske ressourcer i en række EU-lande /4/ og senere bidraget til en opdatering af dette /5/.

GEUS' forskning og rådgivning består i dag hovedsageligt i at udvikle geologiske modeller af undergrunden, der beskriver og forudsiger, hvor der findes geologiske lag i undergrunden med varmt vand i tilstrækkelige mængder, som kan pumpes fra de underjordiske lag og op til overfladen.

Kortlægningen af undergrunden er baseret på dybe boringer og seismiske undersøgelser. Ved seismiske undersøgelser sender man trykbølger ned igennem jorden. De kastes tilbage fra de geologiske lag, og ved at opsamle de reflekterede signaler kan man kortlægge dybden til undergrundens lag og tykkelsen af lagene. Tidligere brugte man dynamit til at skabe trykbølgerne, men nu bruger man på land hovedsagelig tunge køretøjer, som kan sende vibrationer ned i undergrunden, mens man til søs bruger luftkanoner som affyres under højt tryk.

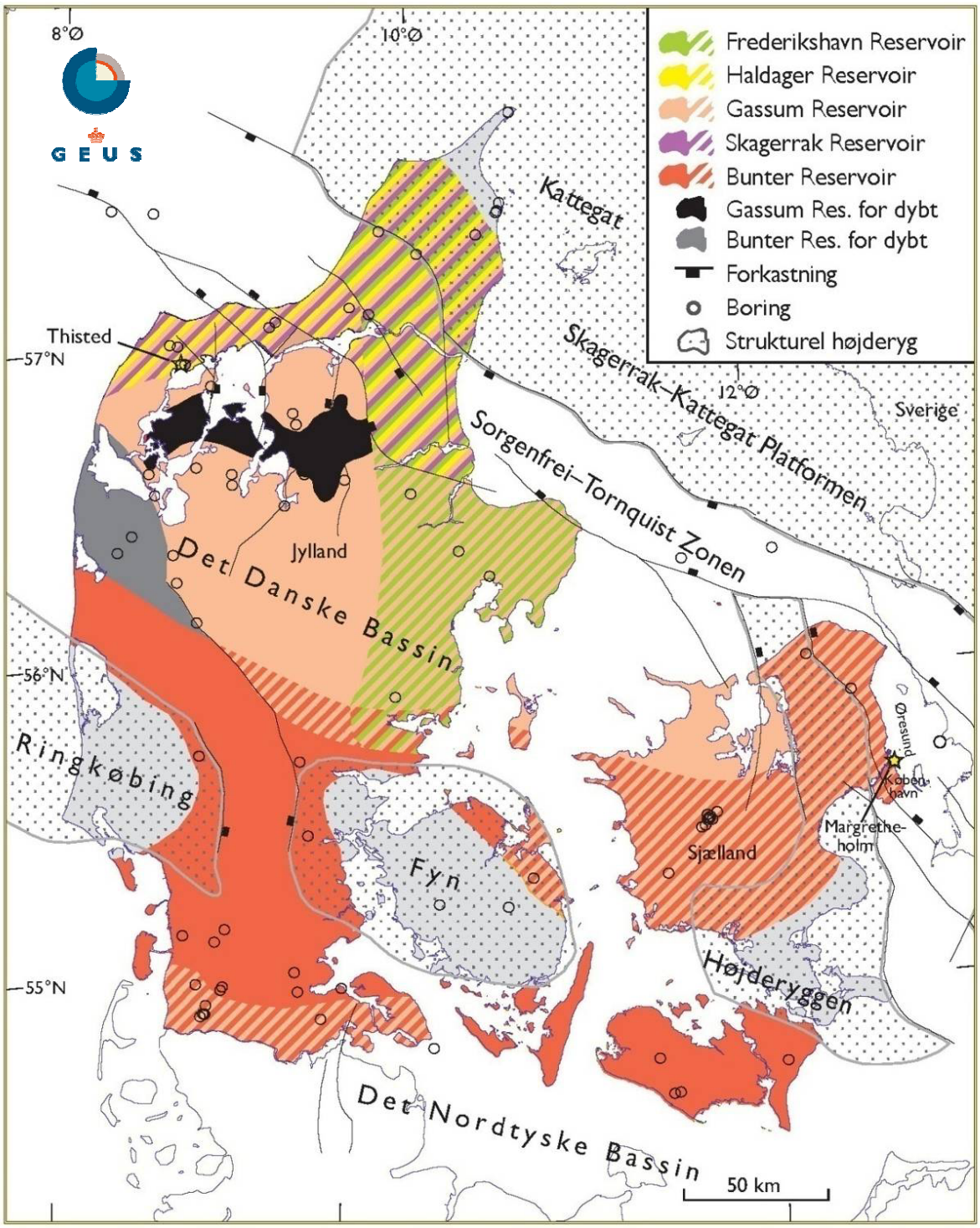
På baggrund af den geologiske viden er en række reservoirer med sandstenslag identificeret. Det er alle sandstenslag som tilhører formationer fra de geologiske perioder Trias, Jura og Kridt:

- Frederikshavn Formationen: Jura/Kridt alder, siltsten og finkornet sandsten med lag af lersten.
- Haldager Sand Formationen: Jura alder, fin til grovkornet sandsten med lag af silt- og lersten.
- Gassum Formationen: Trias/Jura alder, fin til mellemkornet sandsten og lokal grovkornet sandsten.
- Skagerrak Formationen: Trias alder, grov og dårlig sorteret sandsten med lag af lersten.
- Bunter Sandsten Formation: Trias alder, fin til mellemkornet og lokal grovkornet sandsten.

I Figur 2 er vist et kort over det regionale geotermiske potentiale i Danmark baseret på GEUS' mangeårige arbejde. Kortet viser, at det er sandsynligt, at der findes potentielle sandstensreservoirer i hovedparten af landet og nærkystområderne. Desuden findes der flere områder, hvor to eller flere af de potentielle reservoirer kan have et geotermisk potentiale. Simple overslagsberegninger viser, at Danmarks undergrund har meget store geotermiske ressourcer, og at geotermisk energi vil kunne bidrage til varmeforsyningen i adskillige hundrede år. Hovedstadsområdets Geotermiske Samarbejde (HGS) offentliggjorde i begyndelsen af 2009 en ny vurdering, som viser, at de geotermiske reserver i det østlige Sjælland kan dække 30-50 % af fjernvarmeproduktionen i hovedstadsområdet i flere tusind år.

Eksisterende og planlagte anlæg og mulige barrierer

Der er hidtil etableret 2 dybe geotermiske anlæg i Danmark. I 1984 blev der etableret et anlæg ved Thisted som har været i drift siden. En borekampagne i forbindelse med projektet viste imidlertid, at reservoirkvaliteten aftager markant med dybden, og interessen for projekter, hvor det varme vand var planlagt til at skulle hentes fra store dybder, kølnedes noget. Siden har ny teknologi betydet, at varmen fra relativt lave temperaturer kan udnyttes mere effektivt, så man ikke længere er så afhængig af meget varmt vand fra dybe, lav-porøse og lav-permeable reservoirer. I 2005 blev der således etableret endnu et anlæg ved Amagerværket i København, og senest er der udført undersøgelser for planlagte anlæg ved Sønderborg og Viborg.



Figur 2 Kort over Danmark som viser det regionale geotermiske potentiale for mulige sandstensrige reservoirer. Kortet er baseret på en begravelsesdybde for reservoirerne på 1000–3000 m og på at reservoirtykkelsen er større end 25 m. De hvide områder indikerer at reservoiret ikke er til stede (Ringkøbing-Fyn Højeryggen), ligger for grundt (< 1000 m; nordligste Jylland) eller er begravet for dybt (> 3000 m; centrale del af Det Danske Bassin). Bemærk fordelingen af de dybe boringer, samt placeringen af de to geotermiske anlæg ved Thisted og på Margretheholm nær København.

En væsentlig barriere for udnyttelse af den store danske geotermiske ressource er de geologiske risici. Det er derfor et mål for GEUS' løbende forskningsaktiviteter at reducere risiciene ved at øge vores viden om undergrundens opbygning og beskaffenhed, og derved muliggøre etablering af mere pålidelige og detaljerede geologiske prognoser. Usikkerheden i prognoserne er dels relateret til de komplicerede geologiske forhold i undergrunden, og dels til utilstrækkelige og ujævnt fordelt data, hvilket medfører, at de regionale geologiske modeller for de potentielle geotermiske reservoirer ofte er usikre, når det kommer til konkrete vurderinger af lokale geotermiske prospekter. Eksempelvis er der mange områder, hvor det nuværende datagrundlag er for mangelfuldt til, at de lokale variationer i reservoirernes udbredelse, kontinuitet, tykkelse, kvalitet og temperatur kan kortlægges og forudsiges med en stor sikkerhed og detaljeringsgrad.

En præcis vurdering af det geotermiske potentiale af lokale prospekter eller byer forudsætter blandt andet, at det lokale aflejringsmiljø for reservoiret vurderes i tilstrækkelig detaljegrad og sættes i relation til den lokale indsynkningshistorie, samt at den diagenetiske udvikling af reservoiret vurderes og eventuelt undersøges på basis af tilgængelige lokale data og prøvemateriale. Seismiske data bør tolkes med henblik på vurdering af reservoirets dybde og kontinuitet samt identifikation af eventuelle forkastninger. Data fra nærliggende boringer vurderes ved hjælp af kvantitativ computer-baseret logtolkning og eventuel bassin- og reservoirmodellering. Data fra prøvepumpetest i forbindelse med den første prøveboring vil derfor give værdifulde informationer om reservoirets ydeevne.

Herunder opremses kort en række barrierer for udnyttelsen af geotermisk energi i Danmark:

- Fossile brændstoffer er billige, effektive og meget fleksible.
- Generelt har vi varme nok, idet varme er et biprodukt ved el-produktionen fra olie, gas, kul eller andre brændsler, og denne varme bruges via fjernvarmenettet.
- Geotermisk efterforskning inklusiv nye seismiske data, 2 boringer og rådgivning koster minimum 50 mio. kr.

Skitse til modning af beslutningsprocessen vedr. et områdes geotermiske potentiale
Alle geotermiske prospekter er forbundet med en vis risiko; GEUS vurderer generelt, at chancen for succes ligger mellem 0 og 90 % afhængig af områdets undergrund. De indledende undersøgelser tjener formålet at indskrænke dette udfaldsrum; GEUS anbefaler derfor følgende mulige arbejdsgang for at minimere efterforskningsrisikoen og trinvis øge beslutningsgrundlaget for fortsættelse eller opgivelse:

- Opstilling af en **foreløbig geologisk model** baseret på lokale data (i den udstrækning sådanne findes) kombineret med GEUS´ regionale geologiske modeller.

- Hvis der findes ikke-frigivne seismiske eller boringsdata i eller nær lokalområdet, kan licensansøgeren overveje at søge adgang til disse data da de kan styrke sikkerheden af den geologiske model.

- Hvis den foreløbige geologiske model forudsiger, at der findes reservoirer med et begrænset potentiale i lokalområdet, bør en **foreløbig simulering af reservoirets mulige vandproduktion** foretages for at få et så præcist udtryk for den mængde af varmt vand, der kan udnyttes, som muligt.

- Hvis det beregnede potentiale er tilstrækkeligt til geotermisk udnyttelse, vil næste trin være at indsamle en tilstrækkelig mængde **nye seismiske data,** så en detaljeret seismisk kortlægning af lokalområdet kan foretages, bl.a. for at sikre at prospektet ikke gennemskæres af større forkastninger.

- Efter **tolkning og kortlægning** af de nye data opstilles en **ny revideret geologisk model** baseret på integration af de nye og tidligere data; på denne baggrund opstilles en ny og mere sikker prognose.

- Hvis prognosen for den valgte lokalitet er tilfredsstillende med hensyn til tilstedeværelse af et eller flere reservoirer med gode sandstenslag med geotermisk potentiale og tilstrækkelig afstand til forkastninger m.m., vil næste trin være at opstille en egentlig **boreprognose** for en efterforskningsboring.

- I forbindelse med **udførelsen af efterforskningsboringen** gennemføres der grundige **pumpetests** i de potentielle sandstenslag for at få afklaret, om undergrunden er velegnet til geotermisk varmeproduktion.

- Herefter vurderes resultaterne af boringen med fokus på beskaffenheden og dybdeforholdene af undergrundens lag; resultaterne evalueres, og **forventningerne til det geotermiske potentiale justeres**.

- Hvis **prøvepumpningen af boringen** i de potentielle sandstenslag er positiv, kan det være med til at afklare, hvor store mængder varmt vand der kan produceres, og om et geotermisk anlæg kan etableres.

- De nye data integreres med de eksisterende data, og **den regionale geologiske model for undergrundens opbygning opdateres** baseret på de nye boringsinformationer, hvorved modellen styrkes, og sikkerheden i fremtidige vurderinger af efterforskningsrisici øges.

OVERFLADENÆR GEOTERMI (JORDVARME)

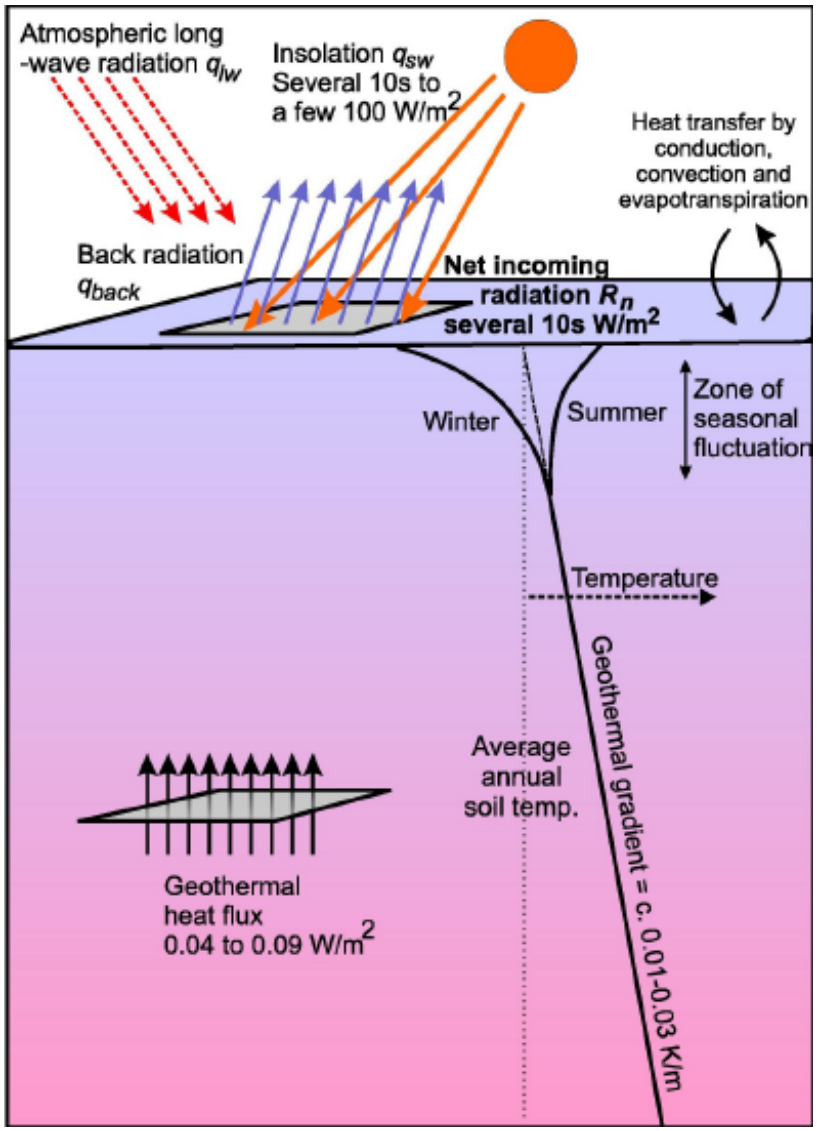
Hvor den dybe geotermi udnytter varmen fra jordens indre gennem oppumpning af varmt vand fra kilometer-dybe boringer, udnytter den overfladenære geotermi den oplagrede varme i de øverste jordlag baseret på en kombination af varmepumper og slanger i jorden til at optage varmen, eller varmepumper som optager varmen direkte fra oppumpet grundvand. Det hele foregår ved relativt lave temperaturer, typisk 8-11 °C, og jordvarmeanlæg kan, hvis de er designet rigtigt, benyttes til både varme og køling.

Ved udnyttelse af jordvarme produceres typisk 3-5 gange så meget energi som der tilføres i form af elektricitet til varmepumpen og en britisk undersøgelse /6/ viser således at CO_2-udledningen ved opvarmning baseret på jordvarme typisk er det halve i forhold til opvarmning med f.eks. naturgasfyr.

Varmepotentialet i de øverste få hundrede meter af jorden stammer primært fra solindstråling og i mindre grad fra den geotermiske varmeflux fra jordens indre, se også Figur 3. En anden essentiel forskel er at anlæg til udnyttelse af den dybe geotermiske energi typisk er af

en størrelse, hvor flere tusinde husstande forsynes med varme, og mest hensigtsmæssigt udnyttes i kombination med eksisterende fjernvarme-infrastruktur. I modsætning hertil er jordvarmeanlæg typisk designet til forsyning af alt fra en enkelt husstand til større enkeltbygninger/bygningskomplekser.

Hvor enfamiliehusstande kun har behov for opvarmning, er det med varmepumpeteknologi muligt at dække behovet for både opvarmning og afkøling i f.eks. større kontorbygninger. Jordvarme har således et stort potentiale både i forbindelse med f.eks. skrotning af gamle oliefyr i private centralvarmeanlæg, og i forbindelse med opvarmning/afkøling af større bygninger.



Figur 3. Figuren illustrer fordelingen af solindstråling og varmeflux fra jordens indre, årstidsvariationer i temperaturen i de øverste 10-20 m af jorden og den generelle temperaturgradient (fra David Banks, 2008 /6/).

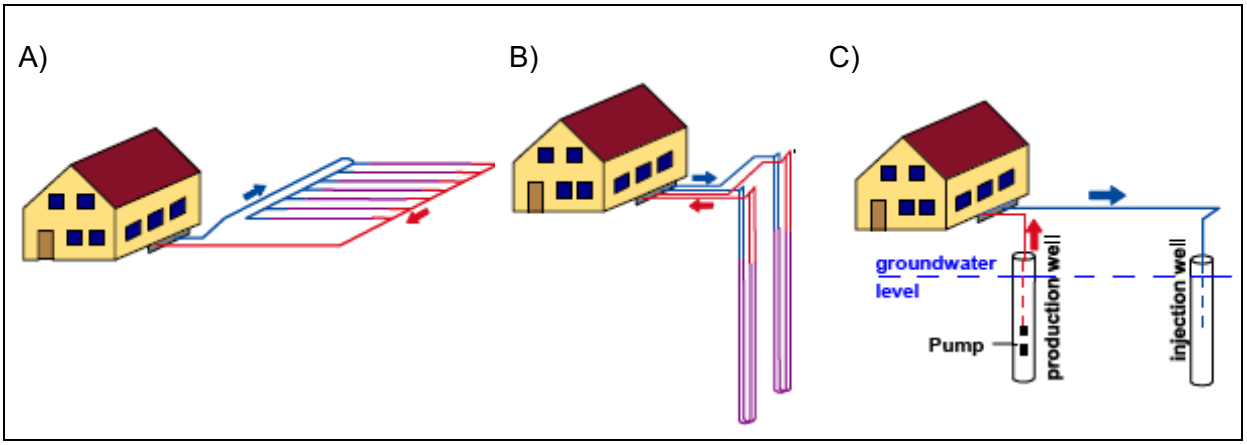
Det er relevant at skelne mellem 3 forskellige typer jordvarmeanlæg, se Figur 4:

A) Lukkede systemer med horisontale slanger ca. 1 m under terræn.

B) Lukkede systemer med vertikale slanger monteret i jordvarmeboringer.

C) Åbne systemer med en produktionsboring og en injektionsboring.

I de lukkede systemer cirkuleres en frostsikret væske i slanger. Væsken optager varme fra jorden som afgives i en varmepumpe, og den afkølede væske ledes atter gennem slangerne og optager på ny varme fra jorden.



Figur 4...llustration af forskellige typer jordvarmeanlæg. A) Lukket system med horisontale slanger ca. 1 m under terræn. B) Lukket system med vertikale slanger i jordvarmeboringer. C) Åbent system med boringer til produktion og injektion (fra Burkhard Sanner, 2011 /7/).

Anlæg med horisontale slanger kræver relativt meget areal og genetablering efter installation. De horisontale anlæg er desuden påvirket af årstidsvariationer med lave temperaturer i jorden i vinterhalvåret og høje temperaturer om sommeren, se Figur 3. De lave temperaturer om vinteren giver selvfølgelig en dårligere driftsøkonomi, men til gengæld opvarmes jordvolumet relativt hurtigt i løbet af sommeren.

Anlæg med vertikale slanger installeret i jordvarmeboringer kræver stort set ingen plads og meget lidt genetablering, men kan være lidt dyrere i anlægsomkostninger. Til gengæld har de typisk en bedre udnyttelsesgrad i kraft af højere og ikke mindst konstant temperatur i jorden året igennem, Figur 4. Man skal dog være opmærksom på energibalancen i systemet,da gen-opvarmningen af jordvolumet foregår væsentligt langsommere, når man er under den dybde, som er påvirket af årstidsvariationerne (typisk 10-20 m). Systemet kan optimeres ved tilførsel af varme i sommerperioden, enten i forbindelse med køling i bygninger eller f.eks. via solfangerpaneler. I større målestok har jordvarmeboringer imidlertid også et stort potentiale for lagring af energi, som produceres på tidspunkter, hvor behovet er lille, eller hvor der er overproduktion, som det typisk er tilfældet med f.eks. kraftvarmeværker i sommerperioden, vindmøller og solvarmepaneler.

I de åbne systemer afkøles oppumpet grundvand i varmepumpen og ledes tilbage i jorden i en injektionsboring. Der er relativt strenge krav om minimal påvirkning af de lokale hydrogeologiske forhold og temperaturer i grundvandssystemet, og der kan forekomme interessekonflikter med drikkevandsindvinding og mellem naboanlæg.

Eksisterende anlæg, vigtige parametre og mulige barrierer
Udnyttelse af jordvarme i Danmark har indtil nu hovedsageligt været baseret på lukkede anlæg med horisontale slanger, men lukkede anlæg med vertikale slanger i jordvarme-boringer begynder at blive mere udbredt og i f.eks. Tyskland og især Sverige er antallet af denne type anlæg meget højt. Antallet af jordvarmeanlæg baseret på åbne systemer i Danmark er relativt begrænset, og de fleste har været designet til køling.

Der eksisterer ikke nogen formel registrering af jordvarmeanlæg i Danmark, men det samlede antal blev i 2008 skønnet til at være omkring 25.000 /8/. Tilsvarende var der 230.000 jordvarmeanlæg i Sverige i 2004, og 80 % af disse skønnedes at være lukkede systemer med vertikale slanger i boringer /9/.

Jordens termiske egenskaber har betydning for, hvor meget energi der kan indvindes i et lukket vertikalt jordvarmesystem. Det drejer sig om parametre som varmeledningsevne, termisk diffusivitet, specifik varmekapacitet, varmestrøm, temperaturgradient og overfladetemperatur m.m. Desuden har det betydning, hvilke materialer der er brugt til slanger og forsegling. Udover jordlag og materialers termiske egenskaber, betyder flowhastigheden og viskositeten af væsken i jordkredsløbet også noget for, hvor megen varme der optages i slangerne.

Varmeledningsevnen i de øvre jordlag er generelt bedre under grundvandsspejlet end over, fordi vandet i jorden forbedrer kontakten mellem de enkelte korn (luft har en meget ringe varmeledningsevne). Herudover kan interaktion med det omgivende grundvandssystem være både en fordel og en ulempe i forbindelse med lukkede systemer i jordvarmeboringer. Generelt vil grundvandsstrømning i et område have en positiv effekt, hvis jordvarmeboringer anvendes udelukkende til enten opvarmning eller afkøling, fordi der tilføres energi fra andre områder til det aktuelle jordvolumen. Tilsvarende vil grundvandsstrømning generelt have en negativ effekt ved alternerende drift (opvarmning om vinteren og afkøling om sommeren) eller ved lagring af overskudsvarme, fordi grundvandsstrømningen i et vist omfang vil fjerne den tilførte energi fra jordvolumet.

Selvom vore nabolande har stor erfaring i etablering af vertikale lukkede systemer, mangler vi i høj grad viden om og erfaring med denne type anlæg under danske geologiske forhold. I Sverige etableres næsten alle jordvarmeboringer i krystallint grundfjeld, som er nemmere at bore i og har markant bedre varmeledningsegenskaber end bløde sedimenter. I den tyske VDI norm for termisk udnyttelse af undergrunden findes der eksempler på forskellige jord- og bjergarters varmeledningsevne og varmekapacitet, men det er kun i Nordtyskland, at de overfladenære geologiske forhold er sammenlignelige med vores, og vi mangler både undersøgelser og viden om danske jordarters termiske egenskaber. Samtidig er der behov for mere viden om design af anlæg i forhold til energibehov og en effektiv og stabil drift med balance i energiudnyttelsen.

Energistyrelsen har i en undersøgelse i 2010 /10/ identificeret en række barrierer for udbredelsen af jordvarmeanlæg i Danmark:

- Tilbagebetalingstiden på etablering af anlæg
- Manglende gennemsigtighed i markedet
- Generel mangel på viden og erfaring
- Manglende uddannelse af designere og installatører

Nyt forsknings- og udviklingsprojekt
Et nyt forsknings- og udviklingsprojekt sætter fra 1. marts 2011 og 3 år frem fokus på jordvarmeboringer. Projektets titel er "GeoEnergi, Energianlæg baseret på jordvarmeboringer - udvikling af markedsfremmende værktøjer og best practice". Formålet med projektet er at bane vejen for større udbredelse af varmepumpesystemer baseret på jordvarmeboringer gennem tilvejebringelse af viden, værktøjer og best practice for planlægning og design af installationer. Projektets aktiviteter er struktureret i 8 work packages og omfatter:

- Indsamling og analyse af eksisterende information og erfaring samt identifikation af nøgleparametre for planlægning, design og installation af varmepumpesystemer baseret på jordvarmeboringer.

- Et omfattende kortlægnings- og måleprogram af overfladetemperaturer, temperaturgradienter og termiske egenskaber af forskellige jordarter og materialer.

- Optimering af systemdesign i forhold til miljø og økonomi, baseret på eksisterende installationer og test sites, inklusiv borearbejde og udstøbning af boringer, automatisering af systemer, analyser af energibalance, energilagring (opvarmning og afkøling) samt modellering af varme- og grundvandsstrømning.

- Opbygning af en database med resultater fra indsamling af eksisterende informationer, måleprogrammer og kortlægningsarbejde.

- Oplysnings- og informationsaktiviteter, inklusiv brugerflade til database, kursusmateriale til uddannelse og efteruddannelse, workshops og seminarer, tekniske vejledninger og forslag til udbygning af administrationsgrundlag.

Projektet støttes af Energistyrelsens Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP), ledes af GEUS og udføres sammen med 8 partnere: VIA University College, Horsens; Geologisk Institut, Aarhus Universitet; Den Jydske Håndværkerskole; Dansk Miljø- og Energistyring A/S; Geodrilling A/S; Brædstrup Fjernvarme AMBA; DONG Energy Power A/S; Robert Bosch A/S, IVT Naturvarme.

KONKLUSION

Den danske undergrund har et stort potentiale som geotermisk ressource til såvel opvarmning som køleformål. For både dyb geotermi og jordvarme er der tale om vedvarende energikilder, som kan bidrage væsentligt til den globale klimaudfordring. For den dybe geotermi er det helt essentielt at minimere den geologiske og økonomiske risiko gennem grundige forundersøgelser. For jordvarme mangler vi stadig viden og praktisk erfaring for at kunne udnytte ressourcen optimalt, ligesom der kan være områder, hvor en vedtagen varmeplan eller lokalplan spænder ben for etablering af f.eks. jordvarmeboringer.

En øget elproduktion fra vindkraft vil give plads til både mere dyb geotermi og jordvarme i forhold til den eksisterende overskudsproduktion af varme på kraftvarmeværkerne, ligesom jordvarmeboringer kan benyttes som energilager i kombination med både solfangeranlæg og overskudsvarmen fra kraftværkerne i sommerperioden.

Med den stærkt øgede fokus på klima- og energiområdet tyder meget på, at vi i Danmark vil kunne nå op på, at en væsentlig del af vores energi til opvarmning (og afkøling) kommer fra jorden, og aktiviteten bliver næppe mindre nu, hvor Regeringen har vedtaget, at private oliefyr skal udfases allerede fra næste år.

REFERENCER

/1/ Kortlægning af potentielle geotermiske reservoirer i Danmark. Michelsen, O., 1981. Danmarks Geologiske Undersøgelse Serie B Nr. 5.

/2/ Geotermi i Danmark: Geologi og ressourcer. Sørensen, K., Nielsen, L.H., Mathiesen, A. & Springer, N., 1998: GEUS Rapport 1998/123.

/3/ Vurdering af det geotermiske potentiale i Danmark. Mathiesen, A., Kristensen, L., Bidstrup, T. & Nielsen, L.H., 2009. GEUS Rapport 2009/59.

/4/ Atlas of Geothermal Resources in the European Community, Austria and Switzerland. Haenel, R. & Staroste, E. (eds), 1988. Verlag Th Schäfer, Hannover Germany.

/5/ Atlas of Geothermal Resources in Europe. Publication No. EUR 17811. Hurter, S. & Haenel, R. (eds), 2002. Office for Oficial Publications of the European Communities, Luxemburg.

/6/ An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling. Banks, D., 2008. Blackwell, Oxford.

/7/ Overview of shallow geothermal systems. In: Geotrainet training manual for designers of shallow geothermal systems. ISBN No. 978-2-9601071-0-4. Sanner, B., 2011. Geotrainet Project IEE/07/581/SI2.499061.

/8/ Jordvarmeanlæg – Teknologier og risiko for jord- og grundvandsforurening. Miljøprojekt Nr.1238 udarbejdet af COWI, Willumsen, B., 2008. Miljøstyrelsen.

/9/ Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps. A world overview. Lund, J., Sanner, B., Rybach, L., Curtis, R. & Hellström, G., 2004. GHC Bulletin.

/10/ Varmepumper i helårshuse. Barrierer og erfaringer blandt danske husejere. Analyse udarbejdet for Energistyrelsen af Publikum Kommunikation og inVirke. ISBN www: 978-87-7844-866-8, 2010. Energistyrelsen.