

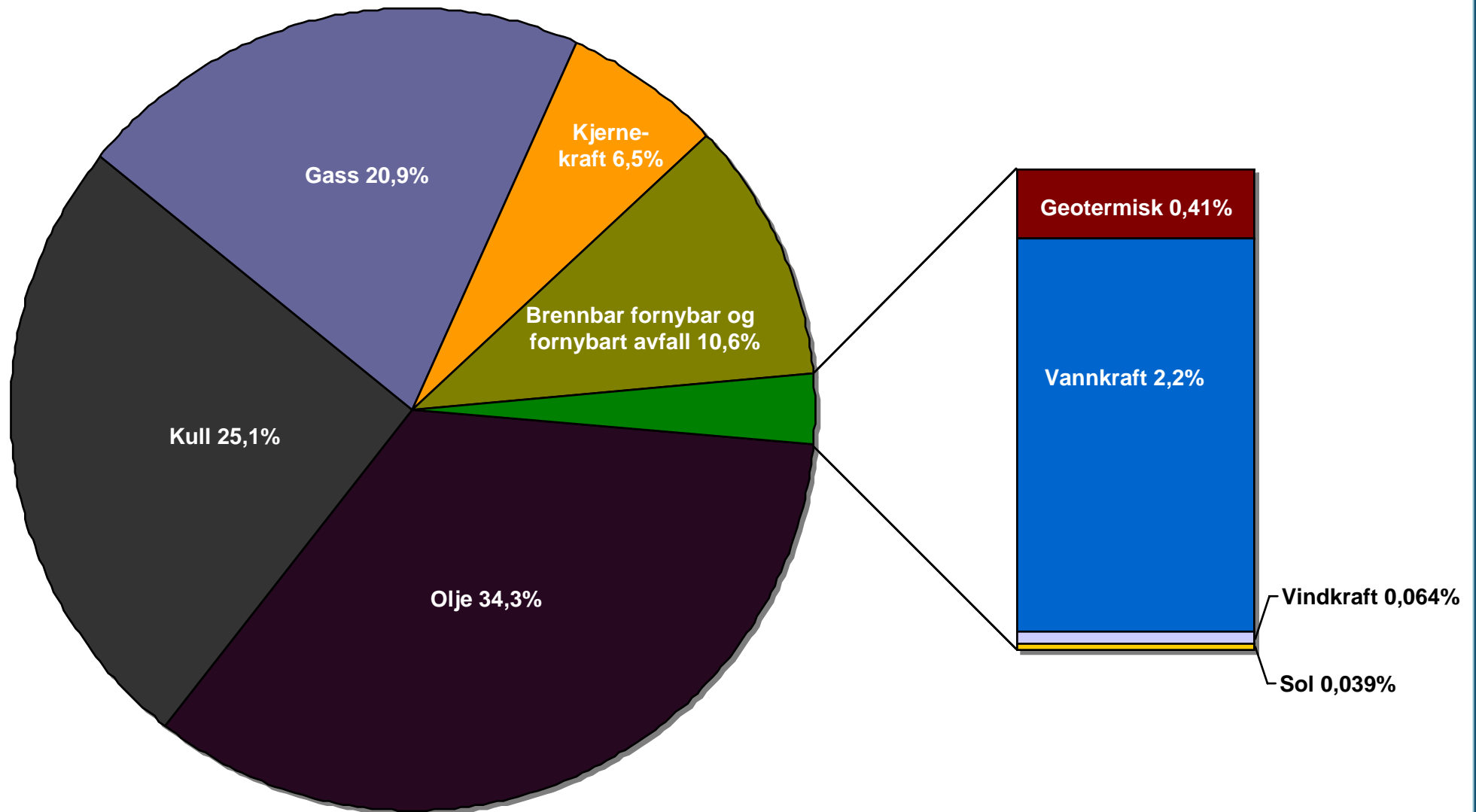
# **Vår varme jord**

## **Utvinning av geotermisk energi**

**Inga Berre**  
**Matematisk Institutt**  
**Universitetet i Bergen**

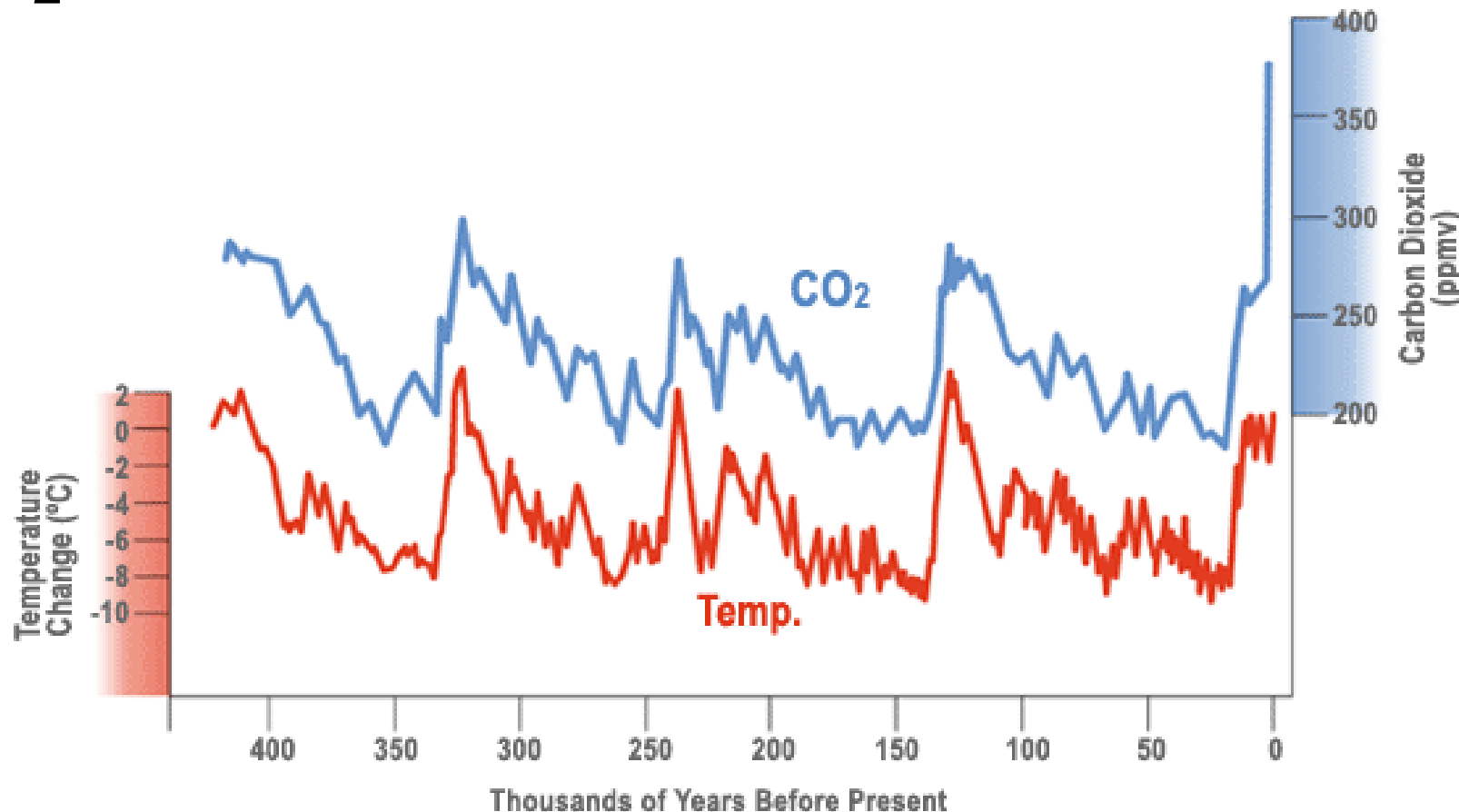


# Verdens energiforbruk



Behovet vil øke med mer enn 50% innen 2030

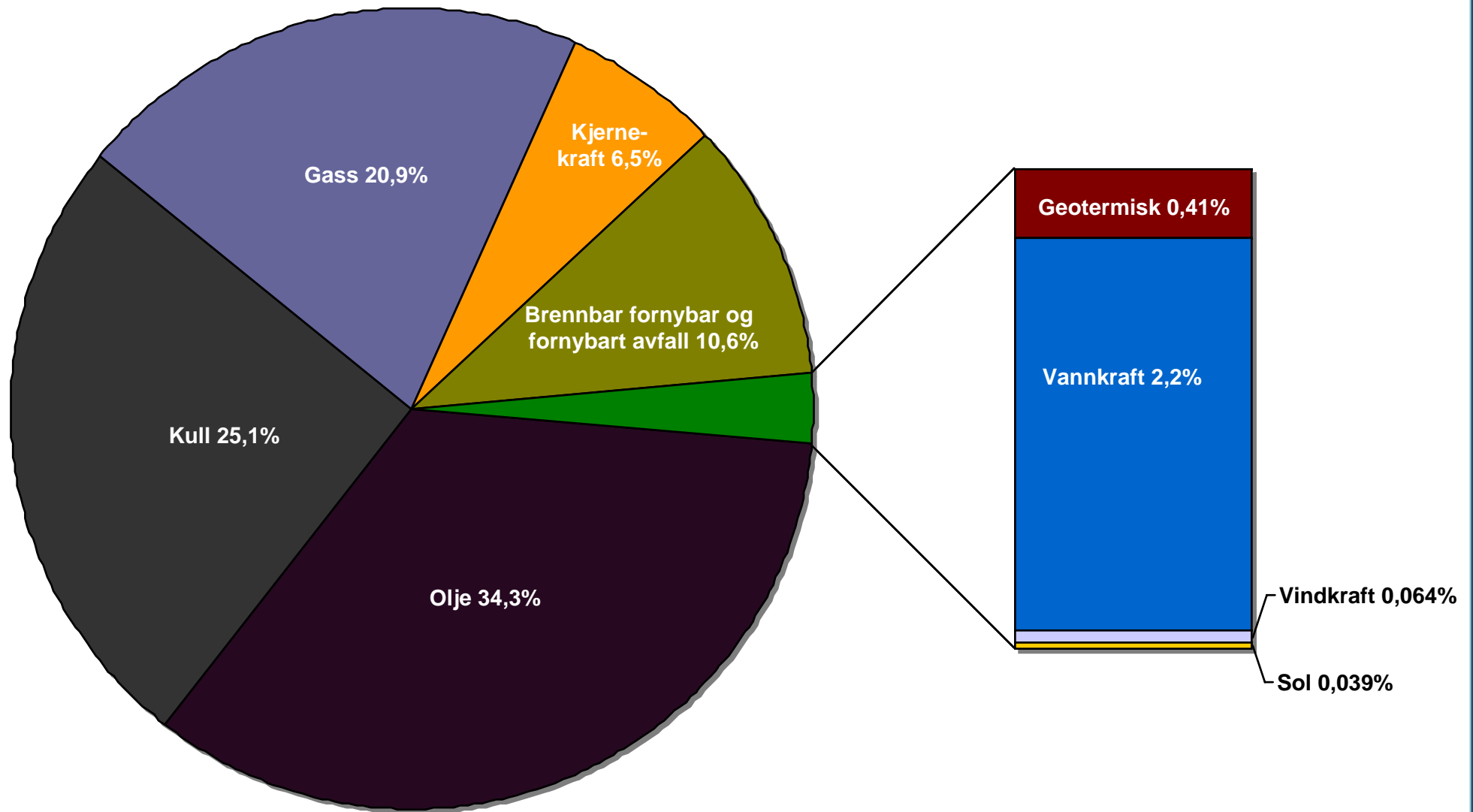
# CO<sub>2</sub>-nivå i atmosfæren



**Arbeidstilsynet:** ”Høyt innhold av CO<sub>2</sub> skyldes mangelfull ventilasjon i forhold til antall personer i lokalene. Tilfredsstillende ventilasjon vil gi konsentrasjoner under normverdien på 1000 ppm.”

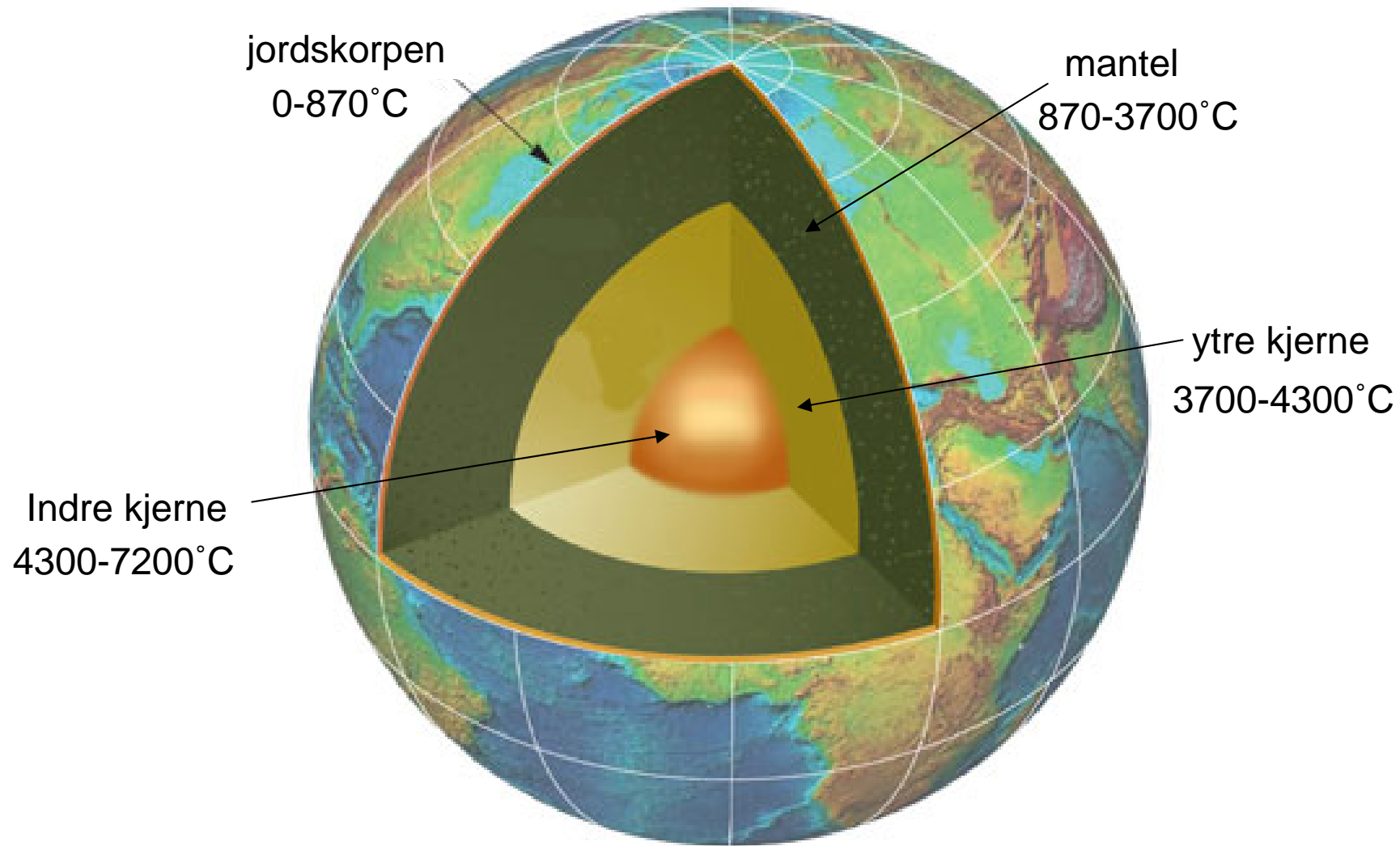


# Verdens energiforbruk



Behovet vil øke med mer enn 50% innen 2030

# Geotermisk energi – varme lagret i jordskorpen

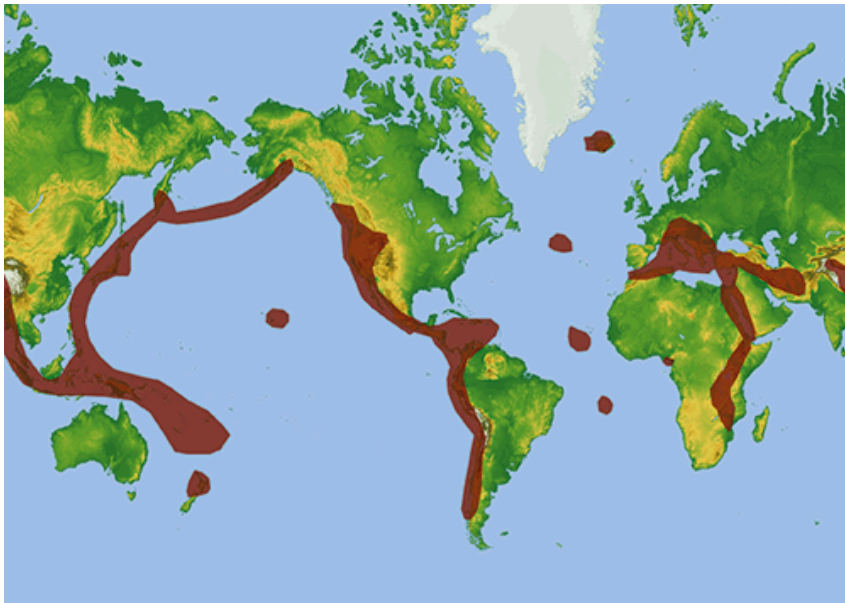


# Geotermisk energi

Varmen i jordskorpen kommer fra:

- Varmetransport fra jordens kjerne og mantel
- Naturlig radioaktivitet i jordskorpen

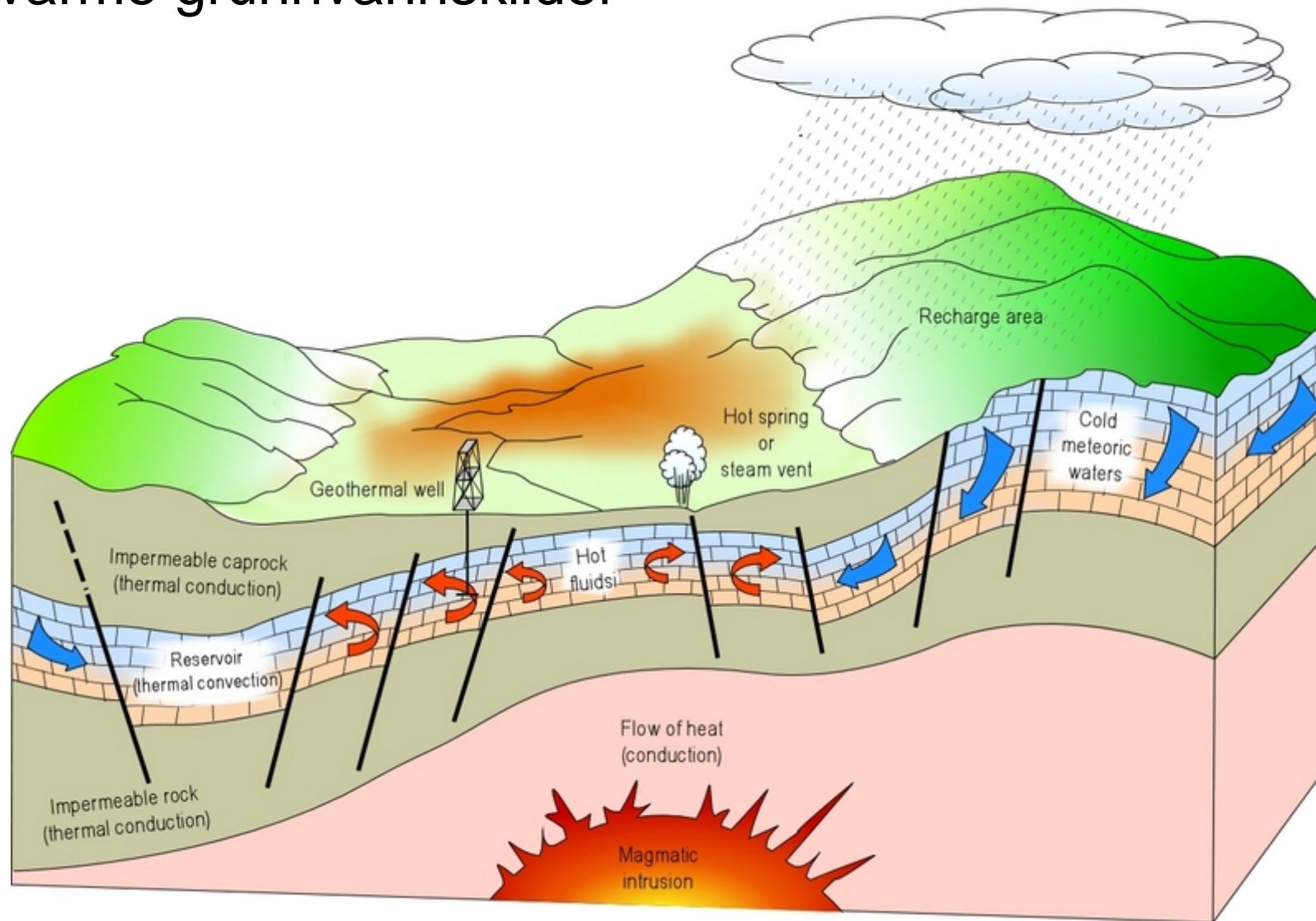
I øvre lag (0-300m) vil også soloppvarming ha effekt, energien her betegnes som grunnvarme



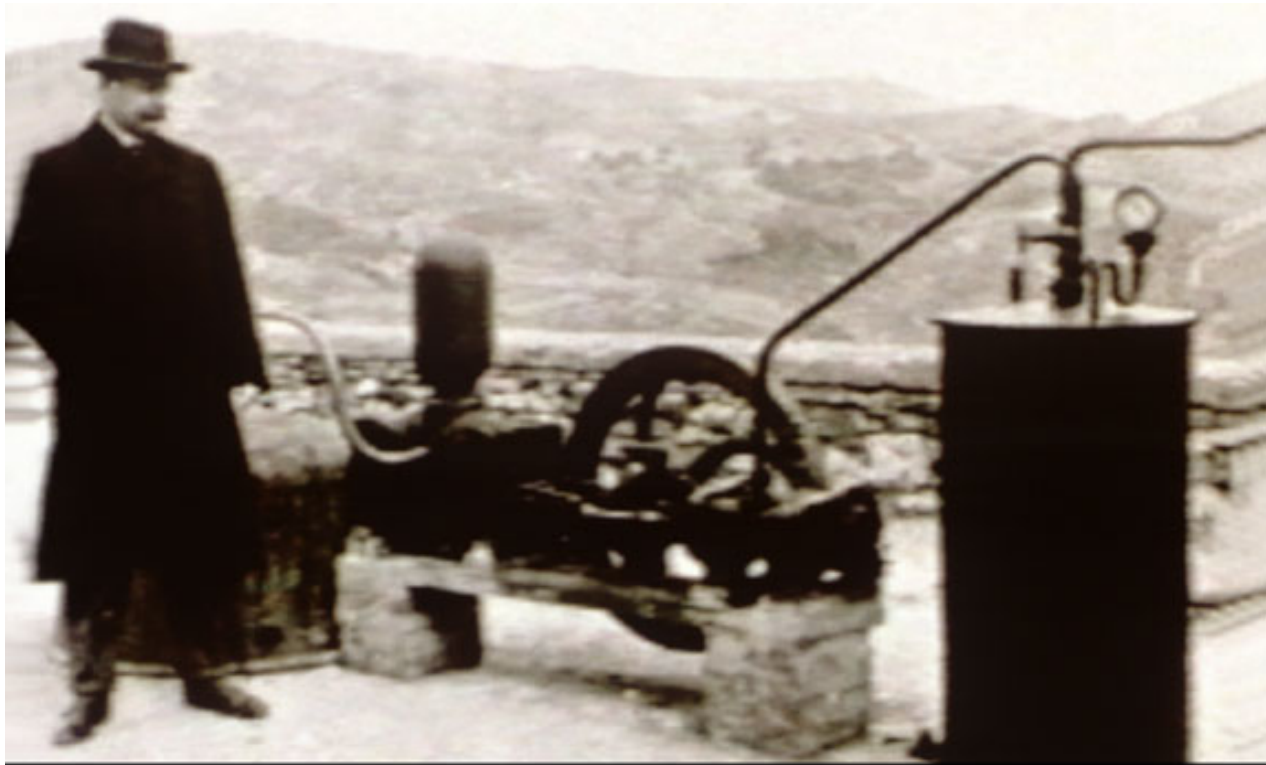
I snitt stiger temperaturen med  $30^{\circ}\text{C}$  per km

# Konvensjonelle hydrotermiske system

- varme grunnvannskilder



# Verdens første geotermiske kraftverk



Lardello, Italia, 1904



# Kraftproduksjon basert på hydrotermiske system



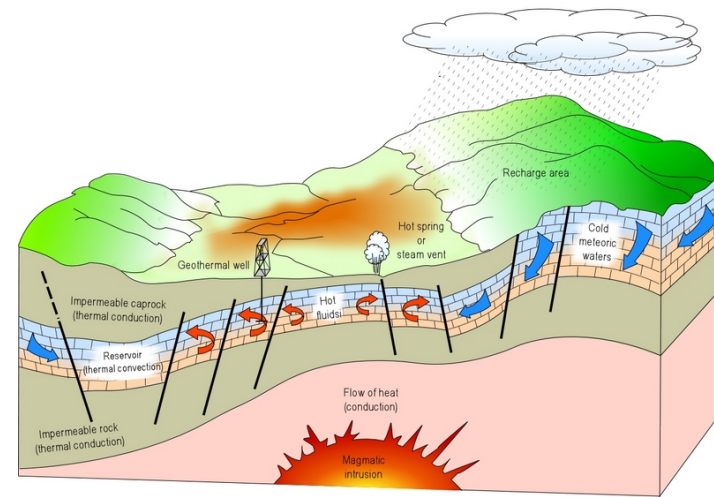
Lardello, Italia, kommersiell kraftproduksjon siden 1907



# Høykvalitets hydrotermiske ressurser

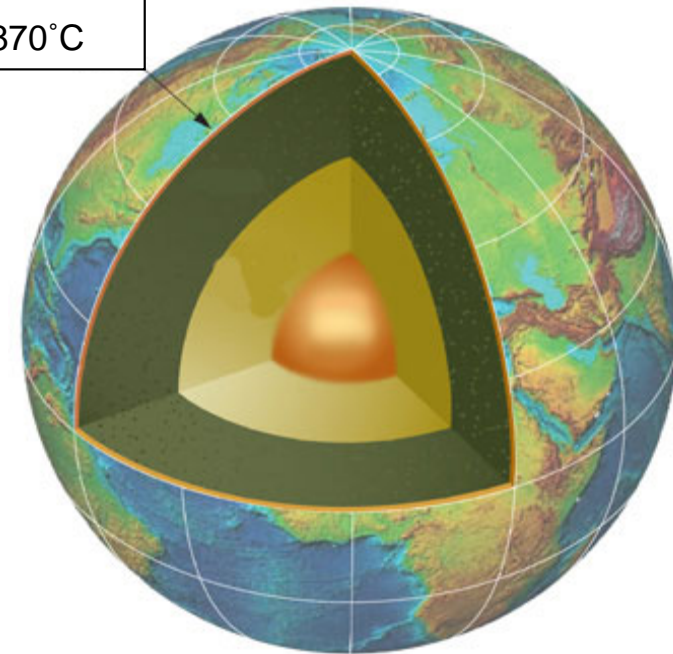
Kjennetegn:

- Temperaturen stiger raskt med dybde
- Tilstrekkelig grunnvann/damp
- Grunnvann/damp strømmer lett i berggrunnen

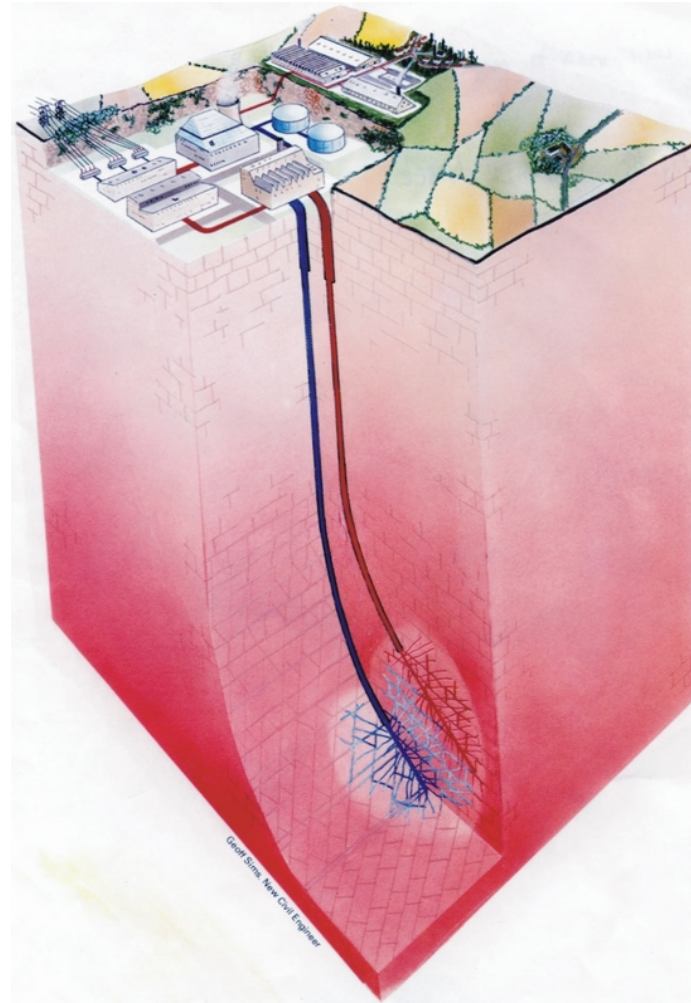


Jordskorpen  
0-870°C

Den utvinnbare ressursen har tidligere vært knyttet til høykvalitets hydrotermiske ressurser, men **dyp geotermisk energi er i prinsippet tilgjengelig overalt!**



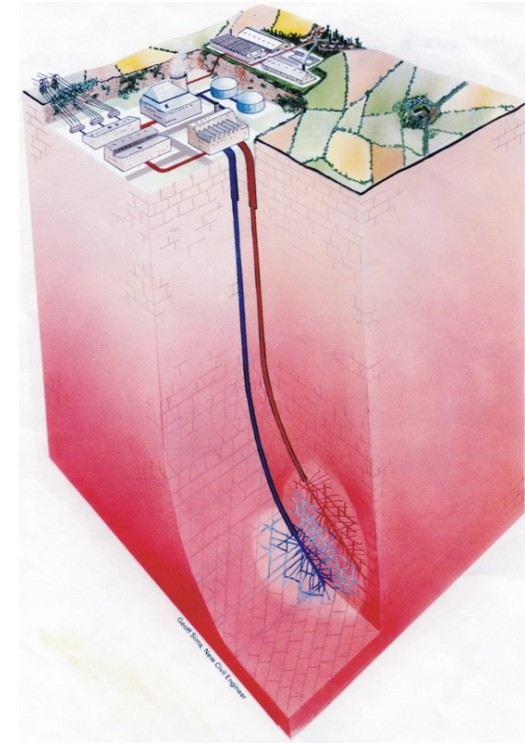
# Konstruerte geotermiske system



Binær syklus teknologi: Strømproduksjon fra 80°C

# Eksempel: Landau, Tyskland

- 3300 m dyp/ 150°C
- 1500 m mellom brønner
- Vellykket oppsprekking av grunnen
- Elektrisitet til 6000 og varme til 2000 husstander
- Kommersiell drift (prisgaranti 0,15€/kWh)
- Nedbetalt innen 10 år



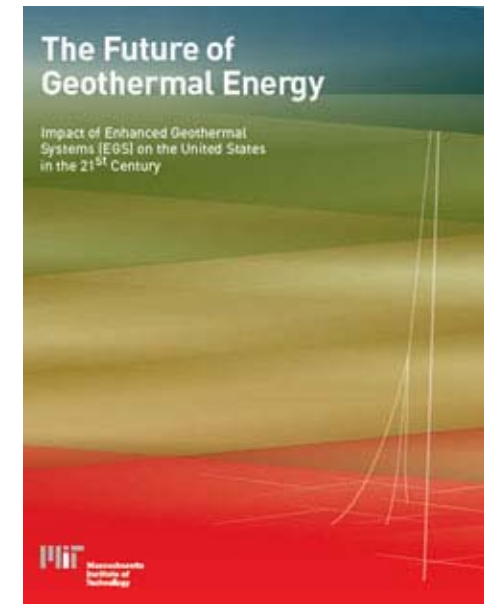
# Miljømessige fordeler

- Små installasjoner på bakkenivå
- Kan dimensjoneres etter behov og plasseres der det er hensiktsmessig
- Tilnærmet utslippsfri
- Krever ikke lagring/backup, transport over lange avstander eller lagring av radioaktivt avfall



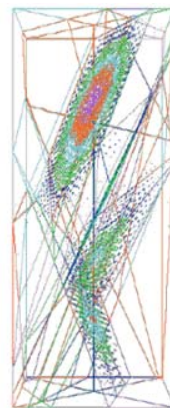
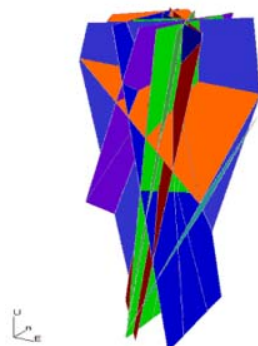
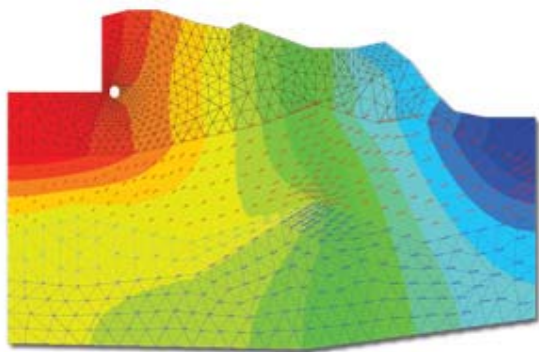
# Energipotensial - dyp geotermisk energi

- 500000 årsforbruk ligger lagret i jordskorpen
- 10% av USA´s elektrisitetsbehov kan dekkes innen 2050 med moderate investeringer
- Europa: tilsvarende overslag, men grundige studier er ikke utført
- Norge: ???



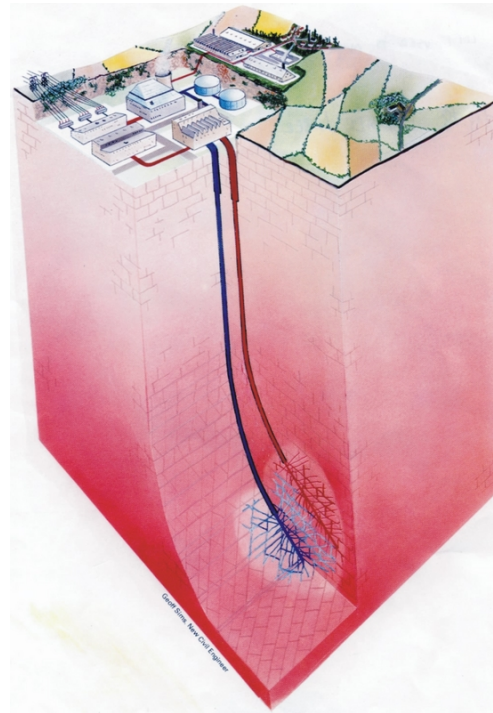
# Forskningsmessige utfordringer

- Kartlegging av tilgjengelig ressurs og reservoar-karakterisering
- Forutse endringer i reservoaret (simuleringer)
- Reduksjon av dype borekostnader
- Kjemiske og fysiske metoder for å endre egenskaper både til reservoaret og tilstedeværende væsker
- Testing/demonstrasjon



# Hvorfor satse på geotermisk energi i Norge?

- Ren, nasjonal energiresurs til kraftproduksjon og oppvarmingsformål
- Teknologi for konstruerte geotermiske system som internasjonal eksportvare



Jordskorpen  
0-870°C

