# Udstyr og målinger på jordprøver og materialer

- Fastlæggelse af måleprocedure
  - Instrumenter
  - Metode
- Bestemmelse af termiske egenskaber
  - Geologi
  - Grout (afpropningsmateriale)
  - Slanger og rør

Termisk ledningsevne og varmekapacitet i ”rene prøver”

Fra: Hukseflux

| | Thermal conductivity @ 20°C W/mK | Density @ 20°C Kg/m$^3$ | Volumetric heat capacity @ 20°C $10^6$ J/m$^3$K |
|---|---|---|---|
| Air | 0.025 | 1.29 | 0.001 |
| Glycerol | 0.29 | 1260 | 3.073 |
| Water | 0.6 | 1000 | 4.180 |
| Ice | 2.1 | 917 | 2.017 |
| Olive oil | 0.17 | 920 | 1.650 |
| Gasoline | 0.15 | 720 | 2.100 |
| Methanol | 0.21 | 790 | 2.500 |
| Silicone oil | 0.1 | 760 | 1.370 |
| Alcohol | 0.17 | 800 | 2.430 |
| Aluminium | 237 | 2700 | 2.376 |
| Copper | 390 | 8960 | 3.494 |
| Stainless Steel | 16 | 7900 | 3.950 |
| Aluminium Oxide | 30 | 3900 | 3.413 |
| Quartz | 3 | 2600 | 2.130 |
| Concrete | 1.28 | 2200 | 1.940 |
| Marble | 3 | 2700 | 2.376 |
| Glass | 0.93 | 2600 | 2.184 |
| Pyrex 7740 | 1.005 | 2230 | 1.681 |
| PVC | 0.16 | 1300 | 1.950 |
| PTFE | 0.25 | 2200 | 2.200 |
| Nylon 6 | 0.25 | 1140 | 1.938 |
| Corian (ceramic filled) | 1.06 | 1800 | 2.307 |
| Sand (dry) | 0.35 | 1600 | 1.270 |
| Sand (saturated) | 2.7 | 2100 | 2.640 |
| Glass pearls (dry) | 0.18 | 1800 | 1.140 |
| Glass pearls (saturated) | 0.76 | 2100 | 2.710 |
| Wood | 0.4 | 780 | 0.187 |
| Cotton | 0.03 | - | 0.001 |
| Leather | 0.14 | - | 0.001 |
| Cork | 0.07 | 200 | 0.047 |
| Foam glass | 0.045 | 120 | 0.092 |
| Mineral insulation materials | 0.04 | 100 | 0.090 |
| Plastic insulation materials | 0.03 | 50 | 0.100 |

# Termisk ledningsevne i geologiske materialer

*Table 8.6.2 Reported values, as known to the author, of thermal conductivity in different soil types in W/mK.*

| | |
|---|---|
| Range of all reported values for soil | 0.15 to 4 |
| Saturated soil | 0.6 to 4 |
| Sand perfectly dry | 0.15 to 0.25 |
| Sand moist | 0.25 to 2 |
| Sand saturated | 2 to 4 |
| Clay dry to moist | 0.15 to 1.8 |
| Clay saturated | 0.6 to 2.5 |
| Soil with organic matter | 0.15 to 2 |
| Solid Rocks | 2 to 7 |
| Tuff (porous volcanic rock) | 0.5 to2.5 |

Fra Hukseflux

# Instrumenter og metoder

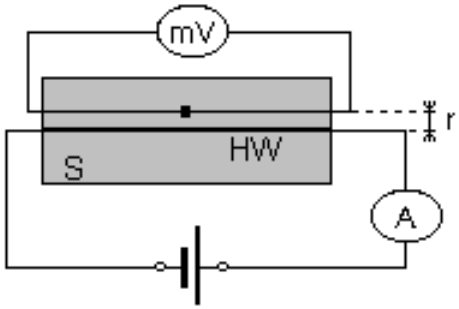
Divided bar: Steady state metode

Dokumenteret effektiv og
pålidelig på faste materialer

# Instrumenter og metoder

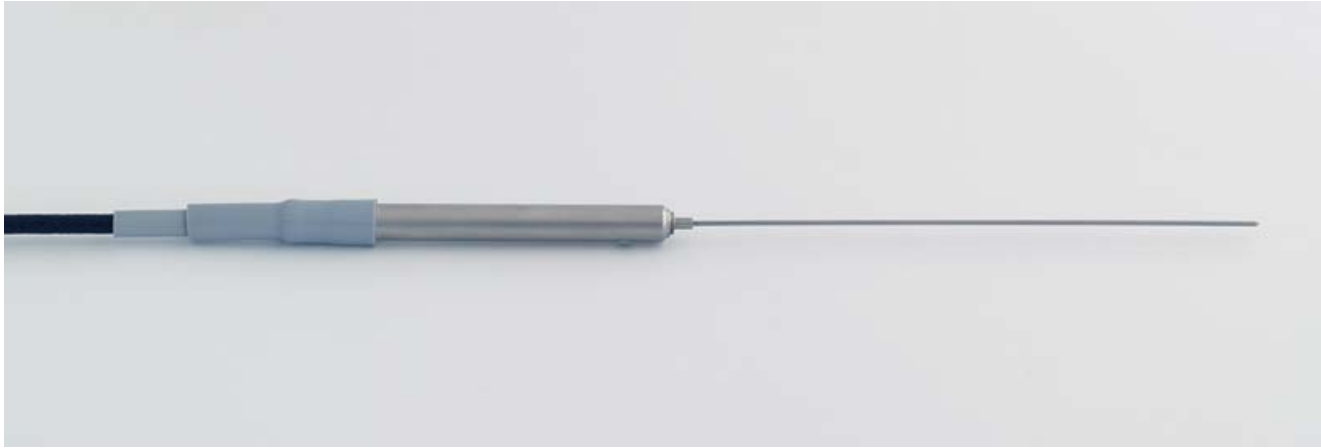
Hot Wire Method: Transient metode

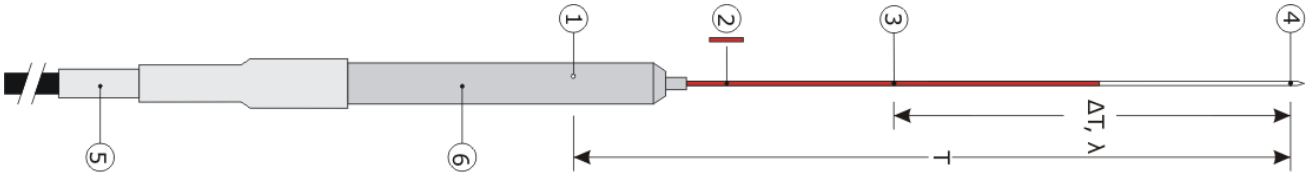
Måler på overfladen af en prøve



# Instrumenter og metoder

## Needle Probe / Nål: Transient metode






1) Temperaturføler
2) Varmetråd
3) Temperaturføler
4) Temperaturføler (reference)

# Instrumenter og metoder

# Instrumenter og metoder

# Geologi

- Udfordringen:
  - Løse sedimenter
  - Varieret sammensætning
  - Overførsel af måleværdier fra lokalitet til lokalitet
  - Måleomstændigheder
    - Vandmætning
    - Konsolidering
    - Homogenitet

# Grout / forseglingsmateriale

- Boringer skal forsegles af hensyn til grundvandet
- Termisk kontakt mellem slanger og jord skal bevares eller forbedres
- Materialet skal bl.a. være:
  - Pumpbart
  - Varmestabilt
  - Kuldestabilt
  - Udtørringsstabilt

# Slanger og rør

- PEHD? PE100? PEX? PEXa? PB?
- Krav
  - Temperaturstabilt
  - Formstabilt
  - Lang levetid
  - Høj varmeledningsevne

# Forventede resultater

- Rapport om danske jordarters termiske egenskaber
- Rapport om relevante materialers termiske egenskaber
- Guidelines for målemetoder, måleudstyr samt kalibrering