



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## GEOTERMIA

**PAOLO FULIGNATI**

Anno accademico  
CdS

2022/23  
SCIENZE E TECNOLOGIE  
GEOLOGICHE

Codice  
CFU

138DD  
6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
GEOTERMIA	GEO/08	LEZIONI	56	PAOLO FULIGNATI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Conoscenza approfondita del funzionamento dei sistemi geotermici. Conoscenza approfondita della geologia dei campi geotermici. Conoscenza delle tecniche di esplorazione geotermica, geologia geochimica e geofisica applicate alla geotermia. Conoscenza della valutazione quantitativa delle risorse e riserve geotermiche. Conoscenza delle attrezzature e tecniche di perforazione geotermica profonda. Conoscenza dei campi geotermici italiani. Conoscenza della geotermia di bassa temperatura, pompe di calore geotermiche ed impianti ibridi. Conoscenza dei sistemi di teleriscaldamento geotermici. Conoscenza dei benefici ambientali della geotermia.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Esame orale

#### *Capacità*

Capacità di impiegare le conoscenze acquisite nel corso per impostare progetti di utilizzazione di risorse geotermiche.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Verifica nella prova finale della capacità di elaborare in maniera autonoma le conoscenze del corso e dei corsi seguiti nella laurea magistrale rispondendo a domande di verifica di queste capacità.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze approfondite di geologia, geochimica, geofisica.

#### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

La geotermia fonte di energia rinnovabile. Geotermia: dai sistemi geotermici a bassa temperatura alla generazione di elettricità, tipologie di risorse utilizzabili per usi energetici e per generazione di energia elettrica. Ruolo della geotermia nell'ambito delle energie rinnovabili nella mitigazione del cambiamento climatico. Origine del calore terrestre. Il flusso di calore. Trasmissione del calore nella crosta terrestre, conduzione e convezione-advezione. Geotermia per generazione di energia elettrica.

Le sorgenti delle anomalie termiche nella crosta superficiale, camere magmatiche in aree vulcaniche, intrusioni, aree distensive (dorsali medio oceaniche, rift, hot spot), aree convergenti (archi insulari, archi vulcanici in ambiente continentale, bacini di retroarco). Anomalie geotermiche e geodinamica. Relazioni tra vulcanismo e geotermia.

La utilizzazione del calore terrestre, i sistemi idrotermali, il ruolo fondamentale dei fluidi nel trasporto di calore e nella utilizzazione dei campi geotermici. I fluidi idrotermali. Acque e gas. Proprietà chimiche e fisiche. I minerali di alterazione idrotermale. I processi di interazione-acqua roccia. Caratteristiche geologiche e petrologiche dei sistemi idrotermali. Zoneografia di alterazione idrotermale nei campi geotermici ad alta entalpia.

Il modello concettuale dei sistemi geotermici idrotermali e loro classificazione. I campi geotermici, tipi, caratteristiche e loro classificazione.

Campi geotermici in aree vulcaniche, campi connessi ad intrusioni, sistemi connessi ad aree distensive. Esempi di sistemi idrotermali in sfruttamento industriale. I campi geotermici italiani e prospettive attuali di sviluppo.

La individuazione e caratterizzazione dei campi geotermici. Tecniche multidisciplinari di esplorazione geotermica: geologia, geochimica, geofisica, integrazione dei dati di esplorazione; risorse e riserve, analisi quantitativa delle stesse. Le perforazioni geotermiche. Gli impianti di produzione geotermoelettrica e gli usi in cascata dei fluidi. Impatto ambientale delle attività di ricerca e degli impianti geotermoelettrici. Mitigazione dell'impatto ambientale degli impianti di produzione.

I campi geotermici toscani Larderello e Monte Amiata case history e prospettive.

Usi diretti dei fluidi geotermici: teleriscaldamento, spa, agroalimentare, serre, usi industriali ed agricoli.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

La geotermia di bassa e bassissima temperatura: climatizzazione geotermica, il contributo della geotermia per l'abbattimento dei gas serra e la lotta ai cambiamenti climatici. Impianti a pompa di calore geotermica a circuito chiuso ed aperto. Impianti open loop, doppietti di pozzi ed utilizzazione energetica delle acque di falda ad impatto 0. Impianti a pompa di calore geotermici con scambiatori verticali, geosonde, a circuito chiuso ad impatto 0 ed impianti a pompa di calore ibridi solari geotermici a consumo 0. Gli esempi di impianti in esercizio ed in completamento nella nostra regione.

### Bibliografia e materiale didattico

Materiale didattico e illustrativo preparato per ovviare alle lezioni a distanza; fotografie, materiale tecnico etc.. Lezioni online in Power Point caricate su piattaforma Teams.

Testi consigliati:

- William E. Glassey – Geothermal Energy\_Renewable energy and the environment CRC Press 2010
- Barbier E. Santoprete G. (1993) - l'Energia Geotermica.
- Verdiani G. Sommaruga C. (1992) - Elementi di Geotermia.

### Indicazioni per non frequentanti

Utilizzare materiale bibliografico e materiale lezioni online.

### Modalità d'esame

Esame orale

*Ultimo aggiornamento 31/08/2022 12:04*