



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Idrogeologia Applicata

2425-1-F7401Q075-F7401Q079M

---

#### Obiettivi

Fornire competenze circa: le caratteristiche di terreni e rocce che controllano l'immagazzinamento e circolazione di acqua nel sottosuolo, la stima della riserve idriche sotterranee e della risorsa idrica rinnovabile; i rapporti acque superficiali e profonde, l'idrochimica delle acque sotterranee e i principi dell'evoluzione del chimismo delle acque; la classificazione delle sorgenti e del loro regime idraulico; la realizzazione di opere di presa e captazione; la caratterizzazione degli acquiferi con prove di portata per la determinazione dei parametri idraulici delle falde. L'impiego di soluzioni analitiche e numeriche per la soluzione di problemi e l'interpretazione delle prove. Cenni sui metodi e la normativa per la difesa delle risorse e dei punti di captazione.

La seconda parte del corso "IDROGEOLOGIA APPLICATA" è mirata all'idrogeologia dei contaminanti, la tipologia di sostanze coinvolte, la fisica del trasporto in acque sotterranee, le prove di tracciamento, equazioni di trasporto con termini per reazione e assorbimento, le soluzioni per la determinazione dei parametri idrodispersivi, le tecniche di misura e campionamento attivo e passivo delle acque e dei contaminanti, tecniche di messa in sicurezza, bonifica e disinquinamento sia per le condizioni sature che insature. Per la parte di trasporto di calore verranno fatti cenni che saranno integrati nel dettaglio nel corso di GEOENERGIA

#### Contenuti sintetici

Lo studente apprenderà nozioni base ed avanzate di idrogeologia e idrogeologia applicata e dei contaminanti, nonché di monitoraggio, messa in sicurezza e bonifica.

Processi di trasporto dei contaminanti:

Avvezione, dispersione e diffusione

Assorbimento e ritardo dei contaminanti

Caratterizzazione delle fonti e meccanismi di rilascio

Modellazione del destino e del trasporto dei contaminanti

Trasporto reattivo e processi di biodegradazione

Indagine sul sito contaminante:

Tecniche di caratterizzazione del sito  
Metodi di campionamento e analisi  
Delimitazione del pennacchio di contaminanti  
Reti di monitoraggio delle acque sotterranee  
Valutazione del rischio e strategie di gestione  
Bonifica delle acque sotterranee:

Sistemi di pompaggio e trattamento  
Tecniche di bonifica in situ (es. biorisanamento, ossidazione chimica)  
Barriere reattive permeabili  
Attenuazione naturale potenziata  
Valutazione delle prestazioni della bonifica  
Modellazione delle acque sotterranee:

Principi di modellazione numerica  
Sviluppo e calibrazione di modelli di acque sotterranee  
Modellazione del flusso e del trasporto di contaminanti  
Analisi dell'incertezza nella modellazione delle acque sotterranee  
Convalida dei modelli e analisi di sensibilità  
Argomenti emergenti:

Ricarica gestita degli acquiferi e banca delle acque sotterranee  
Acque sotterranee e cambiamenti climatici  
Governance e politica delle acque sotterranee  
Impatto dell'urbanizzazione e dei cambiamenti nell'uso del suolo sulle acque sotterranee  
Sostenibilità delle acque sotterranee e gestione delle risorse

## **Programma esteso**

Idrogeologia generale:

Ciclo idrologico dell'acqua e circolazione in diversi ambienti geologici. Bilancio idrico: precipitazioni, temperature, evapotraspirazione reale e potenziale. Flusso idrico in condizioni sature ed insature in terreni, rocce porose e rocce fratturate. Porosità: origine e tipologie e ruolo nel flusso e nel trasporto. Ricostruzione ed interpretazione di superfici piezometriche e reticoli di flusso. Idrochimica: caratterizzazione chimico fisica delle acque sotterranee, residuo solido, solidi disciolti, conducibilità elettrica, bilancio ionico, distribuzione degli elementi principali, analisi e rappresentazione dei dati. Classificazione e analisi delle sorgenti, metodi captazione, analisi del regime e delle portate, curve di svuotamento. Progettazione e installazione di pozzi: la struttura dei pozzi, le modalità costruttive, le tecniche di manutenzione. Monitoraggio e interpretazione di test in pozzo e di pompaggio. Soluzioni per il flusso in condizioni stazionarie e transitorie per le diverse tipologie di acquifero. Prove in pozzo singolo. Slug tests. Processi multi-fluido. Pozzi immagine.

Idrogeologia applicata:

Campionamento in pozzo. Trasporto di soluti e migrazione di contaminanti in suoli saturi ed insaturi. Prove di tracciamento e caratterizzazione dei parametri idrodispersivi. Interazione tra matrice e soluti, coefficienti di distribuzione, coefficienti di ritardo. Composti organici ed inorganici nelle acque sotterranee. NAPL, caratteristiche chimico fisiche e modalità di migrazione. Contaminazione primaria e secondaria. Trasformazione, attenuazione e decadimento dei contaminanti. Biodegradazione: teoria, stime in sito e modelli. Opere per la messa in sicurezza e bonifica di siti contaminati. Analisi di rischio per la contaminazione di suoli e dell'acqua sotterranea. Normative di

riferimento: legislazione regionale, nazionale e comunitaria in tema di acque sotterranee e superficiali.

Esercitazioni: costruzione di reti di flusso; soluzioni semplici del flusso idrico sotterraneo; interpretazione di test in pozzo.

Progettazione di attività di bonifica di siti contaminati.

## **Prerequisiti**

È richiesta la conoscenza di base di Geologia Applicata, Metodi di indagine geologico tecnica, Fisica e Matematica. E' inoltre indispensabile avere seguito il corso di Idrogeologia Generale

## **Modalità didattica**

- Lezione frontale
- Laboratorio
  - Esercitazioni

## **Materiale didattico**

Copia di lezioni e materiale su sito e-learning

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

Esame orale

## **Orario di ricevimento**

## **Sustainable Development Goals**

ACQUA PULITA E SERVIZI IGIENICO-SANITARI

---

