

## LE ACQUE SOTTERRANEE: RISORSA DA SALVAGUARDARE E DA TEMERE

a cura della prof.ssa Laura Scesi – Idrogeologia

### Descrizione del corso

Le acque che si trovano nel sottosuolo e che derivano dall'infiltrazione delle piogge, dalla fusione delle coltri nevose o dalle perdite dei corsi d'acqua superficiali sono una **risorsa indispensabile** per la sopravvivenza delle specie viventi. Di tutta l'acqua presente sulla terra soltanto il 2,5% è costituito da acqua dolce (il 95% si trova negli oceani in forma di acqua salata). Sul totale di acqua dolce, le acque superficiali costituiscono una percentuale minima, mentre le **acque sotterranee** sono preponderanti. Ecco quindi che la gestione, lo sfruttamento e la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee sono di vitale importanza per tutti noi. L'**idrogeologia** è la scienza che studia le acque sotterranee ed è finalizzata:

- 1) all'identificazione delle strutture acquifere sia nei terreni che nelle rocce;
- 2) alla definizione dei principali parametri idrogeologici, quali porosità, permeabilità, trasmissività ecc.;
- 3) alla caratterizzazione del movimento delle acque sotterranee, tramite la definizione delle relative leggi di moto, quali ad esempio la Legge di Darcy e di Dupuit.

Studiare le acque sotterranee è necessario anche perché queste ultime possono rappresentare importanti fattori di rischio, ad esempio interferendo con la realizzazione e la vita di strutture e infrastrutture costruite dall'uomo – quali strade, gallerie, dighe ecc. – o fungendo da innesco dei movimenti franosi (rischio idrogeologico).

### Organizzazione

Il corso è suddiviso in **4 moduli**; durante ogni modulo gli studenti avranno accesso a diversi **materiali didattici online**, tra cui dispense, videolezioni ed esercitazioni da svolgere e consegnare per la correzione. Gli studenti saranno in contatto costante con docenti e tutor del Politecnico. Inoltre, grazie a un **forum online** potranno lavorare insieme agli altri iscritti all'interno di una classe virtuale. È prevista infine anche la partecipazione a un **webinar**, tenuto direttamente dal docente del corso.

Alla fine dei 4 moduli, coloro che avranno consegnato tutte le esercitazioni riceveranno un **attestato** di partecipazione e un **badge digitale**, da allegare al proprio cv.

### Altri docenti coinvolti

Prof. Donatella Sterpi – Geotecnica.

### Struttura del corso

#### Modulo 1:

Alla base degli studi idrogeologici vi è sicuramente la conoscenza delle **strutture acquifere**, ovvero come si formano tali strutture e quali sono le loro caratteristiche, che sappiamo variare a seconda della natura dei materiali (terre sciolte o rocce) entro cui le acque scorrono. Una volta identificati i terreni (acquiferi) che possono contenere l'acqua (falde acquifere), diventa fondamentale comprendere a che profondità si trova l'acqua (**quota piezometrica**) in una determinata zona e come, avendo a disposizione differenti quote piezometriche, sia possibile ricostruire l'ideale superficie che collega tutti questi livelli (superficie piezometrica). La ricostruzione della superficie piezometrica, rappresentata tramite **curve di livello**, consente di capirne il suo andamento (es. direzione di flusso, provenienza dell'alimentazione, oscillazioni piezometriche nel tempo, ecc.).

#### *Modulo 2:*

Per comprendere come si muove l'acqua all'interno dei terreni o delle rocce è invece fondamentale conoscere sia le **proprietà dell'acqua** – come densità e viscosità (dinamica e cinematica) – che le **proprietà dei terreni**, quali: porosità totale, porosità efficace, indice dei vuoti, capacità di ritenzione, permeabilità e trasmissività. Alla luce di tali conoscenze è possibile definire le **leggi** che governano la **circolazione idrica** sotterranea, denominate legge di Darcy e legge di Dupuit. Tutto ciò consente di capire che cosa succede quando si alterano le condizioni naturali, come ad esempio che cosa succede quando si estrae acqua da uno o più pozzi per l'**approvvigionamento idrico**, oppure come si muovono le **sostanze inquinanti** che vengono sversate nelle acque sotterranee o come queste ultime possono essere protette dagli inquinamenti.

#### *Modulo 3:*

La ricostruzione del modello idrogeologico ha molteplici utilizzi, infatti consente di:

- 1) **Gestire le risorse idriche** sia nel mezzo poroso (terre sciolte) che in quello fratturato (rocce);
- 2) Studiare e gestire i fenomeni di **contaminazione**;
- 3) Studiare i siti soggetti a **frammento**;
- 4) Studiare le problematiche idrogeologiche legate alla **realizzazione di strade**, opere in sottterraneo (**gallerie**), **dighe**, ecc.

In questo terzo modulo verranno presentati esempi applicativi relativi a ciascun aspetto elencato in precedenza. In particolare si esamineranno la grande frana di Maierato (Vibo Valentia) e l'interferenza tra la falda acquifera di Milano e le linee metropolitane.

#### *Modulo 4:*

L'acqua sotterranea gioca infine un ruolo determinante sulla **stabilità dei terreni e dei versanti**. L'acqua contribuisce nel lambire gli argini e i versanti, nel saturare i terreni modificandone la **pressione interna**, nel filtrare esercitando un'azione di trascinamento. L'acqua induce quindi **sollecitazioni** meccaniche e idrauliche, spesso a variazione ciclica, con cui i terreni devono trovare costantemente nuovi equilibri, a volte difficili da raggiungere. Ne sono esempi evidenti tutti gli eventi di **instabilità** di versante, inclusi quelli indotti dalla presenza di un vaso artificiale. Inoltre l'acqua può portare un terreno soggetto a sisma al fenomeno di **liquefazione**, che consiste nella fluidificazione della terra, con completa perdita di capacità di sostenere fondazioni e strutture. Schemi di calcolo semplici aiutano a capire il contributo dell'acqua nel delicato confine fra stabilità e collasso.

### **Note biografiche**

**Laura Scesi** – laureata in Scienze Geologiche all'Università degli Studi di Milano, è stata, fino a gennaio 2020, Professore Ordinario di Geologia Applicata presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale del Politecnico di Milano ed è stata titolare dei corsi di "Rilevamento Geologico-Tecnico" (primo anno Laurea Triennale) e "Geologia-Tecnica" (primo anno Laurea Magistrale). A partire da ottobre 2015 è membro attivo di un Tavolo Tecnico e Scientifico istituito dal Comune di Milano, congiuntamente al Politecnico, a Metropolitana Milanese, Città Metropolitana e Regione Lombardia, per affrontare i temi riguardanti la riapertura parziale dei Navigli. Durante gli anni di attività ha partecipato, come responsabile scientifico, a progetti di ricerca, ha stipulato contratti di consulenza tecnico-scientifica nel campo geologico applicativo, idrogeologico e geominerario ed ha effettuato numerose ricerche riguardanti i seguenti argomenti: protezione e valorizzazione delle risorse naturali; studi sulla circolazione idrica nelle rocce tramite metodologie di tipo strutturale; studi dei movimenti franosi finalizzati alla riduzione del rischio ad essi connesso; studi geologico-applicativi relativi alle opere in sottterraneo (soprattutto per quanto riguarda i meccanismi che controllano le venute d'acqua in gallerie) e ricerche inerenti l'interferenza tra strutture e infrastrutture sotterranee e falde acquifere. Ha pubblicato più di 100 lavori scientifici e una decina di libri.

**Donatella Sterpi** – È Professore associato di Geotecnica e afferisce al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale del Politecnico di Milano, dove si è laureata nel 1993 e ha ottenuto il Dottorato nel 1997. Dal 1999 è titolare di insegnamenti nelle discipline: Meccanica delle Terre, Ingegneria Geotecnica, Meccanica Computazionale in Geomeccanica e nel 2018 ha collaborato all'implementazione di una metodologia didattica innovativa basata sul gioco di ruolo. Organizza periodicamente corsi di formazione sull'attività sperimentale geotecnica. Ha condotto ricerche presso l'Università di Kobe, Giappone (1995-97) e ha ricevuto l'Excellent Contribution Award dall'Int. Ass. Computer Methods and Advances in Geomechanics (2008). Negli anni ha partecipato con regolarità a progetti di ricerca finanziati dal MIUR e recentemente ad un progetto COSTAction finanziato dalla Comunità Europea. È autore di circa 60 articoli pubblicati su riviste o atti di conferenza. Ha partecipato all'organizzazione di conferenze nazionali e internazionali, svolge attività di revisione per oltre 20 riviste internazionali ed è membro dell'Editorial Board di Rock Mechanics and Rock Engineering, Springer. Attualmente, i suoi campi di interesse riguardano gli scavi in sottoterraneo, le dighe e le costruzioni in terra, la geotermia superficiale per il condizionamento termico di edifici e infrastrutture.