

Curriculum di Geologia Applicata



Curriculum di Geologia Applicata

sono previsti **insegnamenti d'ambito geologico applicativo e geofisico** che permetteranno al laureato di affrontare problemi inerenti l'applicazione delle conoscenze geologiche a:

- Studio e modellazione di **fenomeni geologico-geomorfologici, stabilità dei pendii, monitoraggio processi geomorfologici**
- **pianificazione del territorio**, valutazione e mitigazione del **rischio e della pericolosità geologica** (frane, alluvioni, terremoti, etc.)
- caratterizzazione e modellazione degli acquiferi per la **gestione delle risorse idriche, circolazione idrica sotterranea, idrologia** e per l'analisi dei **processi di contaminazione**
- opere di ingegneria civile per la realizzazione di **opere superficiali e in sottterraneo, stoccaggio materiali**
- Caratterizzazione geologica e tecnica **di giacimenti di minerali metallici e minerali industriali**, cave di **rocce ornamentali, problematiche ambientali** legate all'attività estrattiva

Corsi teorico-pratici su **tecniche di analisi, rilevamento geologico-tecnico, geofisico e modellistica di fenomeni geologici s.l.** e interazioni con opere e strutture

Personale docente:

G. Crosta
R. Castellanza
P. Frattini
F. Agliardi
A. Cavallo
M. Rossini

Personale tecnico:

S. Basiricò
N. Fusi
E. Valbuzzi
A. Villa

Laboratori:

Meccanica terre
Meccanica rocce
Xray Microtomografia
GIS
Fotointerpretazione
Geofisica applicata
Idrogeologia

Curriculum di Geologia Applicata – I anno

PRIMO ANNO - 60 CFU - 8 esami

Insegnamenti obbligatori:

- Geologia dei bacini sedimentari	8 CFU
- Prospezioni geofisiche	8 CFU
- Idrogeologia	12 CFU
- Tettonica e Geologia strutturale	8 CFU
- Metodi di indagine geologico-tecnica	6 CFU
- Geotecnica Applicata	6 CFU
- Statistica	6 CFU

Un insegnamento (6 CFU) a scelta tra:

- <i>Stabilità dei versanti</i>	<i>(ENG)</i>	<i>6 CFU</i>
- <i>Valutazione dei rischi geologici</i>	<i>(ENG)</i>	<i>6 CFU</i>

Curriculum di Geologia Applicata – Il anno

SECONDO ANNO - 60 CFU - 3 esami

Insegnamento obbligatorio:

- Mineralogia industriale ed ambientale 6 CFU

Un insegnamento (4 CFU) a scelta tra:

- Scavo e consolidamento terre e rocce 4 CFU

- Laboratorio modellazione idrogeologica 4 CFU

- *Geoenergia* (ENG) 4 CFU

- Applicazioni GIS Avanzate 4 CFU

- Geofisica Applicata 4 CFU

- *Telerilevamento per la Geologia* (ENG) 4 CFU

Insegnamenti a scelta dello studente 16 CFU

Tirocinio 2 CFU

Prova finale 32 CFU

Sbocchi professionali

1) Professionisti che lavorano nella **geologia applicata all'ingegneria**.

Questi professionisti redigono relazioni geologiche a supporto dell'edilizia,

Posizione lavorativa: libero professionista iscritto all'ordine, dipendente di studi di geologia.

2) Professionisti che lavorano nella **pianificazione del territorio**.

Questi professionisti redigono la componente geologica nella pianificazione di bacino (PAI) o comunale (PGT o PGR)

Posizione lavorativa: libero professionista iscritto all'ordine, dipendente di studi di geologia, dipendenti di enti territoriali.

2) Professionisti che lavorano nella **geologia ambientale**.

Questi professionisti studiano problematiche di contaminazione delle acque sotterranee e propongono strategie di bonifica

Posizione lavorativa: dipendente di studi di geologia, dipendente di multinazionali ambientali (Environ, HPC, etc.).

Sbocchi professionali

1) Professionisti che lavorano nell'**analisi di rischio e nella mitigazione dei rischi**.

Questi professionisti studiano i rischio geologici e idrogeologici come liberi professionisti o all'interno di società o enti di ricerca (es: INGV). Per la mitigazione, collaborano con ingegneri per la progettazione di strategie e opere di difesa.

Posizione lavorativa: libero professionista, dipendente di studi di geologia, enti di ricerca.

2) Professionisti che lavorano nelle **georisorse**.

Questi professionisti si occupano di caratterizzazione geologica e tecnica di giacimenti di minerali metallici e minerali industriali, cave di rocce ornamentali, risorse energetiche e problematiche ambientali legate all'attività estrattiva

Posizione lavorativa: libero professionista iscritto all'ordine, dipendente di studi di geologia.

Oggetto

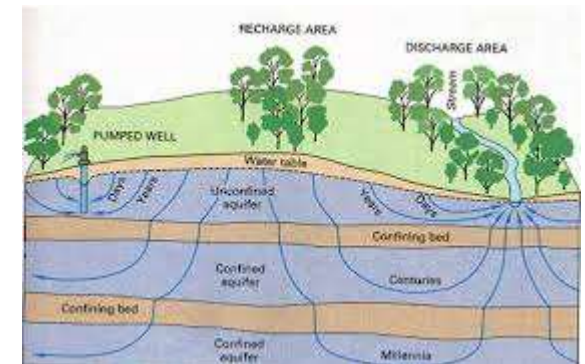
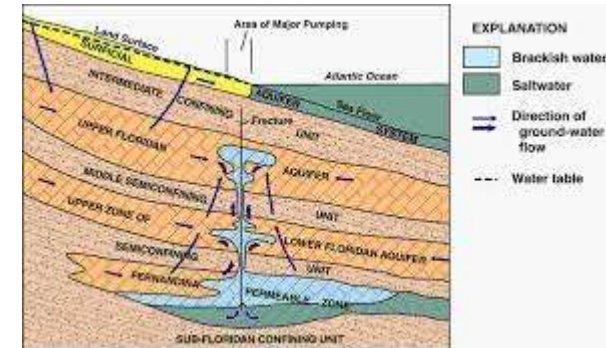
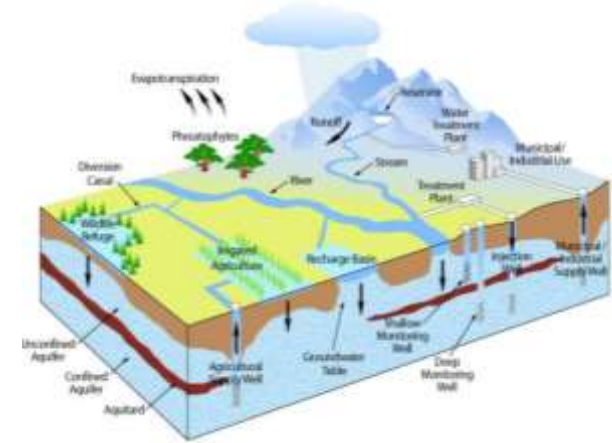
Idrogeologia generale (6 CFU): immagazzinamento e circolazione di acqua nel sottosuolo, stima della riserve idriche sotterranee e della risorsa idrica rinnovabile

Idrogeologia applicata (6 CFU): caratterizzazione degli acquiferi con prove di portata per la determinazione dei parametri idraulici delle falde, idrogeologia dei contaminanti, tecniche di bonifica.

Organizzazione:

Idrogeologia generale (6 CFU): Lezioni (4 CFU), Laboratorio (2 CFU)

Idrogeologia applicata (6 CFU): Lezioni (4 CFU), Laboratorio (2 CFU)

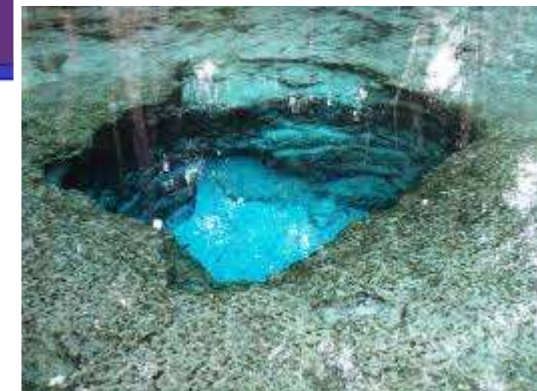
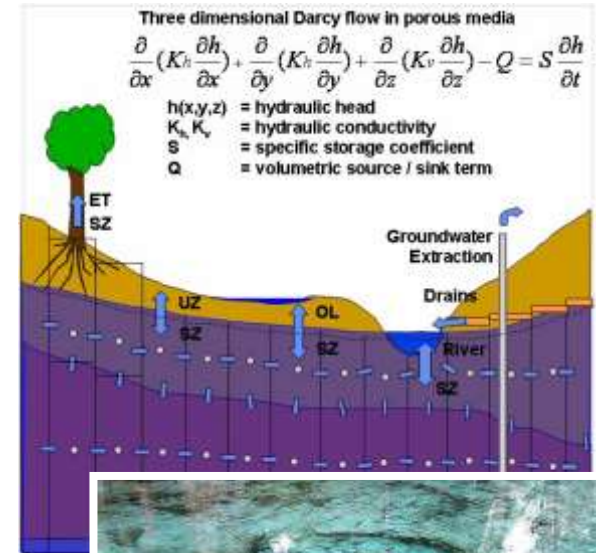
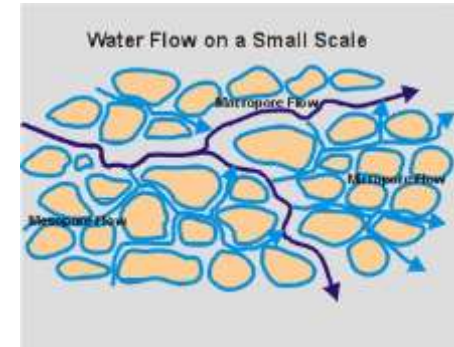


Idrogeologia generale (6 CFU)

Contenuti:

- 1) **Ciclo idrologico dell'acqua** e circolazione in diversi ambienti geologici. **Bilancio idrico**: precipitazioni, temperature, evapotraspirazione reale e potenziale.
- 2) **Flusso idrico** in condizioni sature ed insature in terreni, rocce porose e rocce fratturate.
- 3) Ricostruzione ed interpretazione di **superfici piezometriche**.
- 4) Classificazione e analisi delle **sorgenti**.
- 5) **Progettazione e installazione di pozzi**. Monitoraggio e interpretazione di test in pozzo e di pompaggio.

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

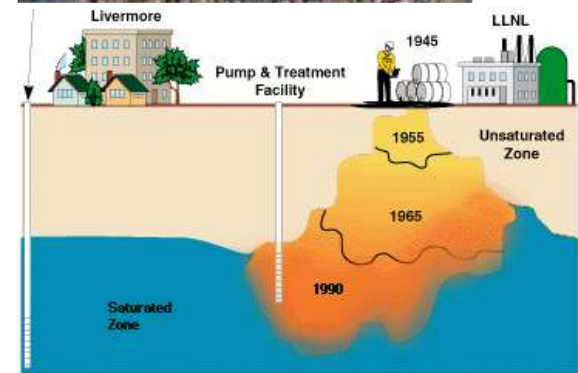


Idrogeologia applicata (6 CFU)

Contenuti:

- 1) Trasporto di soluti e migrazione di **contaminanti in suoli saturi ed insaturi**.
- 2) Interazione tra matrice e soluti. Trasformazione, attenuazione e decadimento dei **contaminanti**.
Biodegradazione: teoria, stime in sito e modelli.
- 3) Opere per la messa in sicurezza e **bonifica di siti contaminati**.
- 4) **Analisi di rischio** per la contaminazione di suoli e dell'acqua sotterranea.
- 5) **Normative di riferimento**: legislazione regionale, nazionale e comunitaria in tema di acque sotterranee e superficiali.

Laboratorio: progettazione di attività di bonifica di siti contaminati



Oggetto:

Teoria e tecniche di **indagine geologico-tecnica** e **geomeccanica** dei **terreni** e degli **ammassi rocciosi**, in **superficie** e nel **sottosuolo**.

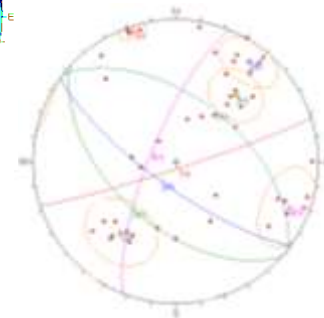
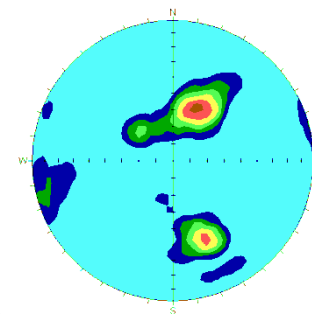
Organizzazione:

→ **Lezioni** (4 CFU), **esercitazioni** (1 CFU), **campo** (1 CFU)

→ **2 uscite giornaliere**

Contenuti:

- 1) **indagine** geologico-tecnica: normativa, aspetti geologici e metodologici, pianificazione
- 2) **rilevamento geologico-tecnico** di superficie
- 3) applicazioni delle tecniche di **proiezione stereografica** in geologia applicata e geomeccanica



Metodi di Indagine Geologico-Tecnica (6 CFU)

Contenuti:

- 4) Caratterizzazione **geomeccanica** degli **ammassi rocciosi**: caratterizzazione della roccia e delle discontinuità tramite tecniche di terreno e rilievi remoti (laser scanning, fotogrammetria), classificazione tecnica e proprietà idro-meccaniche
- 5) Caratterizzazione **geologico-tecnica** dei **terreni**: rilevamento e descrizione in sito, classificazione
- 6) **indagini del sottosuolo**: tecniche di perforazione di sondaggio, campionamento geotecnico di terreni e rocce, logs di foro e di sondaggio, caratterizzazione geologica e geomeccanica di carote di sondaggio
- 7) **prove geotecniche in sito**: prove penetrometriche dinamiche (SPT, DP) e statiche (CPT), prove scissometriche, dilatometriche e pressiometriche, misura delle pressioni neutre



Oggetto:

In ENGLISH

Teoria e tecniche di base ed avanzate per il riconoscimento, la caratterizzazione e la modellazione dei fenomeni di instabilità dei versanti in terre e rocce

Organizzazione:

- lezioni (4 CFU), laboratorio (1 CFU), campo (1 CFU)
- field trip nelle Prealpi e Alpi Centrali (2 giorni)

Contenuti:

- 1) **sistema versante:** aspetti geologici, topografici e idrologici; classificazione, controlli e cause delle frane
- 2) **indagini per aree in frana:** fotointerpretazione e rilevamento, monitoraggio, indagini in sito
- 3) **processi di instabilità dei versanti:** aspetti geotecnici, Fattore di Sicurezza, breve vs. lungo termine



Stabilità dei versanti (6 CFU)

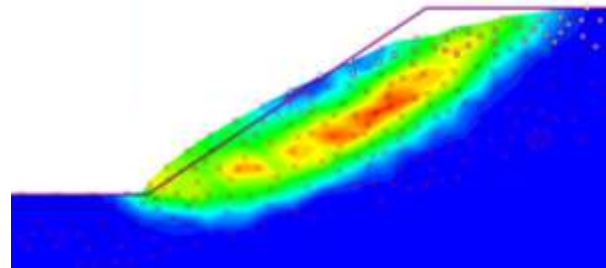
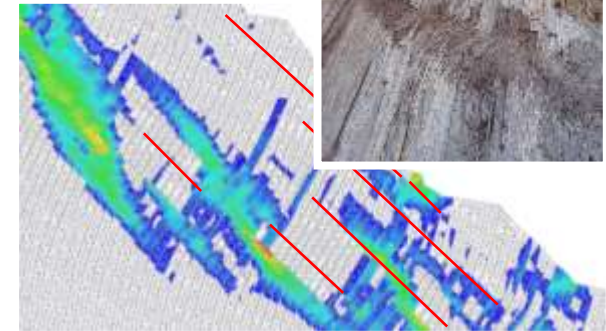
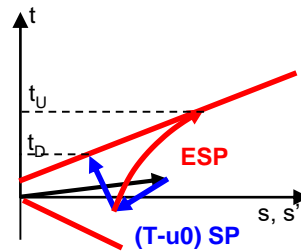
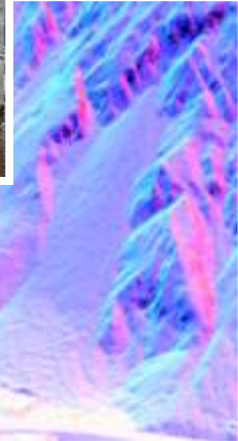
In ENGLISH

Contenuti:

- 4) **frane**: frane profonde in roccia lente e catastrofiche, frane di crollo, frane superficiali, flussi e colate
- 5) **analisi di stabilità**: analisi cinematica, metodi dell'Equilibrio Limite, analisi probabilistica, metodi numerici.
- 6) **monitoraggio**: finalità e tecnologie; misura degli spostamenti e delle variabili idro-meteorologiche
- 7) **mitigazione del rischio da frana**: tecniche di stabilizzazione, opere di protezione, Early Warning

Laboratorio: ricostruzione del modello geologico di una frana, soluzione pratica al PC di problemi di stabilità dei versanti

Attività di campo: mappatura, field trip con visita a importanti siti di frane storiche o attive



Valutazione dei rischi geologici (6 CFU) **prof. Paolo Frattini**

Oggetto:

In ENGLISH

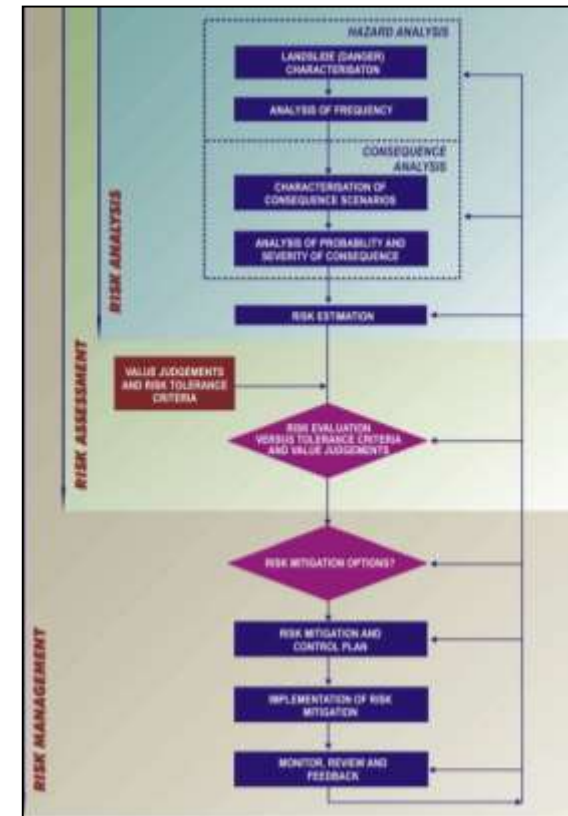
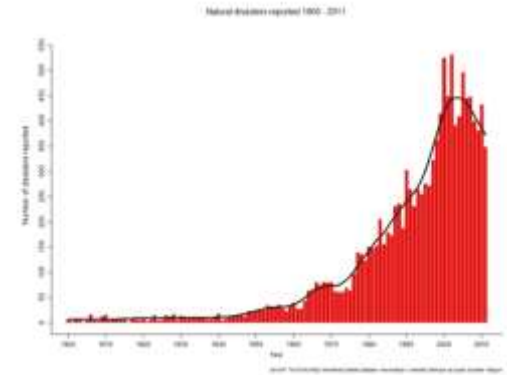
Principi di base e principali metodologie per l'analisi, la valutazione e la mitigazione dei rischi geologici.

Organizzazione:

→ Lezioni (6 CFU)

Contenuti:

- 1) **Definizione di rischio, valutazione del rischio e gestione del rischio. Accettabilità del rischio.**
- 2) **Rischio idraulico:** idrogramma di piena e cenni di idraulica fluviale. Relazione portata - tempo di ritorno. Curve di vulnerabilità. Mitigazione e monitoraggio.
- 3) **Rischio da frana:** fattori che controllano l'instabilità, tipologie di frana e condizioni di pericolosità. Valutazione della suscettibilità e pericolosità. Vulnerabilità. Tecniche di mitigazione e monitoraggio.



Valutazione dei rischi geologici (6 CFU)

Contenuti:

In ENGLISH

- 4) **Rischio sismico:** analisi della pericolosità sismica regionale con tecniche probabilistiche (PSHA). Effetti di sito e fenomeni co-sismici. Valutazione dell'azione sismica sugli edifici. Curve di fragilità. Tecniche di mitigazione e monitoraggio.
- 5) **Rischio valanga:** nivologia delle valanghe. Distacco, trasporto, accumulo delle valanghe. Linee Guida AINEVA per la perimetrazione delle aree a rischio valanghivo in ambiente alpino. Tecniche di mitigazione e monitoraggio.
- 6) **Rischio vulcanico.** Processi vulcanici pericolosi, Volcanic Explosive Index, alberi bayesiani. Tecniche di mitigazione e monitoraggio.
- 7) **Introduzione ad altri rischi geologici:** erosione del suolo e delle coste, tsunami, alluvioni costiere.



Oggetto:

Caratterizzazione geologica e tecnica di **giacimenti di minerali metallici e minerali industriali**, cave di **rocce ornamentali**, **problematiche ambientali** legate all'attività estrattiva.

Organizzazione:

→ **Lezioni (5 CFU)**, **campo (1 CFU – una uscita di 2 giorni)**

Contenuti:

- 1) **Principali eventi metallogenici**, dall'Archeano al Fanerozoico.
- 2) Giacimenti **magmatici, idrotermali, sedimentari, arricchimento supergenico.**
- 3) **Metalli «critici» per l'industria** (es. PGE, REE, In, Re, Li, Be, Co).



Mineralogia industriale ed ambientale (6 CFU)

Contenuti:

4) **Minerali industriali:** quarzo, feldspati, carbonati, talco, gesso, argille, barite, amianto, fosfati.

5) **Caratterizzazione chimica, mineralogica e tecnica di ore & industrial minerals:** microscopia ottica in luce trasmessa e riflessa, XRD, SEM-EDS, WDS, XRF, ICP-MS, NAA.

6) **Problematiche ambientali** legate all'attività estrattiva: AMD (*acid mine drainage*), metalli pesanti, radioattività, sottoprodotti.

7) **Rocce ornamentali:** classificazione commerciale, prove tecniche convenzionali e «non convenzionali», cave e problematiche ambientali



Laboratorio modellazione idrogeologica prof. Paolo Frattini

Oggetto:

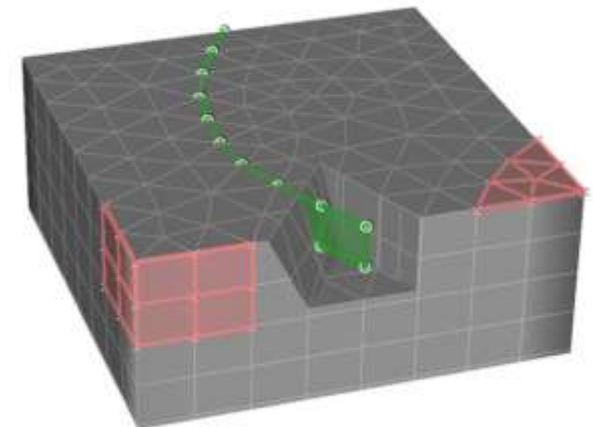
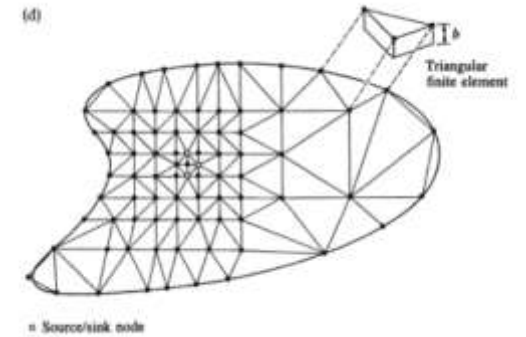
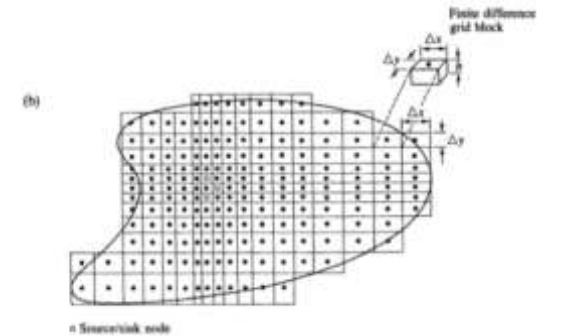
Basi teoriche e pratiche circa la modellazione numerica e l'utilizzo di codici di calcolo ai fini della simulazione idrogeologica.

Organizzazione:

→ **Lezioni** (2 CFU), **laboratorio** (2 CFU)

Contenuti:

- 1) Richiami sui **metodi numerici** finalizzati alla modellazione idrogeologica: differenze finite, elementi finiti.
- 2) Approssimazioni, condizioni al contorno, metodi iterativi.
- 3) **Richiami di idrogeologia** utili alla formulazione e risoluzione di problemi con tecniche numeriche. Esempi di soluzioni numeriche: eq. diffusione, advezione dispersione, flusso di calore.

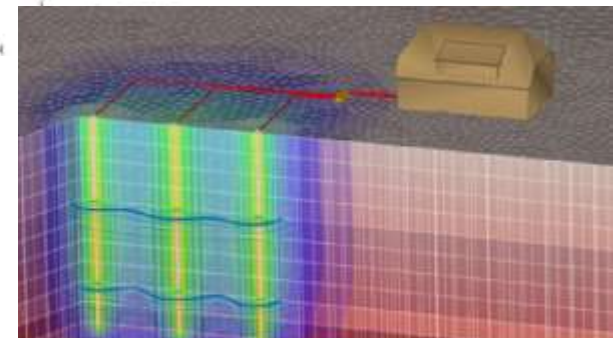
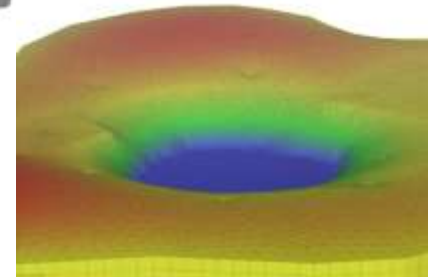
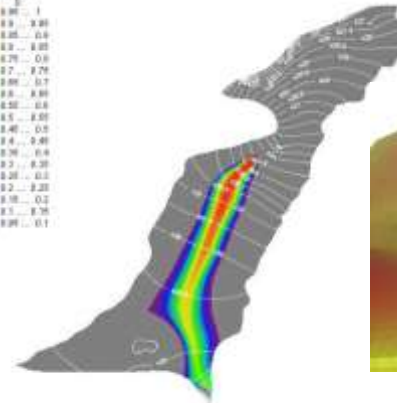
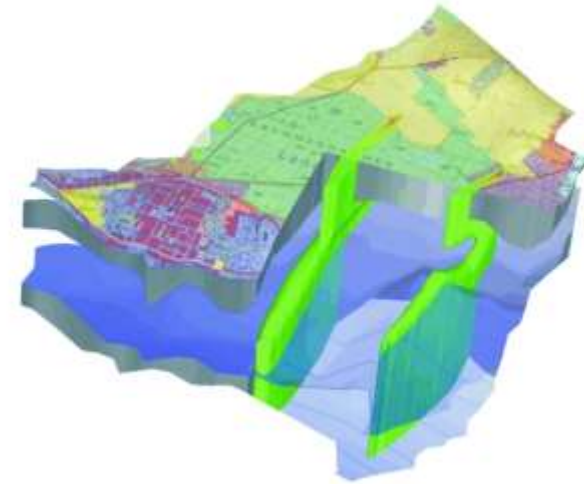


Laboratorio di modellazione idrogeologica (4 CFU)

Contenuti:

4) Utilizzo di **codici di calcolo agli elementi finiti** (es: FEFLOW) e **differenze finite** (es: MODFLOW in ambiente Groundwater Modelling System) per la soluzione di problemi di:

- **flusso di acque sotterranee** in condizioni stazionarie e transitorie,
- **trasporto contaminanti**
- **acquiferi salini costieri**
- ottimizzazione di **pozzi**
- **impianti geotermici a ciclo aperto**
- **sonde geotermiche**



Laboratorio: utilizzo pratico di modelli numerici. L'**esame** sarà una relazione di una modellazione numerica svolta in modo indipendente dallo studente

Oggetto:

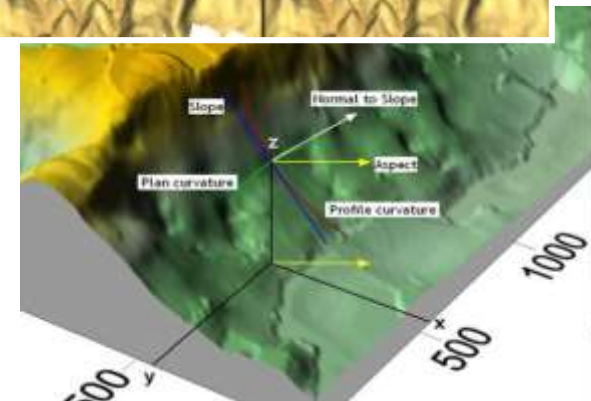
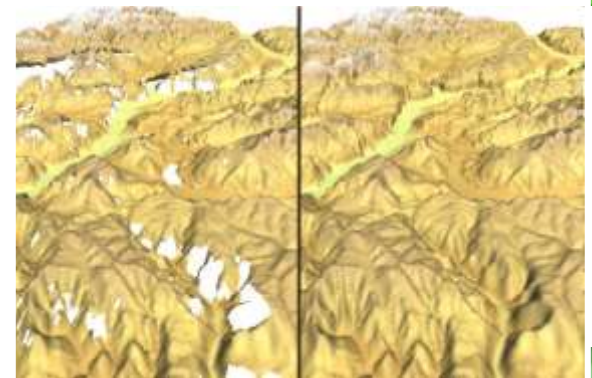
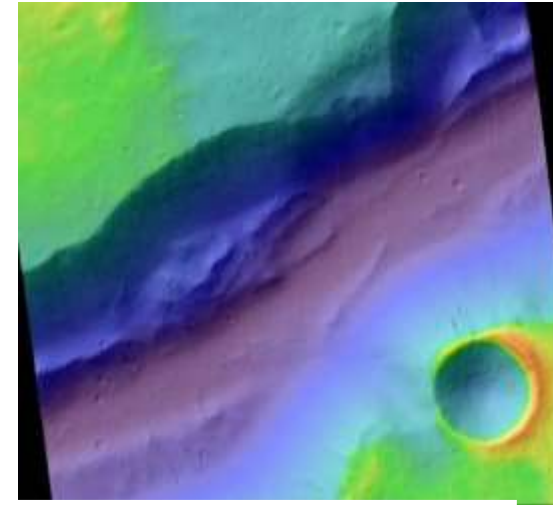
Teoria e pratica per l'analisi e la modellazione di dati territoriali con tecniche avanzate per finalità legate a: geomorfologia, geologia applicata, geologia strutturale.

Organizzazione:

→ **Lezioni** (2 CFU), **laboratorio** (2 CFU)

Contenuti:

1) **Geomorfometria**: tecniche di generazione e correzione di **Modelli Digitali del terreno (DEM)**, **funzioni topografiche** (pendenza, esposizione, curvatura) e classificazione del terreno in funzione della forma, **funzioni idrologiche** e generazione automatica di bacini idrografici, esempi di applicazioni in problemi di geologia applicata e geomorfologia.

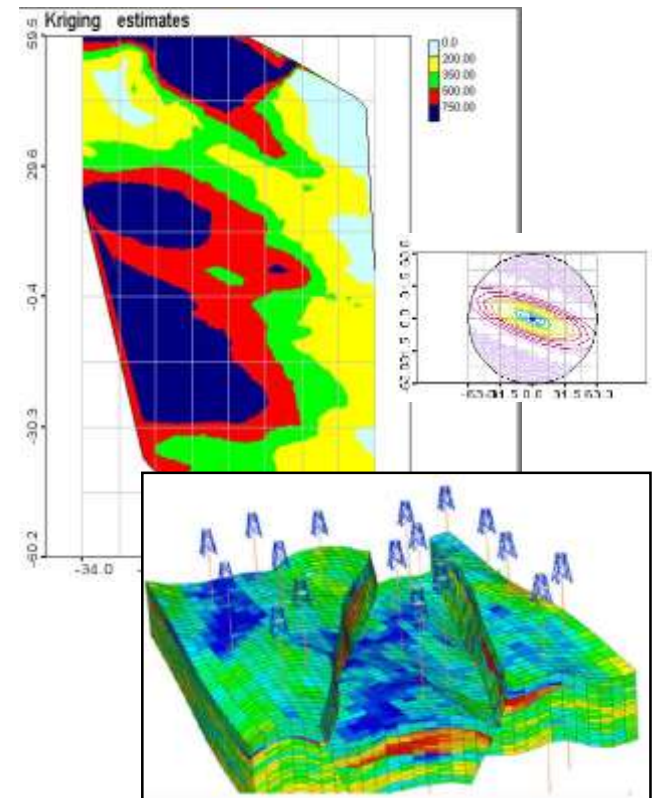
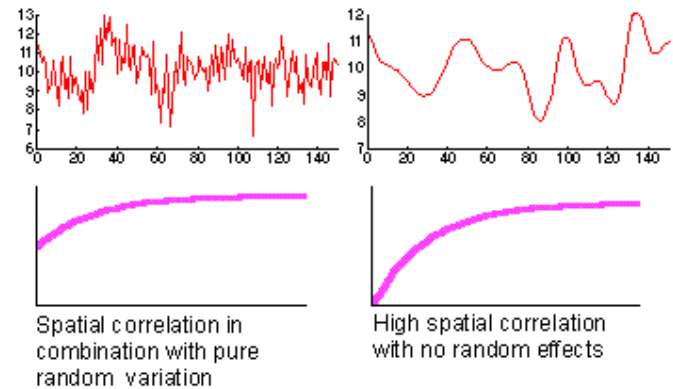


Contenuti:

2) **Geostatistica:** generazione del **variogramma sperimentale**, modellazione del variogramma, **kriging semplice** e **kriging ordinario**, **co-kriging**. Applicazione e problemi di geologia applicata e idrogeologia. Cenni di simulazione stocastica.

Laboratorio: utilizzo di **software open-source** (es: Q-GIS, SAGA-GIS, SGeMS) per l'applicazione di tutte le tecniche analizzate nella parte teorica. Le esercitazioni costituiscono parte fondamentale del corso e saranno svolte direttamente al computer con lo sviluppo di problemi di tipo geologico.

L'**esame** sarà essenzialmente una relazione di una analisi GIS svolta in modo indipendente dallo studente



Oggetto:

metodi di prospezione geofisica per la caratterizzazione geologica, geotecnica e idrogeologica della porzione più superficiale del suolo. Particolare rilievo sarà dato alla caratterizzazione idrogeologica e al rapporto tra fluido interstiziale e matrice solida

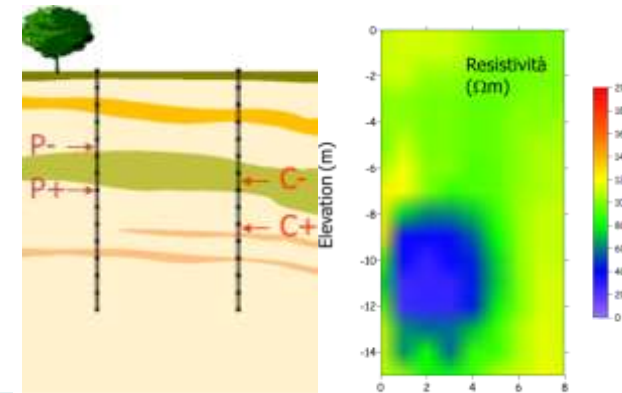
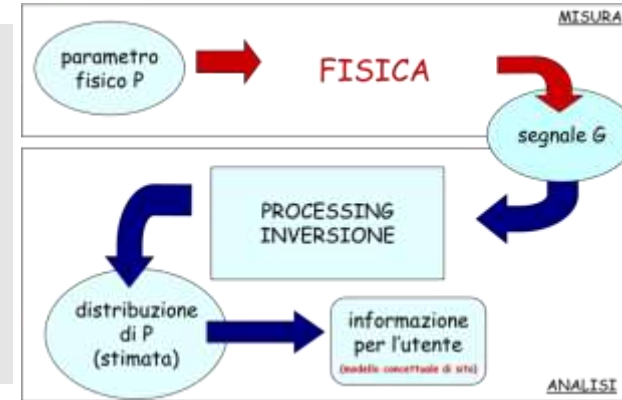
Organizzazione:

→21 ore di lezione (3 CFU) e 12 ore di esercitazioni (1 CFU)

→3 acquisizioni di dati di sismica, georadar ed elettrica in situ

Contenuti lezioni frontali:

- Metodi per integrare i dati geofisici ai modelli fisico-matematici.
- Le Tomografie di resistività elettrica (ERT) da superficie e da pozzo: progettazione, elaborazione, interpretazione e loro limitazioni.
- Georadar (o GPR) da superficie e da pozzo: la fisica, i parametri, le geometrie di acquisizioni, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati.



Geofisica Applicata (4 CFU)

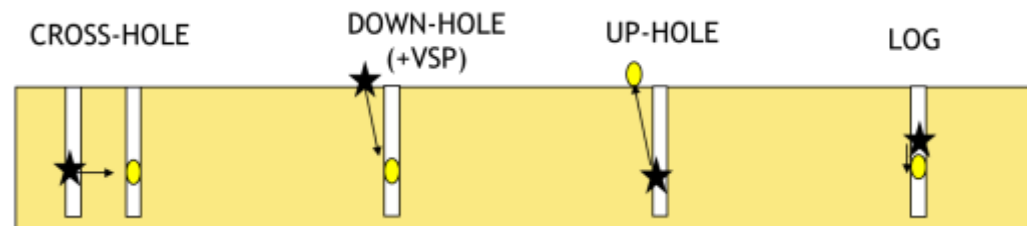
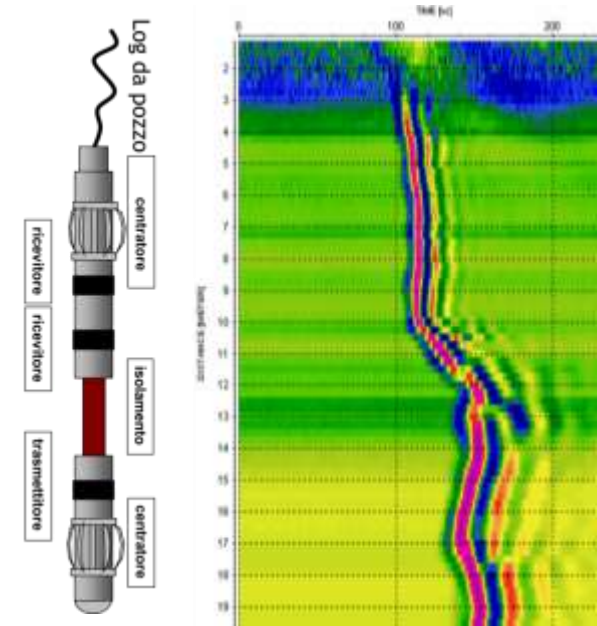
Contenuti lezioni frontali:

- Tecniche di misura delle onde Vs in situ in pozzo e da superficie (MASW e REMI). Tomografia delle onde dirette e rifratte.
- I legami con l'idrologia del ERT e del GPR: le relazioni con la porosità, saturazione e il contenuto di umidità (legge di Archie e di Topp).

Contenuti Esercitazioni

- Strumento, geometria e parametri per l'acquisizione di una ERT da superficie.
- Strumento, geometria e parametri per l'acquisizione di dati GPR: profili cross-hole, profili Down-hole e radargrammi da superficie.
- Strumento, geometria e parametri per l'acquisizione di dati sismici: elaborazione delle onde superficiali e tomografia delle onde rifratte.

Modalità di esame . Esame orale, Discussione dei dati acquisiti in situ. Presentazione e discussione di un articolo da rivista



In ENGLISH

Oggetto:

Il corso ha lo scopo di fornire competenze di base, sia teoriche che pratiche, per l'elaborazione e l'interpretazione ai fini geologici di immagini telerilevate (immagini da drone, aereo e satellite).

Teoria e pratica per l'analisi di dati telerilevati attraverso l'utilizzo di software di elaborazione d'immagine in alcune specifiche applicazioni di tipo geologico

Organizzazione - Il anno LM:

→ **Lezioni ed esercitazioni** (4 CFU), 48 ore. Aspetti teorici e applicativi per lo sviluppo di problemi di tipo geologico utilizzando immagini satellitari elaborate con software commerciali e open-source.

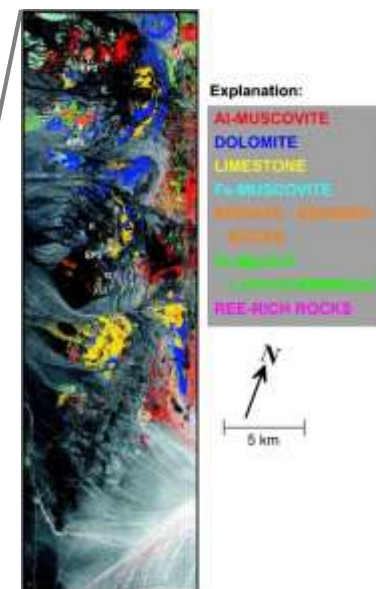
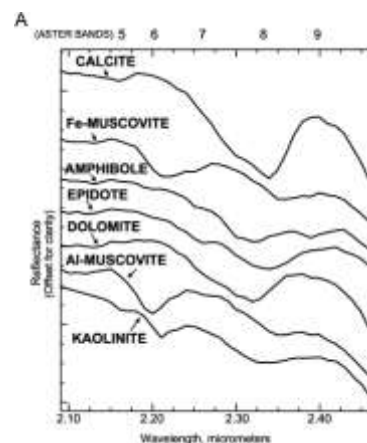
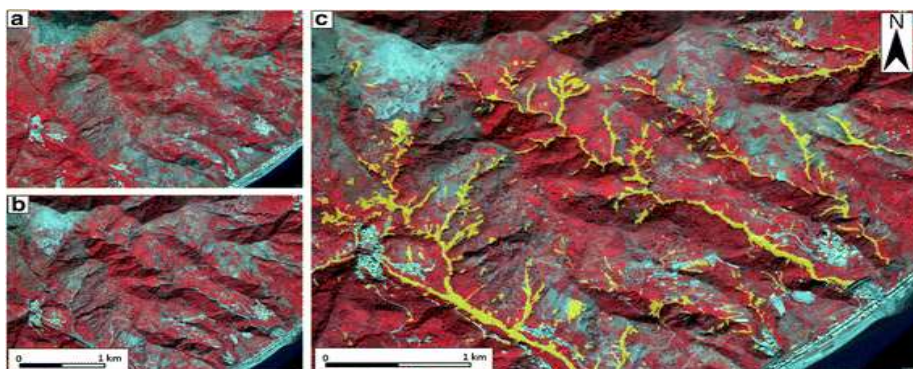
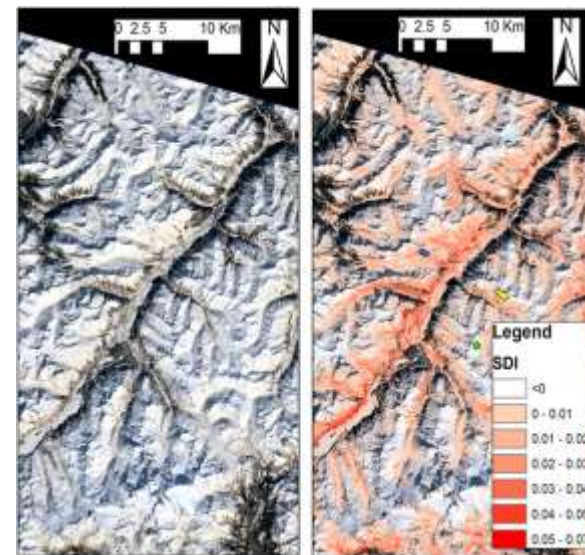


Telerilevamento per le scienze della Terra (4 CFU)

In ENGLISH

Contenuti:

- 1) **Basi di telerilevamento e caratteristiche dei sensori**
- 2) **Elaborazione dei dati ed analisi di immagini digitali**
- 3) **Interpretazione e uso dei dati:** i) spettroscopia in riflessione per analisi della composizione di minerali e rocce; ii) monitoraggio della criosfera (telerilevamento attivo e passivo); iii) monitoraggio delle deformazioni del suolo con tecniche interferometriche; iv) monitoraggio del dissesto idrogeologico con immagini satellitari.
- 4) **Utilizzo di software commerciali e open-source per l'applicazione di tutte le tecniche descritte sopra.**



In ENGLISH

The course will cover the basic aspects

regarding the problems of research and exploitation of energy resources with hints about the associated risks.

Aims:

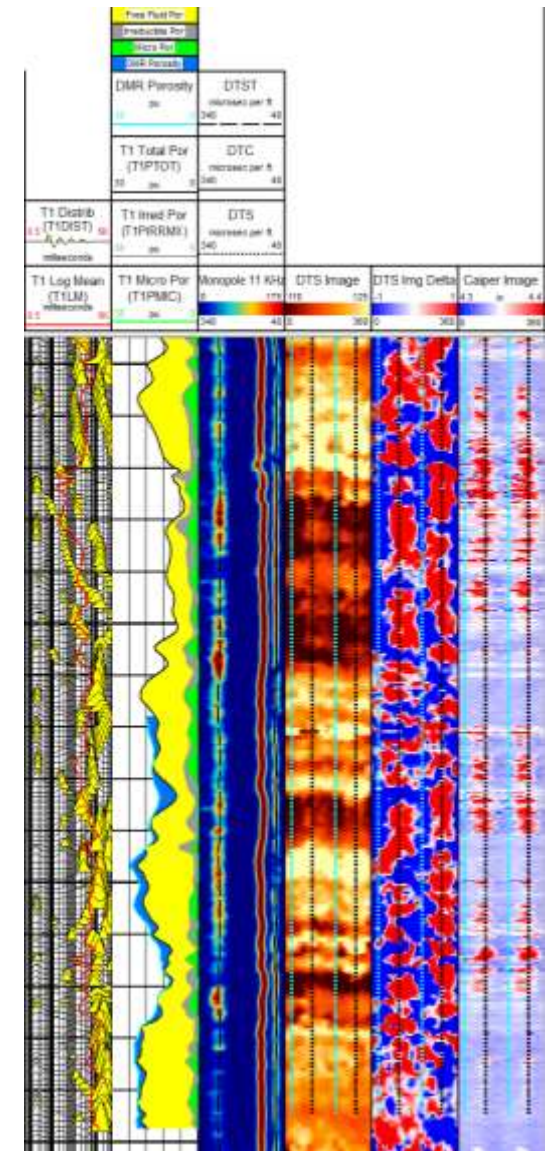
Provide a broad framework of knowledge to geologists to address the emerging issues in the field of geoenergy and sustainability

Teaching form: Lessons, 28 h 4 credits

Programme

General introduction to energy resources: Energy demand and consumption, Renewable energies

Conceptual models of oil and gas reservoirs: - Geometric, physical and mechanical properties of reservoir rocks - Geological key-factors - Tools and techniques for characterization - Stratification of fluids in a reservoir - Multi-fluid circulation in oil and gas deposits in porous rocks and fractured rock masses



Programme

In ENGLISH

Geothermal resources, geothermal systems in low, medium and high enthalpy.

Heat exchangers. Estimation of the potential heat of a shallow unconfined aquifer

Unconventional resources

- Tight reservoirs
- Shale oil
- Shale Gas
- Fracking

CO2 storage and natural gas

- Characterization of material properties
- Modeling Methods
- Tests in the laboratory, and on-site monitoring
- Micro-induced seismicity
- Techniques of Geophysical Research

Evaluation of radioactive waste repositories

