



## Argomenti

### GEODINAMICA E SISMOTETTONICA (5 ORE TEORICHE)

Prof. Massimiliano BARCHI (Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte prima:** terremoti e tettonica delle placche - Reologia della Litosfera; caratterizzazione e localizzazione dei terremoti in relazione ai diversi ambienti geodinamici.
- **Parte seconda (Faglie e terremoti):** studio dei terremoti alle diverse scale temporali.

### SISMOLOGIA E RISCHIO SISMICO (2 ORE TEORICHE + 1 ORA PRATICA)

Prof. Andrea CANNATA (Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte teorica:** classificazione delle onde sismiche. Meccanismo sorgente dei terremoti. Localizzazioni e magnitudo. Stima di pericolosità e rischio sismico. Accelerazioni del suolo attese.
- **Parte pratica:** lettura di sismogrammi di terremoti locali, regionali, telesismici.

### IL RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO (2 ORE TEORICHE + 3 PRATICHE)

Dr. Lucio DI MATTEO (Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte teorica:** I livelli di approfondimento della MS. La suddivisione dei litotipi in classi ai fini della identificazione di situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Le principali indagini puntuale e standard di rappresentazione a supporto della redazione della Carta delle indagini puntuale e lineari per gli studi di MS e della Carta Geologico-Tecnica. La banca dati delle indagini geognostiche e geofisiche della Regione Umbria. Condizioni idrogeologiche e zone suscettibili di liquefazioni (zone di attenzione).
- **Parte pratica:** visita didattica nell'area di Norcia e Visso insieme ad altri docenti del corso di perfezionamento. Durante la visita verranno discussi i risultati dei rilievi geologico-tecnici ed idrogeologici effettuati a seguito del sisma 2016.

### LE INDAGINI GEOFISICHE (2 ORE TEORICHE + 3 ORE PRATICHE)

Dr.ssa Cristina PAUSELLI (Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte teorica:** cenni sulle principali indagini geofisiche. Integrazione dei dati provenienti delle indagini geofisiche a supporto degli studi della Risposta Sismica Locale: punti di forza e punti di debolezza. Effetto di filtro o amplificazione operata localmente dagli strati più superficiali: effetto della geologia di superficie e effetto della topografia. Esempi e problematiche.
- **Parte pratica:** visita didattica nell'area di Norcia e Visso insieme ad altri docenti del corso di perfezionamento.

### LA GEOFISICA PER LA MICROZONAZIONE (14 ORE)

**Modulo 1.** Prof. Dario ALBARELLO (Università di Siena, Dip. di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente) – 6 ore teoriche

- Aspetti generali sull'impiego della geofisica di superficie nella Microzonazione sismica (1H); metodi attivi in onde superficiali (1H); metodi passivi a stazione singola (1H); metodi passivi su antenna sismica (1H); procedure interpretative ed esempi (2H).

**Modulo 2:** Dr. Enrico PAOLUCCI (Università di Siena, Dip. di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente) – 8 ore pratiche

- Esecuzione e interpretazione di misure di sismica passiva su antenna singola e antenna per la determinazione del profilo di Vs. L'esercitazione sarà svolta nel sito sperimentale messo a disposizione dal Dipartimento di Fisica e Geologia. Le prime 4 ore saranno dedicate all'esecuzione delle misure in campagna e le altre 4 all'interpretazione dei risultati.

## **MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO (3 ORE TEORICHE + 7 ORE PRATICHE)**

**Prof. Francesco MIRABELLA** (Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte teorica:** Il significato del modello geologico di sottosuolo per la microzonazione sismica (MS). La cartografia finalizzata alla MS, zone stabili, instabili e suscettibili di instabilità. Raccolta dati pre-esistenti e pianificazione di rilevamenti ex-novo. Caratterizzazione del tipo di substrato, definizione della tipologia di coperture e del loro assetto geometrico in superficie e nel sottosuolo. Elementi morfologici superficiali e sepolti pertinenti la pericolosità sismica. Metodi di indagine per la cartografia geologica e geologico-tecnica incentrata sulle coperture recenti e il rilevamento geomecanico di ammassi rocciosi fratturati. Determinazione geometrica in pianta e sezione delle interfacce potenzialmente responsabili di amplificazione locale del moto sismico. Realizzazione della carta geologica, geologico-tecnica e delle zone omogenee in prospettiva sismica.
- **Parte pratica:** definizione del modello geologico di superficie e di sottosuolo di un'area campione ai fine della realizzazione della carta delle indagini, della carta geologica, geologico-tecnica e delle sezioni. Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica.

## **ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA (2 ORE TEORICHE)**

**Prof. Corrado CENCETTI** (Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte teorica:** Le NTC 2018 e il coefficiente di amplificazione topografica. Effetti di valle e di rilievo (topografici). Generazione di onde di superficie. Focalizzazione delle onde sismiche. L'analisi paleogeomorfologica. Modelli e studi numerici. Geomorfologia e microzonazione sismica: abachi di riferimento per gli effetti topografici (livello 2); istruzioni tecniche per l'esecuzione, l'acquisizione dati e la presentazione dei risultati delle indagini geomorfologiche.

## **RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO E GIS (2 ORE TEORICHE + 3 ORE PRATICHE)**

**Dr.ssa Laura MELELLI** (Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte teorica:** I dati digitali territoriali in GIS per il riconoscimento e la perimetrazione delle forme e dei depositi superficiali: Modelli Digitali di Elevazione, attributi topografici primari e secondari, immagini telerilevate, software di visualizzazione virtuale della superficie terrestre. Elaborazione di cartografie tematiche ottenute da operazioni di analisi spaziale in GIS come mezzi di pianificazione e supporto del rilevamento geomorfologico di terreno.
- **Parte pratica:** L'uso dei GIS per l'archiviazione informatica dei dati di microzonazione. Specifiche informatiche per la compilazione delle Tabelle e la creazione degli Shapefile richiesti dagli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica redatti dalla Commissione Tecnica per la MS. La riproiezione dei dati.

## **CONDIZIONI DINAMICHE E STABILITÀ DEI VERSANTI (5 ORE TEORICHE + 2 ORE PRATICHE)**

**Prof.ssa Manuela CECCONI** (Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Perugia)

- **Parte teorica:** comportamento meccanico dei terreni in condizioni di taglio ciclico; rigidezza a taglio a piccole e medie deformazioni; prove di laboratorio (non convenzionali) in condizioni cicliche/dinamiche; definizione dell'azione sismica; metodi pseudostatici e metodi agli spostamenti per la valutazione delle condizioni di sicurezza di versanti in condizioni sismiche; requisiti normativi (NTC 2018).
- **Parte pratica:** esercitazioni numeriche ed esempi di calcolo per la valutazione delle condizioni di stabilità dei versanti in condizioni sismiche.

## **CRITERI GENERALI E INDIRIZZI NEL CONTESTO DI PROTEZIONE CIVILE (7 ORE)**

**Modulo 1: Prof. Gabriele SCARASCIA MUGNOZZA** (Sapienza Università di Roma - Dipartimento di Scienze della Terra) – 2 ore teoriche

- Il contributo della Microzonazione Sismica (MS) nelle scelte urbanistiche e progettuali: esperienze a seguito del terremoto dell'Italia centrale. Pianificazione delle indagini di MS. Gli attori della MS. Applicazioni della MS.

**Modulo 2: Dr. Carlo ESPOSITO** (Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Scienze della Terra) – 5 ore teoriche

- Approcci per la valutazione di instabilità di versante indotte dai terremoti negli studi di MS. Introduzione al "problema" degli effetti co-sismici nella MS. Illustrazione di una proposta metodologica per la valutazione di scenari franosità sismo-indotta (il metodo "PARSIFAL"). Illustrazione di un caso di studio: dalla

Microzonazione Sismica di I Livello alla Microzonazione Sismica di III Livello nel comune di Accumoli (RI).

### **PROCEDURE AMMINISTRATIVE E MICROZONAZIONE DI LIVELLO III PER STUDI DI PROGETTAZIONE (6 ORE)**

**Modulo 1:** Dott. Geol. Francesco SAVI (Regione Umbria, Servizio Rischio Sismico). 2 ore teoriche

Verrà messo in evidenza il progressivo passaggio, nel quadro normativo, tra la gestione dell'emergenza, la progettazione antisismica e la pianificazione.

Il modulo avrà il seguente programma:

- Evoluzione storica dei criteri tecnici nelle zone sismiche;
- Concetti di "indagini geofisiche" e "risposta sismica locale" (intuizioni, gestazione e nascita nelle Norme);
- Applicazione degli studi di microzonazione sismica, per i progetti di ricostruzione, nei territori interessati dal sisma 2016 (D.G.R. Umbria n. 298 del 04/04/2018).

**Modulo 2:** Dott. Geol. Vittorio D'INTINOSANTE (Regione Toscana, Settore Sismica – Ufficio di Prevenzione Sismica). 2 ore teoriche

- Introduzione e definizione della Pericolosità sismica;
- Effetti locali dei terreni;
- La Microzonazione Sismica (MS) al giorno d'oggi (caratteristiche e modalità operative secondo le vigenti Linee Guida nazionali);
- La Microzonazione Sismica di II Livello;
- La Microzonazione Sismica di III Livello;
- Utilizzo dei dati di Microzonazione Sismica sia a fini pianificatori (recepimento degli studi di MS negli strumenti urbanistici comunali e stima della pericolosità sismica in ambito urbanistico) sia per finalità connesse con la successiva progettazione edilizia.

**Modulo 3:** Dott. Geol. Michele ARCALENI (Geologo Libero Professionista, esperto in microzonazione sismica). 2 ore teoriche

- Dalle indagini geofisiche alla risposta sismica locale;
- Confronto, attraverso dati reali, tra i vari approcci per la valutazione dello spettro di risposta sismica;
- Criticità e punti di forza delle NTC 17/01/18, degli studi di Microzonazione Sismica di II Livello e degli studi di Microzonazione Sismica di III Livello attraverso analisi di situazioni concrete e reali.

### **RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOFISICO DEL SOTTOSUOLO (11 ORE)**

**Modulo 1:** Dott. Roberto DE FRANCO (CNR Milano, Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali). 2 ore teoriche + 3 ore pratiche

- **Parte teorica:** illustrazione dei metodi per la caratterizzazione geofisica del sottosuolo a supporto degli studi della Risposta Sismica Locale. Metodi sismici spettrali a stazione singola e microrete: funzione ricevitore, Standard Spectral Ratio, HVSR.  
Metodi sismici da superficie attivi: Metodo sismico a rifrazione in fase P e S (Metodi standard e tomografico), Metodo MASW (analisi curve di dispersione onde superficiali). Metodi sismici da superficie passivi: array sismici passivi: ReMi, ESAC. Metodi sismici da pozzo: Down-Hole e Cross-Hole.
- **Parte pratica:** illustrazione delle procedure e dei criteri per la pianificazione delle indagini geofisiche a supporto della risposta sismica locale. Illustrazione delle caratteristiche degli strumenti e delle procedure di acquisizione per i metodi illustrati. Illustrazione delle procedure di elaborazione e di inversione dei dati sismici ed analisi dell'incertezza dei modelli (Rifrazione, MASW, ReMi, HVSR e down-hole). Interpretazione geologico-geofisica dei dati e costruzione del modello geofisico di ingresso per i codici di calcolo della risposta sismica locale.

**Modulo 2:** Dott.ssa Grazia Maria CAIELLI (CNR Milano, Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali). 6 ore pratiche

- **Parte pratica:** esercitazioni di acquisizione dati geofisici mediante il metodo MASW e HVSR sul sito sperimentale messo a disposizione dal Dipartimento di Fisica e Geologia UNIPG. Esercitazioni di elaborazione e inversione dei dati sismici a rifrazione, MASW e HVSR mediante software open source (es. GEOPSY).

### **ANALISI DELLA RSL CON MODELLI 1D/2D (12 ORE)**

**Modulo 1: Dott.ssa Floriana PERGALANI** (Politecnico di Milano, Team Ricerca Zonizzazione Sismica). 3 ore teoriche + 6 ore pratiche

- **Parte teorica:** argomento di questo modulo è la trattazione delle problematiche relative alle analisi della risposta sismica locale che, com'è noto, consentono di valutare le modifiche che il segnale sismico subisce nell'attraversare il sottosuolo.  
Nell'ambito della formazione prevista in questo modulo, verranno presentate brevemente le basi teoriche del comportamento dei terreni in condizioni di carico dinamiche e cicliche e degli effetti di propagazione delle onde. Verrà posto l'accento sui principali modelli per la caratterizzazione del comportamento non lineare dei terreni in termini di parametri di rigidezza e smorzamento e sulle principali indagini di laboratorio necessarie a determinarli. Sarà posta in evidenza la possibilità, ai fini della stima della risposta sismica locale, di eseguire una valutazione delle incertezze associate al profilo di velocità delle onde S e alle curve di decadimento e di smorzamento associate alle diverse unità lito-stratigrafiche.  
Sarà posta attenzione alla scelta, nell'ambito delle elaborazioni numeriche, dei modelli di calcolo 1D e 2D, in relazione alle complessità geologiche e geomorfologiche dei siti in esame.
- **Parte pratica:** tra i diversi programmi di calcolo per l'esecuzione di analisi numeriche di risposta sismica locale 1D, il codice STRATA è stato ritenuto il più idoneo ai fini delle modellazioni in ambito professionale. Il codice esegue l'analisi in tensioni totali, con un modello lineare equivalente a strati continui. Verrà descritto l'approccio lineare equivalente implementato nel codice STRATA, evidenziandone le principali caratteristiche, i limiti e il tipo di risultati che è possibile ottenere attraverso di esso. Saranno discussi i criteri per la scelta dei moti di input, delle curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del rapporto di smorzamento dei terreni, e dei tipi di risultati.  
In questo modulo verranno predisposte opportune esercitazioni in aula durante le quali saranno illustrate le principali modalità di applicazione del codice di calcolo (1D) e i criteri di scelta dei diversi parametri di input. Saranno mostrati esempi applicativi.

**Modulo 2: Dott. Massimo COMPAGNONI** (Politecnico di Milano, Team Ricerca Zonizzazione Sismica). 3 ore teoriche

- **Parte teorica:** la scelta, nell'ambito delle elaborazioni numeriche, dei modelli di calcolo 1D e 2D, in relazione alle complessità geologiche e geomorfologiche dei siti in esame.  
Illustrazione dei principali tipi di risultati individuati in Fattori di Amplificazione su diversi intervalli di periodo e di risposta in accelerazione.

#### **IL CODICE QUAD4M (6 ORE PRATICHE)**

Dott. Massimo COMPAGNONI (Politecnico di Milano, Team Ricerca Zonizzazione Sismica). 6 pratiche

- **Parte pratica:** verranno predisposte opportune esercitazioni in aula durante le quali saranno illustrate le principali modalità di applicazione del codice di calcolo (2D) e i criteri di scelta dei diversi parametri di input. Tra i diversi programmi di calcolo per l'esecuzione di analisi numeriche di risposta sismica locale 2D, il codice STACEC è stato ritenuto il più idoneo ai fini delle modellazioni in ambito professionale, che utilizza anche il codice di calcolo QUAD4M.  
Il codice permette di effettuare analisi 2D, con la finalità di valutare i fenomeni di amplificazione bidimensionali (creste e valli). Saranno discussi i criteri per la scelta dei moti di input, delle curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del rapporto di smorzamento dei terreni, e dei tipi di risultati.