

L'OMOGENEIZZAZIONE DEI DATI DI ESPLORAZIONE DEL SOTTOSUOLO

Nell'ambito del Programma Regionale di valutazione degli effetti locali, coordinato dal Servizio Sismico Regionale, viene effettuata una caratterizzazione geologico-tecnica del sito (centro urbano nel caso dei Programmi d'indagine relativi al Progetto VEL ed area produttiva in riferimento al Programma DOCUP 2000-2006) che consta di differenti [fasi](#) di approfondimento d'indagine.

Definite le aree d'indagine, un primo approccio alla caratterizzazione geologica del sito consiste nell'esecuzione di rilievi geologici e geomorfologici a scala di dettaglio (prevalentemente in scala 1:2000), al fine di ottenere:

1. una mappatura di dettaglio delle unità geologiche (formazioni, membri, facies...) con indicazioni degli affioramenti noti sia per il substrato che per le coperture;
2. la definizione delle zone di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse;
3. la definizione degli elementi strutturali (faglie, contatti tettonici, discontinuità, etc.);
4. la rappresentazione dei processi geomorfologici (con indicazione dello stato di attività) e dei depositi/accumuli da essi originati (corpi di frana, conoidi alluvionali, etc.);
5. l'indicazione delle forme morfologiche (zone di ciglio, selle e creste, orli di scarpate e terrazzo) in grado di causare amplificazione sismica;

Il rilevamento geologico eseguito nell'ambito del Programma Regionale di valutazione degli effetti locali, anche se eseguito da personale qualificato a scala dettagliata e sottoposto a severe fasi di revisione, non consente di definire da solo un modello geologico-tecnico di sottosuolo.

E' opportuno pertanto definire un piano delle indagini geofisiche e geotecniche in grado di integrare ed estendere le informazioni acquisite nella fase precedente al fine di giungere ad una caratterizzazione geometrica e fisico-meccanica del sottosuolo.

Un primo passo nella programmazione delle indagini di esplorazione multidisciplinare del sottosuolo è quello di programmare indagini sismiche a rifrazione in onde P ed SH, in grado di:

1. definire particolari geometrie sepolte potenzialmente amplificanti, con capacità di indagine di tipo bidimensionale;
2. giungere a profondità d'indagine sufficiente al computo delle V_{s30} (tramite misure dirette in termini di V_{sh}) e relative Categorie di suolo di fondazione (Cap. 3.2.1 del [D.M. 14/09/05 "Norme Tecniche per le Costruzioni"](#));

Questa modalità d'indagine presenta costi limitati rispetto ad altre prospezioni in grado di determinare in maniera diretta la distribuzione delle velocità sismiche (V_P e V_{SH}) nel sottosuolo, come ad esempio le indagini sismiche in foro, la cui capacità d'indagine è limitata alla verticale di misura.

Va comunque considerato come la sismica a rifrazione presenti, rispetto alle indagini in foro, sia un grado di dettaglio sicuramente inferiore sia maggiori limiti metodologici.

Per cui la programmazione delle indagini deve essere eseguita considerando preventivamente, oltre le problematiche logistiche (legate alla fattibilità dell'indagine ed al livello di rumore ambientale in grado di limitare la qualità dei sismogrammi acquisiti), anche il presunto assetto sismostratigrafico del sottosuolo, al fine di evitare l'incorrere dei

suddetti limiti insiti nella metodologia (presenza del cosiddetto “strato muto” o di fenomeni di inversione di velocità).

Successivamente alla realizzazione delle indagini a rifrazione, eseguite secondo gli standard di qualità richiesti dalla Regione Toscana e riportati nelle [Istruzioni Tecniche Regionali](#) e sottoposte a controllo di qualità da parte dei Consulenti geofisici del Servizio Sismico Regionale, vengono pianificate le indagini geotecniche e geofisiche in foro, in grado di tarare i risultati delle prospezioni geofisiche e fornire (in corrispondenza della verticale di misura) una parametrizzazione fisico-meccanica più dettagliata.

Si giunge, quindi, attraverso differenti fasi di approfondimento delle indagini, alla definizione di un modello geologico-tecnico del sottosuolo, da utilizzare sia ai fini della determinazione delle categorie di suolo di fondazione per la stima dell'azione sismica di progetto (D.M. 14/09/05), sia alla definizione di una serie di dati di input (spessori, geometrie, distribuzione di velocità sismiche nel sottosuolo, densità dei materiali, curve dinamiche $G-G_0$ e $D-D_0$).

Questi dati (direttamente acquisiti nei diversi siti di indagine) sono necessari ai fini dell'esecuzione di analisi numeriche mono e bidimensionali in campo dinamico (definito parallelamente uno o più terremoti di input sismocompatibili), per la stima di parametri, come spettri di risposta e fattori d'amplificazione, utili alla verifica di potenziali effetti di amplificazione locale dei terreni.

La definizione di un omogeneo modello geologico-tecnico del sottosuolo prevede però l'esame integrato di tutte le informazioni acquisite nelle diverse fasi di cui si compone la programmazione delle indagini multidisciplinari del sottosuolo.

Al fine di poter provvedere, in un'ottica di indagine a livello areale, alla caratterizzazione di vaste porzioni di territorio con costi limitati, limitando l'utilizzo di indagini puntuali di tipo geognostico, geotecnico e geofisico a particolari verticali d'indagine (definite, tra l'altro, in maniera mirata grazie al contributo di conoscenze fornite proprio dalla realizzazione di indagini a rifrazione in onde P ed SH), la fase di indagine tramite sismica a rifrazione, come accennato nei paragrafi precedenti, viene svolta in maniera preliminare con l'unico elemento di taratura disponibile derivante dalle informazioni desunte dalla cartografia geologica di dettaglio. Ma laddove esistano significative porzioni di territorio in cui affiorino estesamente depositi di copertura (ad esempio aree di fondovalle, conoidi alluvionali, estese coltri detritiche) l'informazione ricavabile da rilievo di superficie è naturalmente limitata e di conseguenza il dato sismostratigrafico e soprattutto l'attribuzione litostratigrafica possono essere passibili di modifica.

In particolare questo aspetto riguarda la verifica ed il controllo “a posteriori” delle indagini sismiche a rifrazione, che nella filosofia operativa sopraccennata vengono realizzate preliminarmente alla fase di indagine geognostici e geotecnica in foro.

Premessa la corretta esecuzione delle operazioni di acquisizione del segnale in sito e la conseguente fase di picking (ovvero la determinazione del tempo di arrivo dell'onda sismica per ognuna delle tracce di cui si compongono i sismogrammi) e determinazione del grafico tempi-distanze (dromocrone), per ciò che concerne il processo di passaggio dal grafico delle dromocrone alla sezione sismostratigrafica, può essere valutata preliminarmente alla taratura geognostica soltanto la congruenza del modello proposto, sia da un punto di vista sismostratigrafico sia litostratigrafico.

Per sismostratigrafia si intende la sezione di output del software di interpretazione geofisica, in grado di rappresentare la discretizzazione del sottosuolo indagato in differenti sismogrammi, ovvero livelli caratterizzati da omologhe velocità sismiche.

La sezione litostratigrafica rappresenta il passaggio successivo, in cui ai sismogrammi (in base alle informazioni derivanti dalle cartografie geologiche prodotte a seguito del rilievo geologico di dettaglio) viene attribuita una attribuzione litologica.

Esistono in alcuni casi, infatti, molteplici soluzioni egualmente valide da un punto di vista fisico-matematico. Solamente attraverso la taratura fornita dalla realizzazione dei sondaggi geognostici di taratura e dalle relative prove geofisiche in foro (down-hole) può essere ridotto il numero di incognite del sistema per pervenire alla soluzione più idonea da un punto di vista geologico.

Per questo motivo le indagini sismiche a rifrazione sono sottoposte sia ad una prima validazione (a cura dei referenti geofisici dell'Università di Chieti) per la verifica della corretta esecuzione delle indagini da un punto di vista geofisico, sia a controllo a seguito della realizzazione di tutte le fasi di esplorazione del sottosuolo, per la verifica della correttezza dell'interpretazione sismostratigrafica e dell'attribuzione litostratigrafica.

Inoltre, al fine di uniformarne il formato, le sezioni litostratigrafiche verificate ed eventualmente corrette vengono digitalizzate secondo un formato omogeneo, nel rispetto delle legende geologiche redatte dal Servizio Sismico regionale in collaborazione, per ognuna delle aree a maggior rischio sismico della Toscana, coi rispettivi referenti geologici delle Università di Firenze, Pisa e Siena.

A corredo delle suddette sezioni vengono riportate, infine, tutte le informazioni relative all'indagine (Committente, Ditta esecutrice, data di esecuzione, Comune, Località e numero della prova), nonché una breve descrizione dei risultati e delle operazioni di verifica e controllo effettuate nell'ambito del processo di omogeneizzazione.