



# Il Progetto SEE-GeoForm: uno strumento per la consultazione di dati geologici e di pericolosità sismica riferiti all'intero territorio nazionale

Giuseppe Di Capua, Silvia Peppoloni  
*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma.*

Marco Amanti, Carlo Cipolloni, Giovanni Conte  
*Servizio Geologico d'Italia - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.*

Danilo Avola, Andrea Del Buono  
*CSK Lab - Computer Science and Knowledge Laboratory - Development Department, Roma.*

Edoardo Borgomeo, Cristina Negri Arnoldi, Sara Scriveri  
*Collaboratori esterni INGV, Roma.*

*Keywords: geologia, pericolosità sismica, banche dati, webgis*

## ABSTRACT

Il progetto SEE-GeoForm (Site Effects Evaluation - Geological Form: <http://www.seegeoform.it>) nasce con l'obiettivo di realizzare uno strumento semplice, potente e completo per la consultazione e la rappresentazione, tramite un WebGIS, di dati geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici relativi all'intero territorio italiano. In questo modo, si vogliono concentrare in un sistema flessibile e intuitivo, dotato di un'unica modalità di accesso e consultazione, una serie di informazioni che attualmente sono disperse in numerosi database mono-tematici consultabili via Internet. Attualmente il WebGIS contiene dati georeferenziati e carte tematiche relative alla pericolosità sismica a differenti scale territoriali e per diverse unità amministrative (regioni, province e comuni). Le informazioni provengono sia da banche dati esistenti che da elaborazioni effettuate "ad hoc" nell'ambito di questo progetto (carte tematiche in scala 1:100.000 del territorio italiano). Per rendere il sistema più flessibile ed aggiornabile è stata sviluppata una piattaforma che utilizza esclusivamente tecnologie "open source", basate sulle linee guida dell'Open Geospatial Consortium (OGC); in questo modo è stato possibile realizzare alcuni moduli tematici che sono totalmente compatibili con il protocollo standard denominato WMS (Web Map Services) per la consultazione e la visualizzazione spaziale dei dati tramite Internet.

## 1 INTRODUZIONE

Il ruolo che le banche dati rivestono nello studio e nella gestione del territorio ha assunto nel tempo una crescente importanza ed oggi sono divenute uno strumento indispensabile sia nella ricerca scientifica che nella pratica professionale, poichè consentono l'accesso a dati già codificati e organizzati. In ambito scientifico costituiscono una traccia del raggiungimento di specifici risultati ed una fonte di informazioni fondamentale per lo sviluppo di nuovi filoni di ricerca. In ambito professionale, la possibilità di accedere a determinati dati diviene indispensabile per inquadrare i problemi tecnici che il professionista deve affrontare e risolvere, contestualizzandoli nel quadro delle conoscenze scientifiche acquisite ed in parte consolidate.

Attraverso un WebGIS viene creata una interfaccia che consente ad un utente di

visualizzare ed interrogare via Internet una o più banche dati geograficamente riferite. Le informazioni vengono rappresentate attraverso punti, linee e poligoni, a secondo della tipologia di dato, e al fine della loro migliore interpretazione da parte dell'utente; ciascun insieme di dati aventi stessa geometria e rappresentativi di una classe di oggetti costituisce uno strato informativo (*layer*). In un WebGIS si possono rappresentare contemporaneamente diversi strati informativi, rendendo possibile una lettura sovrapponibile delle diverse tipologie di informazioni. Inoltre, la realizzazione di opportuni algoritmi consente di visualizzare sulla cartografia o nelle interfacce predisposte, una serie di elaborazioni a richiesta dell'utente, riferite a punti, segmenti o aree specifiche del territorio considerato.

Oggi su Internet sono raggiungibili molte banche dati, ma esiste una difficoltà crescente di reperire le informazioni essenziali per avere un quadro conoscitivo preliminare dei problemi da

affrontare e delle informazioni da utilizzare. Gli approfondimenti sono infatti già di per sé disponibili nei siti tematici, ma manca spesso un luogo di sintesi, nel quale poter rappresentare contemporaneamente dati di diversa provenienza, molto spesso disomogenei a livello di sistema di riferimento e di coordinate, che si ha interesse a rappresentare in maniera combinata.

Tenendo conto di questo problema, è nato il Progetto SEE-GeoForm (Site Effects Evaluation - Geological Form: <http://www.seegeoform.it>): il suo obiettivo è quello di realizzare uno strumento semplice, potente e completo per la consultazione e la rappresentazione, tramite un WebGIS, di dati geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici relativi all'intero territorio italiano.

Sostanzialmente il SEE-GeoForm consiste di tre elementi:

- un progetto di ricerca, con obiettivi, attività tecniche e scientifiche, prodotti;
- un sito Web, interfaccia tra il gruppo di ricerca e la comunità scientifica, professionale e civile, che illustra i contenuti del progetto, la tipologia di dati utilizzati, le elaborazioni prodotte, gli strumenti predisposti ed in generale comunica agli utenti lo stato di avanzamento delle attività;
- un WebGIS, che consente di consultare i database disponibili, organizzati in moduli tematici, e di visualizzare i vari strati informativi presenti e la cartografia disponibile.

La piattaforma tecnologica WebGIS realizzata risponde a due importanti requisiti:

- facilità di accessibilità e di usabilità dei dati per utenti con differente livello di conoscenza delle informazioni disponibili. Le numerose banche dati in rete hanno ciascuna le sue modalità di accesso e di consultazione, mentre il sistema SEE-GeoForm, concentrando dati di diversa provenienza in un unico sistema, costituisce un luogo in cui l'utente può compiere sempre le stesse operazioni per accedere ai contenuti e per utilizzarli;
- interoperabilità con altre banche dati, consentendo uno scambio delle informazioni con altre piattaforme esistenti.

Frutto di una idea nata all'interno dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), il progetto SEE-GeoForm prevede la collaborazione tra l'INGV stesso, il Servizio Geologico d'Italia – ISPRA e la CSK Lab di Roma.

## 2 IL SEE-GEOFORM

### 2.1 Il Progetto di ricerca

Gli obiettivi del progetto prevedono elaborazioni di pericolosità sismica locale a scala nazionale, basate sulla geologia di superficie. Queste elaborazioni mirano ad integrare gli effetti di amplificazione-deamplificazione sismica locale nelle carte di pericolosità sismica di base già prodotte dall'INGV, attraverso una valutazione speditiva e unicamente orientativa delle categorie di sottosuolo previste dalle NTC 2008, sulla base di correlazioni empiriche tra i litotipi di superficie e le categorie stesse. I risultati già ottenuti possono rappresentare un punto di partenza per analisi di rischio sismico a scala territoriale, in base alle quali stabilire graduatorie di approfondimento e/o di intervento e pianificare strategie di mitigazione del rischio sismico.

### 2.2 Il sito web

La struttura del sito è estremamente semplice ed intuibile. Nella *homepage* (Fig. 1) è presente il tasto per accedere al WebGIS e per registrare la propria utenza, così da avere la possibilità di consultare tutti i contenuti in esso previsti. Un menù consente di accedere alle sezioni che offrono una panoramica su alcuni aspetti tecnici del WebGIS e sui moduli tematici attualmente presenti, di leggere i curricula sintetici dei membri del gruppo di ricerca e le *news*, di inviare un messaggio con la richiesta di informazioni tramite un modulo predefinito. Nella sezione "Responsabilità e condizioni d'uso" vengono fornite indicazioni sul corretto uso dei dati e sulla loro proprietà intellettuale.



Figura 1. Homepage del sito web SEE-GeoForm (<http://www.seegeoform.it>). Il bottone "Avvia SEE-GeoForm" consente l'accesso al WebGIS. Sulla destra, l'area di registrazione dell'utente ed il collegamento alla pagina del progetto sul social network Twitter.

### 2.3 Il WebGIS

Il WebGIS SEE-GeoForm (Fig. 2) è stato sviluppato secondo i più moderni concetti di usabilità. Particolare attenzione è stata posta nella realizzazione di un'interfaccia che rendesse fruibili i dati in modo semplice ed estremamente rapido, indipendentemente dall'esperienza dell'utente.



Figura 2. Il WebGIS SEE-GeoForm. In alto a sinistra il “Pannello dati”. Al centro l’ “Area di visualizzazione”. In alto a destra gli “Strati informativi” attivabili. Nella figura sono stati visualizzati contemporaneamente la cartografia satellitare di Google, la Carta Litosismica in scala 1:100.000 e le sorgenti sismogenetiche composite del DISS v3.1.1.

Il WebGIS è sostanzialmente articolato in tre pannelli: agendo all'interno di essi è possibile accedere a tutte le informazioni esistenti nel sistema e alle loro relative elaborazioni. Il pannello sinistro (Pannello dati) permette di accedere in modo veloce ed intuitivo alle differenti tipologie di dati esistenti e alle loro relative elaborazioni, organizzate in moduli tematici. Il pannello centrale (Area di visualizzazione) consente da un lato di visualizzare le carte di interesse, dall'altro di consultare i vari tipi di informazione richiesti. Inoltre, è presente un insieme di strumenti attraverso i quali l'utente stesso può accedere ad ulteriori informazioni da specifiche zone dell'area visualizzata. I diversi strati informativi presenti nel sistema possono essere visualizzati singolarmente o congiuntamente, in tutte le possibili combinazioni, in modo da consentire la sovrapposizione di dati eterogenei. Il pannello destro (Strati informativi) permette la selezione singola e/o multipla dei differenti strati informativi disponibili nel sistema, con un semplice clic.

### 3 LA STRUTTURA SOFTWARE DEL SITO WEB E DEL WEBGIS

Il sito web è stato strutturato utilizzando le potenzialità del WPF (*Web Portal Framework*), un *framework* proprietario di supporto alla creazione dei portali, interamente basato sulle tecnologie HTML 5 (*HyperText Markup Language*) e CSS3 (*Cascading Style Sheets*), che permette una rapida e semplice strutturazione del *layout* di un qualsiasi sito web, consentendo analogamente una certa facilità nelle modifiche che progressivamente devono essere apportate al sistema.

Inoltre, il WPF consente di definire, attraverso l'integrazione di funzionalità Javascript (linguaggio di programmazione del software), un comportamento di interazione del sito secondo i più alti standard del WEB 2.0 (O'Reilly 2005), la cui filosofia pone l'enfasi sulla necessità di sviluppare siti web in modo che la navigazione e la fruizione delle informazioni sia semplice, immediata e intuitiva.

Il WebGIS basa la sua architettura software sul classico paradigma *client-server*. Per il SEE-GeoForm, il *client* è rappresentato dal software di navigazione (*browser*) utilizzato dall'utente che si collega all'indirizzo (URL), identificativo del WebGIS; il *server* è costituito dal modulo GDS (*Geographical Data Server*) che ha, come compito principale, quello di far visualizzare all'utente i dati richiesti, georeferenziandoli all'interno di mappe predefinite. Più in dettaglio, l'utente, navigando all'interno dei tre pannelli del WebGIS e interagendo con essi, farà compiere al *client* un insieme di “richieste” le quali verranno contestualmente inoltrate al *server* attraverso il protocollo HTTP (*HyperText Transfert Protocol*): a questo punto il *server* “risponderà” alle richieste, fornendo, prevalentemente in formato compatto XML (*eXtensible Markup Language*), tutti i dati richiesti dall'utente in modo georeferenziato.

In aggiunta, è opportuno evidenziare che GDS supporta le specifiche dei servizi di mappa standard WMS (*Web Map Services* - OGC) per una rapida e avanzata consultazione dei dati gestiti. Tra le componenti fondamentali utilizzate dal GDS per assolvere alle proprie funzionalità troviamo il modulo LM (*LayerManager*) e il *database* (MySQL 5.0). Il modulo LM rappresenta il vero e proprio gestore degli strati informativi (*layer*) e delle mappe caricate all'interno del WebGIS. Esso mette a disposizione un insieme espandibile di metodi, attraverso i quali manipolare interamente i *layer* e le mappe fornite dal modulo GDS. Per ciò che

concerne il *database* si è scelto di affidarsi alla versione ad oggetti del noto DBMS MySQL di Oracle. Da un lato, questo ha permesso di gestire in maniera semplice i dati di tipo spaziale propri di un sistema GIS e, dall'altro, di usufruire di una serie di funzionalità avanzate che permettono sia la manutenzione che l'immediata fruizione di elevate quantità di informazioni di tipo BLOB (*Binary Large Object*): queste caratteristiche sono fondamentali per la gestione di un WebGIS moderno e dinamico.

Infine, si segnala che sia il sito web che il WebGIS sono stati sviluppati interamente utilizzando tecnologie *software open source* (ad esempio, HTML, CSS, Javascript, PHP, JQuery), con indubitabili vantaggi dal punto di vista economico, dal momento che sono stati azzerati i costi periodici di gestione delle licenze d'uso.

## 4 I MODULI TEMATICI

Le informazioni consultabili nel WebGIS sono organizzate in moduli tematici, rendendo in tal modo la struttura del sistema informatico estremamente flessibile e facilmente implementabile (si rimanda alla "guida in linea" del WebGIS per dettagli sui singoli moduli e sui riferimenti bibliografici, che di seguito vengono descritti soltanto in maniera sintetica).

### 4.1 Dati alla scala comunale

In questo modulo sono consultabili dati amministrativi e geografici, dati relativi alla pericolosità sismica di base e locale, riferiti ai centri abitati italiani capoluogo comunale, considerati in maniera puntuale. Questo modulo è distinto in tre sotto-moduli (informazioni ISTAT sul comune, valori di pericolosità sismica di base e locale).

### 4.2 Dati di pericolosità sismica INGV

Il modulo consente la consultazione dei parametri di pericolosità sismica di base riferiti ai punti della griglia regolare (avente passo di 0,05°), utilizzata nel 2004 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per lo studio effettuato a scala nazionale (GdL MPS 2004), e dei parametri sismici per la costruzione degli spettri di risposta elastici delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008), rilasciati dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.cslp.it>).

Per ciascun punto della griglia, identificato dal suo ID e dalle coordinate geografiche (Latitudine e Longitudine), sono visualizzati i valori di  $a_g$

(accelerazione orizzontale massima al substrato rigido),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) per differenti probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari a 50 anni.

Inoltre, per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento di 50 anni viene anche indicato il corrispondente tempo di ritorno ( $T_r$ ). Infine, è indicato lo stato limite corrispondente ad una specifica probabilità di superamento.

### 4.3 Calcolo della pericolosità sismica al sito

Questo modulo consente di calcolare i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per un qualsiasi punto del territorio nazionale. Per il punto richiesto dall'utente cliccando sulla cartografia, i parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  sono calcolati mediante la media pesata, rispetto alla distanza, dei corrispondenti valori relativi ai quattro punti della griglia INGV più vicini.

### 4.4 Sorgenti sismogenetiche (DISS v3.1.1)

Con questo modulo è possibile visualizzare alcuni dati relativi alle sorgenti sismogenetiche composite presenti nel DISS v3.1.1 dell'INGV (DISS Working Group 2010).

Le sorgenti sismogenetiche composite (ex aree sismogenetiche) si basano su dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da parametri geometrici (*strike*, *dip*, larghezza, profondità) e cinematici (*rake*).

### 4.5 Classe litosismica

Il Servizio Geologico d'Italia (ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ha messo a punto una Carta Litologica d'Italia in scala 1:100.000 (Portale del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA: <http://sgi.isprambiente.it/geoportal/>), derivata dall'accorpamento in 46 litotipi delle differenti Formazioni Geologiche presenti nei 277 fogli della Carta Geologica d'Italia alla stessa scala (Amanti et al. 2008).

Partendo dalla Carta Litologica d'Italia si è ottenuta una Carta Litosismica d'Italia in scala 1:100.000, nella quale i 46 litotipi precedenti sono stati raggruppati in 12 classi (tab. 1), sulla base di una loro presunta omogeneità di comportamento meccanico in relazione ad uno scuotimento sismico.

Tabella 1. Classi litosismiche.

Classe Litosismica	Litologia
SA1	Roccia: calcari, dolomie, diaspri, quarzareniti, lave, rocce granitoidi, plutoniti, filladi e micascisti, gneiss, ofioliti, serpentiniti, cornubianiti, marmi, quarziti, granuliti, ecc.
SA2	Piroclastiti, tufi, ignimbriti, piroclatiti + lave, tufi pedogenizzati, scorie, lapilli, pomici e bombe.
SA3	Arenarie.
SA4	Evaporiti, diatomiti, terreni residuali.
SA5	Travertini.
SA6	Detriti cementati.
SA7	Complessi pelitico-arenacei e calcareo arenacei.
SA8	Marne.
SA9	Sabbie+Ghiaie, argille, terreni a granulometria mista.
SA10	Argille caotiche.
SA11	Tuffiti.
SA12	Terreni torbosi e lignitiferi.

#### 4.6 Categoria di sottosuolo NTC

La Carta delle Categorie di sottosuolo in scala 1:100.000 è stata realizzata a partire dalla Carta Litosismica d'Italia in scala 1:100.000. A ciascuna delle 12 classi litosismiche è stata attribuita una categoria di sottosuolo (NTC 2008 – tab. 2 e 3) di “default”, sulla base di un giudizio “esperto”, formulato a partire dalla descrizione litologica che le NTC forniscono per ciascuna delle categorie previste (tab. 2).

Tabella 2. Categorie di sottosuolo. Per la loro descrizione estesa si rimanda alle NTC 2008.

Categoria	Descrizione sintetica	$V_{S30}$ (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi.	> 800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti.	360-800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.	180-360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti.	≤ 180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento ( $V_{S30} > 800$ m/s).	-
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s, che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	-

La categoria attribuita in “default” è stata eventualmente modificata, tenendo conto del valore di alcuni attributi descrittivi disponibili per alcuni dei poligoni presenti all’interno del database dei litotipi (ad esempio, la consistenza dell’ammasso roccioso o l’età del deposito, tab. 3).

Al termine delle elaborazioni, il territorio nazionale è stato suddiviso nelle categorie “A”, “B”, “C”, “D” ed “S1/D” (Fig. 3).

Tabella 3. Griglia di correlazione empirica tra la litologia di superficie del sito (classe litosismica), l’età geologica del deposito e le categorie di sottosuolo delle NTC 2008. La presenza del trattino indica che la categoria valutata su base litologica non viene modificata dall’attributo “età del deposito”.

Classe Litosismica	Categoria di Sottosuolo default, o modificata da altri attributi	Categoria di Sottosuolo attributo “età del deposito”		
		Pre-Quaternario	Pleistocene	Olocene
SA1	A, B	-	-	-
SA2	B, C	-	-	C
SA3	A, B	-	-	-
SA4	B	-	C	C
SA5	B, C	-	-	-
SA6	A, B	-	-	-
SA7	B	-	-	-
SA8	B	-	-	-
SA9	B	-	C	D
SA10	B	-	-	-
SA11	B	-	-	C
SA12	S1 o D	-	-	-



Figura 3. Carta delle Categorie di Sottosuolo, in scala 1:100.000. Il territorio nazionale è stato suddiviso nelle 5 categorie “A” (blu), “B” (marrone), “C” (giallo), “D” (celeste) e “S1/D” (verde).

Le categorie “E” ed “S2” previste dalle NTC 2008 (Tab. 2) non sono state utilizzate poiché considerano rispettivamente una particolare situazione stratigrafica nel sottosuolo o una conoscenza di dettaglio di alcune caratteristiche geotecniche dei litotipi che, in entrambi i casi, non sono in nessun modo deducibili dalla geologia di superficie. Inoltre, è stata adottata una categoria ibrida “S1/D”, non prevista dalle NTC 2008, poiché quando la carta litologica segnala la presenza di depositi torbosi, questi certamente hanno caratteristiche di addensamento o di consistenza inquadabili nella categoria “D”, ma allo stesso tempo la presenza di torba non può far escludere la possibilità che questi depositi ricadano nella categoria “S1”. Infatti questa categoria prevede proprio la presenza di torba nel sottosuolo per uno spessore di almeno 3 m. Un dato numerico di questo tipo non può però essere dedotto in maniera automatica sulla base della geologia di superficie.

Va sottolineato che la Carta delle Categorie di Sottosuolo in scala 1:100.000 non può essere impiegata per analisi di dettaglio e tanto meno per analisi finalizzate alla progettazione di strutture, a causa della scala di elaborazione a cui è stata redatta e della metodologia adottata, basata su assunzioni iniziali non ancora esaustivamente verificate. Inoltre, per gli stessi motivi non deve intendersi sostitutiva di studi di microzonazione sismica. I dati rappresentati hanno solo un valore orientativo e necessitano di verifiche ed approfondimenti specifici, sulla base dei dettati delle norme sismiche nazionali e regionali vigenti.

## 5 ELABORAZIONE DEI DATI

I database del sistema e le Carte Litosismica e delle Categoria di Sottosuolo in scala 1:100.000 sono state utilizzate per analisi riferite a differenti unità amministrative e territoriali. In particolare, per tutte le 20 regioni, 110 province (al 1 gennaio 2011), 8.101 comuni (al 1 gennaio 2001) ed aree urbanizzate è stata valutata la distribuzione percentuale delle classi litosismiche e delle categorie di sottosuolo e sono stati calcolati i valori della pericolosità sismica di base per differenti probabilità di superamento nel periodo di riferimento di 50 anni ( $T_r=475$  anni), considerando i valori di  $a_g$  calcolati dall'INGV per la griglia di passo 0,05°.

Le tre figure che seguono mostrano alcune delle elaborazioni prodotte. Nella Fig. 4 sono

messe a confronto le distribuzioni percentuali delle categorie di sottosuolo valutate per alcune regioni italiane.

Dal momento che la Carte delle Categorie di Sottosuolo è stata sostanzialmente derivata dalla geologia di superficie in scala 1:100.000, questa distribuzione dovrebbe rispecchiare le caratteristiche litologiche della regione considerata e l'età dei terreni presenti.

Per il Piemonte è stata ottenuta una distribuzione omogenea delle categorie “A”, “B”, “C” e “D”, che trova una semplice correlazione con il passaggio progressivo dall'ambiente alpino, contraddistinto dalla predominanza degli ammassi rocciosi meso-cenozoici (“A”), agli ambienti pedemontani e collinari, con la prevalenza di rocce più tenere e di depositi eterometrici da mediamente a molto addensati e/o da mediamente a molto consistenti pleistocenici (“B”), fino ad arrivare all'ambiente di pianura nel quale prevalgono depositi da grossolani a fini, di età recente (Olocene), poco addensati o consistenti (“C” o “D”).

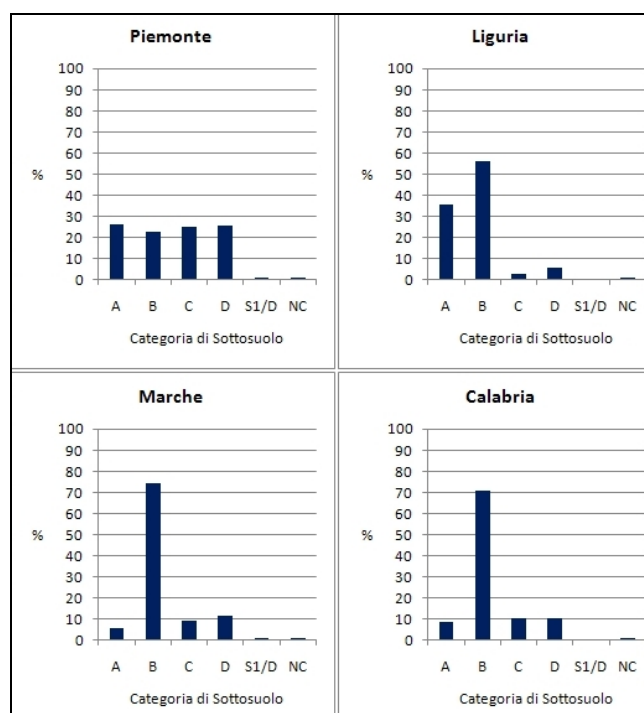


Figure 4. Confronto tra le distribuzioni percentuali delle Categorie di Sottosuolo per quattro regioni (NC: territorio non classificato).

In Liguria, la situazione è differente, dal momento che le categorie “A” e “B” sono nettamente predominanti, in ragione di una geologia di superficie caratterizzata da ammassi rocciosi e rocce tenere di età meso-cenozoica (“A” e “B”), in percentuale molto superiore alle aree (generalmente vallive) in cui affiorano in prevalenza depositi prevalentemente sciolti (sia

grossolani che fini) di età pleistocenica ed olocenica (“C” e “D”). La distribuzione percentuale delle categorie di sottosuolo nelle Marche ed in Calabria è molto simile, ma si origina da due situazioni geologiche completamente differenti, che sono il risultato di differenti ambienti geodinamici nei quali i depositi presenti sono stati prodotti. Nelle Marche, la predominanza della categoria “B” è in relazione alla presenza su gran parte del territorio regionale di depositi costituiti da rocce tenere flyschoidi, depositi quindi in un ambiente di avanfossa prospiciente la catena appenninica in sollevamento. In Calabria è invece la predominanza di ammassi rocciosi, fortemente fratturati e tettonizzati, prodotti durante l’orogenesi alpina, a rendere diffusa la presenza della categoria “B”.

Quando si passa alle elaborazioni prodotte alla scala provinciale, è possibile capire alcune differenze nella potenzialità che insorgono fenomeni di amplificazione sismica (pericolosità locale) all’interno di macro-aree del territorio regionale. Ad esempio, in Fig. 5 è riportato il confronto tra la distribuzione delle categorie di sottosuolo per le province di Isernia e Campobasso (Molise).

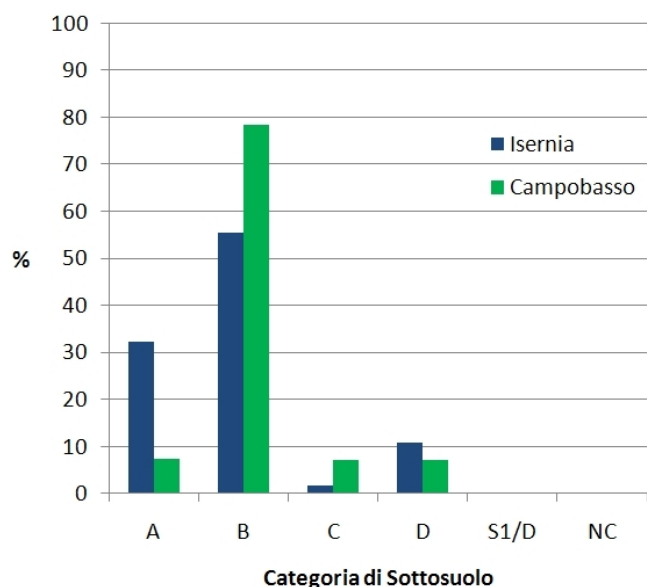


Figure 5. Distribuzione percentuale delle Categorie di Sottosuolo per le due province del Molise, valutate utilizzando la Carta delle Categorie di Sottosuolo in scala 1:100.000 messa a punto nell’ambito del Progetto SEE-GeoForm (NC: territorio non classificato).

La differenza più rilevante è costituita dalle rispettive percentuali delle categorie “A” e “B”. Una cospicua porzione della provincia di Isernia è costituita dai rilievi montuosi del Matese e delle

Mainarde, nei quali le rocce calcaree giurassiche e cretache, rigide, sono molto diffuse (“A”). Di contro, la provincia di Campobasso vede la prevalenza di rilievi meno pronunciati, di tipo collinare, costituiti da depositi arenacei, sabbiosi ed argillosi miocenico-pliocenici, più plastici (“B”). Ciò si riflette in una maggiore presenza della categoria “A” nella provincia di Isernia, viceversa della predominanza della categoria “B” in provincia di Campobasso. Percentuali minori delle categorie “C” e “D” sono dovute alla presenza di terreni mediamente e poco consistenti e/o addensati, rispettivamente nelle vallate della provincia di Isernia e nell’area costiera della provincia di Campobasso.

Altri confronti sono possibili quando si scende alla scala comunale, considerando sia l’area dell’intero territorio comunale, che le aree urbanizzate presenti all’interno di questo territorio, siano esse quella del solo centro abitato capoluogo o quella comprensiva anche di tutte le frazioni del centro abitato capoluogo. Nella Fig. 6 vengono mostrati i risultati, sempre in termini di distribuzione percentuale delle categorie di sottosuolo, ottenute per i due comuni di Roma e di Reggio di Calabria. Le distribuzioni sono state calcolate considerando l’intero territorio comunale e l’area urbanizzata del centro abitato capoluogo, senza prendere in esame anche le aree urbanizzate delle frazioni.

Al di là di alcune differenze che possono essere osservate tra i due territori comunali considerati, più interessante è notare che la città di Roma ha una estensione che comprende quasi del tutto il suo territorio comunale. Per questo motivo la distribuzione percentuale ottenuta per l’intero territorio comunale e quelle per l’area urbanizzata del centro capoluogo sono praticamente identiche. Completamente diverso è il caso di Reggio di Calabria, in cui la distribuzione percentuale si modifica enormemente quando si prende in esame l’area urbanizzata del capoluogo. Infatti, l’edificato di Reggio di Calabria si estende nella porzione del territorio comunale più prossima alla pianura costiera e alle colline prospicienti, laddove sono presenti depositi geologici più recenti, costituiti prevalentemente da ghiaie, sabbie, limi ed argille pleistoceniche ed oloceniche. La città non si sviluppa invece nella parte del territorio più interna e rilevata, caratterizzata dalla presenza di rocce metamorfiche (gneiss e filladi), rigide e molto antiche (Paleozoico?). Questa situazione si

riflette nella distribuzione delle categorie di sottosuolo: se si considera tutto il territorio comunale, si osserva una predominanza della categoria “B”; se si considera l’area realmente occupata dall’edificato del centro capoluogo, le categorie “C” e “D” diventano prevalenti. Ciò implica un aumento della reale propensione all’amplificazione sismica considerando le aree urbanizzate, rispetto a quella ottenibile mediando i dati sull’intero territorio comunale.

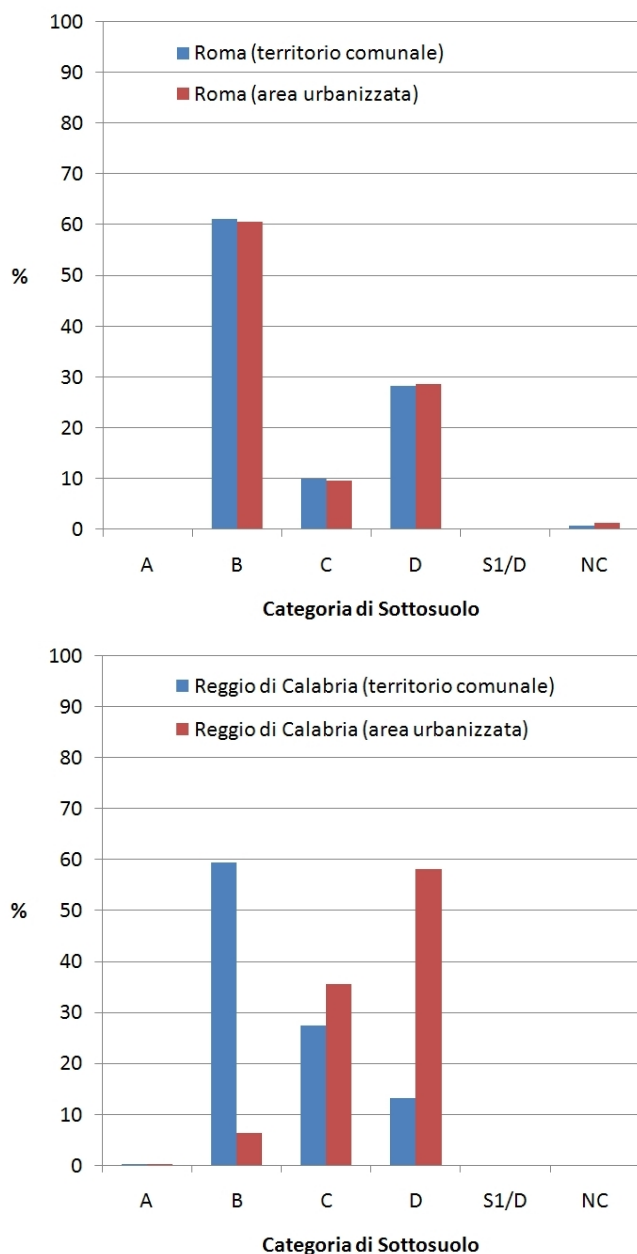


Figure 6. Confronti tra la distribuzione percentuale delle Categorie di Sottosuolo in scala 1:100.000, calcolate rispettivamente per il territorio comunale di Roma (in alto) e di Reggio di Calabria (in basso) e per la sola area urbanizzata di ciascuno dei due centri abitati capoluogo (NC: territorio non classificato).

Questo risultato è di grande importanza per eseguire analisi di rischio sismico a scala territoriale che tengano conto della pericolosità sismica locale, in quanto i risultati potrebbero

essere completamente differenti a seconda dell’unità amministrativa a cui sono riferite le analisi stesse.

## 6 UNA BANCA DATI DI PROFILI DI $V_S$

Per valutare il livello di affidabilità dei risultati ottenibili con la Carta delle Categorie di Sottosuolo in scala 1:100.000 e per meglio vincolare le ulteriori elaborazioni possibili, nel progetto è stata avviata una raccolta di punti di controllo sul territorio italiano, ai quali sono associate informazioni di tipo stratigrafico e geofisico (in particolare, profili di  $V_S$  da prove down-hole, cross-hole, MASW, ecc.). In questo modo è possibile effettuare confronti tra il dato “povero”, ricavabile dalla scala 1:100.000, e le informazioni puntuali di dettaglio.

I profili di  $V_S$  provengono da banche dati esistenti (Progetto VEL Toscana, Progetto Microzonazione Sismica della Regione Molise e Progetto Banca Dati Accelerometrici ITACA dell’INGV) e da relazioni tecniche disponibili su Internet. Inoltre, per la raccolta dei dati sono state avviate collaborazioni con alcuni Ordini Regionali dei Geologi (Basilicata, Lazio, Lombardia, Piemonte, Puglia, Sardegna, Toscana, Valle d’Aosta) e alcuni Servizi Geologici Regionali (Emilia-Romagna e Umbria). Gli Ordini Regionali hanno inviato informative ai propri iscritti chiedendo una partecipazione volontaria al progetto attraverso l’invio dei risultati di indagini geofisiche. I Servizi Geologici regionali hanno invece messo a disposizione dati prodotti nell’ambito di studi di microzonazione sismica.

Al momento risultano inseriti nel database 315 profili di  $V_S$ . Per ciascuno di essi è stato calcolato il  $V_{S30}$  ed è stata valutata la corrispondente categoria di sottosuolo (NTC 2008 – tab. 1). Ogni profilo di  $V_S$  è georiferito. Ciascuno di questi punti è stato anche classificato utilizzando la Carta delle Categorie di Sottosuolo in scala 1:100.000. Per fornire un esempio delle elaborazioni in corso, si riporta nel grafico di Fig. 7 la distribuzione dei valori di  $V_{S30}$  ottenuti per il sottoinsieme del database più numeroso, ovvero dei 100 punti (32% del totale) classificati nella categoria “B” attraverso la Carta delle Categorie di Sottosuolo in scala 1:100.000.

Il grafico evidenzia un buon accordo tra il risultato ottenuto utilizzando il dato “povero” della cartografia e quello di dettaglio proveniente dall’esecuzione di una prova geofisica. Nel caso considerato, la corrispondenza tra le due



valutazioni è stata ottenuta nel 71% dei punti considerati. Un restante 20% dei punti ha valori di  $V_{S30}$  che ricadrebbe in categoria “C”, mentre un 9% in categoria “A”.

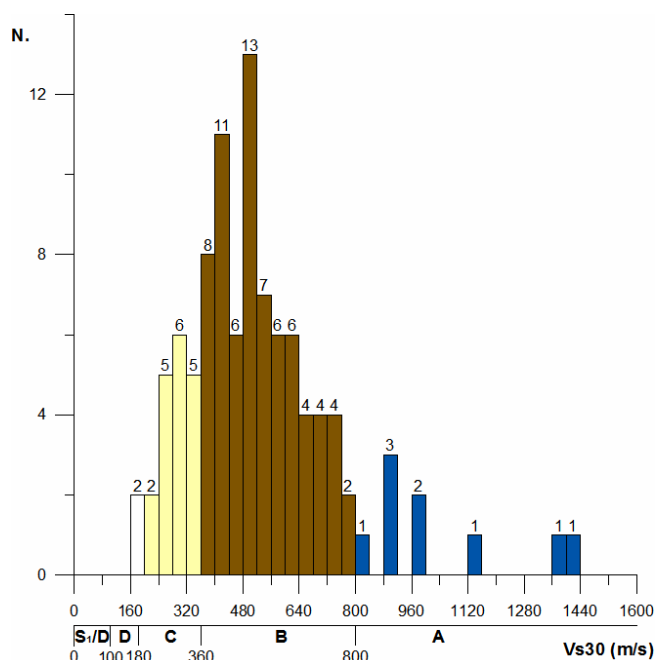


Figure 7. Distribuzione dei valori di  $V_{S30}$  (in ascissa), da prove geofisiche, per i punti di indagine classificati di tipo “B” attraverso la Carta delle Categorie di Sottosuolo in scala 1:100.000. Al di sotto dell’asse delle ascisse sono indicati gli intervalli di  $V_{S30}$  delle categorie di sottosuolo previste dalle NTC 2008. I differenti colori segnalano l’appartenenza degli istogrammi alle diverse categorie di sottosuolo valutabili sulla base del valore della  $V_{S30}$  ottenuti dai risultati di prove geofisiche. In particolare, il verde identifica la categoria “B”, il blu quella “A”, il giallo la “C”, il bianco i valori che si trovano acavallo tra le categorie “C” e “D”.

## 7 CONCLUSIONI

In questa memoria sono stati descritti i tratti essenziali del Progetto SEE-GeoForm, che si articola in 3 parti: un progetto di ricerca, un sito web ed un webGIS. Nell’ambito del progetto di ricerca sono state realizzate due carte tematiche del territorio italiano in scala 1:100.000 (Carte Litosismica e Carta delle Categorie di Sottosuolo) che possono essere utilizzate nella redazione di mappe di rischio sismico a scala nazionale, per la messa a punto di mappe di scuotimento in tempo reale (ShakeMaps) e negli studi sull’attenuazione del moto sismico con la distanza, che tengano in conto le caratteristiche litologiche locali, anche se in maniera semplificata, al fine di integrare nelle elaborazioni i possibili effetti di amplificazione-deamplificazione sismica. Queste carte trovano anche impiego nella pianificazione territoriale ai

fini dell’individuazione di aree nelle quali procedere con progressivi approfondimenti conoscitivi. La redazione di queste carte è solo il primo passo per realizzare strumenti di conoscenza preliminare omogenei per il territorio nazionale, la cui affidabilità sia testata attraverso dati di dettaglio. A tal fine si sta procedendo alla raccolta di stratigrafie e profili di  $V_S$  disponibili per tutto il territorio italiano. È importante sottolineare che questi dati vengono sottoposti a verifiche ed analisi prima di un loro inserimento nel database in costruzione.

Ma il progetto SEE-GeoForm, al di là degli aspetti di ricerca, nel suo piccolo, mira anche a sviluppare forme di collaborazione volontaria tra mondo della ricerca, Enti Locali e settore professionale per il perseguimento di obiettivi di pubblica utilità. Anche in tale direzione si devono leggere le varie collaborazioni che sono state attivate, per la raccolta dei dati sul territorio nazionale, tra l’INGV, Ente coordinatore del progetto, Regioni e Ordini Regionali dei Geologi, quali tramite con i singoli professionisti impegnati nelle realtà locali.

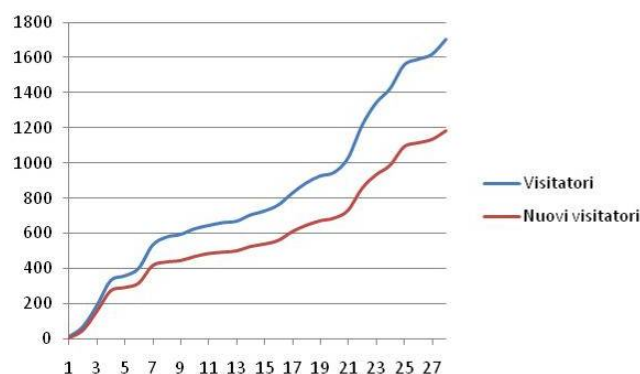


Figure 8. Curve cumulate del numero di visitatori nel mese di febbraio 2011. In ascissa i giorni del mese, in ordinata il numero di visitatori. La curva in blu rappresenta il numero complessivo di visitatori, ovvero senza distinguere coloro che accedono per la prima volta ai servizi web (curva in rosso) da quelli che invece tornano a consultarli in accessi successivi.

L’alto numero di utenti già registrati (circa 500) e di visitatori (Fig. 8) del sito web e del webGIS ci fa ritenere che stiamo lavorando nella giusta direzione, creando uno spazio in cui gli strumenti messi a punto possano dare risposte semplici, ma efficaci, alle esigenze operative e di conoscenza di una utenza dalle necessità diversificate.

## BIBLIOGRAFIA

Amanti M., Battaglini L., Campo V., Cipolloni C., Congi M.P., Conte G., Delogu D., Ventura R., Zonetti C., 2008. The Lithological map of Italy at 1:100.000 scale:

- An example of re-use of an existing paper geological map. 33<sup>rd</sup> International Geological Conference, IEI02310L – 6-14<sup>th</sup> August, Oslo (Norway).
- DISS Working Group, 2010. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.
- GdL MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.
- NTC, 2008. Norme Tecniche per le Costruzioni, DM 14 gennaio 2008, Gazzetta Ufficiale, n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento Ordinario n. 30, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- O'Reilly T., 2005. What is Web 2.0-design patterns and business models for the next generation of software. <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>.