



## **Progetto S1 - Proseguimento della assistenza a DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi**

*Responsabili: GianMichele Calvi (Eucentre) e Massimiliano Stucchi (INGV-MI)*

### **Rendiconto della prima fase di attività (1 giugno 2005 - 30 giugno 2006)**

#### **Abstract/obiettivi del progetto**

Questo progetto rappresenta la continuazione di attività che INGV, con alcuni collaboratori esterni, ha intrapreso a favore di DPC a partire dalla seconda metà del 2003 per la redazione della mappa di pericolosità sismica denominata MPS04 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Gli obiettivi principali sono:

- 1) completare le elaborazioni relative a MPS04, con riferimento alle valutazioni di amax per le isole, per altri periodi di ritorno e per diverse ordinate spettrali; valutazioni sperimentali di amax provenienti da un albero logico più complesso di quello utilizzato per MPS04; valutazioni sperimentali di amax e di spettri di risposta calibrate per condizioni locali; realizzazione di valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica, utilizzando l'impianto adottato per MPS04; sviluppo del sito web per la disseminazione dei risultati del progetto (Task 1);
- 2) realizzare valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica, utilizzando approcci di sito, ed effettuare confronti fra tali valutazioni, MPS04 e dati osservativi (Task 2);
- 3) contribuire alla definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati sismicamente, attraverso il pieno utilizzo del potenziale informativo di MPS04 e il confronto con elaborati basati su ipotesi non stazionarie di sismicità, già disponibili o realizzabili in tempi brevi (Task 3);
- 4) aggiornare i database sismologici non altrimenti aggiornati da INGV o da altri enti, con particolare riferimento al database macrosismico e ai prodotti correlati: catalogo parametrico, stime di completezza, ecc. (Task 4).

In aggiunta, il progetto formula *suggerimenti e contributi* per: a) la gestione delle problematiche derivanti dall'applicazione dell'Ordinanza 3274 e successive disposizioni; b) l'aggiornamento delle azioni di progetto delle norme sismiche; c) la definizione degli input per il progetto S5; d) l'eventuale aggiornamento di MPS04.

Il progetto prevede il rilascio di circa 20 *deliverables*, il cui stato di avanzamento è presentato al paragrafo 4.

Il progetto non ha fra i suoi obiettivi la redazione di mappe basate su modelli non stazionari della sismicità. Pur concordando sulla opportunità che gli enti di ricerca sviluppino questo settore di ricerca, non è stato ritenuto automatico, né indispensabile, che tali sviluppi avvengano nell'ambito di questa convenzione con DPC, che non lo richiede e le cui risorse non sarebbero comunque sufficienti. In altre parole, il progetto ritiene di concentrare sforzi e risorse per rispondere al meglio alle reali esigenze del Committente, e di ricercare altre sedi e altri finanziamenti per lo sviluppo di ricerche innovative i cui risultati non siano direttamente o immediatamente utilizzabili da parte del Committente stesso.

Il progetto ritiene comunque opportuno che il tema degli sviluppi metodologici venga affrontato nell'ambito dei *suggerimenti e contributi* citati più sopra avviando, a partire dal secondo anno, un gruppo di lavoro, aperto anche alla partecipazione di ricercatori designati dal progetto S2, con il compito di proporre iniziative future.

Al progetto partecipano 12 UR, il cui contributo ai vari Task è presentato in tabella:

UR	Ente	Resp.	Task1 Meletti Rebez	Task2 Albarello Gasparini	Task3 Strobbia Montaldo	Task4 Camassi Gasparini Stucchi	Mesi persona cofin.
1	INGV-Milano	Meletti	@	@	@	@	64
2	INGV-Milano	Meroni	@			@	26
3	INGV-Bologna	Camassi			@	@	58
4	INGV-Catania	Azzaro		@		@	18
5	INGV-Roma1	Gasparini				@	12
6	INGV-Napoli	Marturano				@	12
7	EUCENTRE PV	Strobbia	@		@		16
8	UNISiena	Albarello		@		@	8
9	UniBologna	Gasparini		@		@	18
10	UniGenova	Spallarossa			@		30
11	CNR-Milano	Rotondi		@			4
12	OGS Trieste	Rebez	@	@		@	17
<b>Tot</b>							<b>283</b>

## 1. Stato di avanzamento del progetto: aspetti generali

Le attività del progetto nel corso del periodo giugno 2005 – maggio 2006 hanno riguardato tre punti principali:

- l'assistenza al Dipartimento della Protezione Civile per l'aggiornamento della normativa, e a Regioni e utenti vari per l'utilizzo dei dati di pericolosità sismica;
- il completamento di iniziative di ricerca in corso e in particolare: i) le elaborazioni relative alla mappa di pericolosità sismica MPS04; ii) il database macrosismico utilizzabile come input per le valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità;
- la messa a punto di ipotesi e metodologie per la realizzazione di nuove elaborazioni e l'avvio della loro sperimentazione, in prospettiva dell'utilizzo nella seconda fase.

Punto a). Nel periodo di attività del progetto si sono determinate a livello politico le condizioni per una chiarificazione dei ruoli e delle competenze dello Stato in materia di normativa sismica. Il "Testo Unitario delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 settembre 2005) ha riaffermato la suddivisione delle azioni sismiche di progetto in quattro classi di amax, cui corrispondono quattro zone sismiche anch'esse individuate da classi di amax. In seguito, con la collaborazione dei coordinatori del progetto e dello staff del DPC, è stata redatta l'Ordinanza 3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri (28 aprile 2006, G.U. n.108 del 11/05/2006) che, oltre a ribadire i criteri secondo i quali devono essere compilate le mappe di pericolosità sismica da utilizzarsi per l'aggiornamento delle zone sismiche, propone la mappa MPS04 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004) quale riferimento nazionale in materia.

Poiché l'Ordinanza 3519 affida a INGV il compito di mettere a disposizione degli utenti i dati di MPS04 mediante sito web dedicato, replicato da Dipartimento della Protezione Civile e Ministero delle Infrastrutture, è stato ristrutturato a questo scopo il sito web [zonesismiche.mi.ingv.it](http://zonesismiche.mi.ingv.it) (fig. 1).

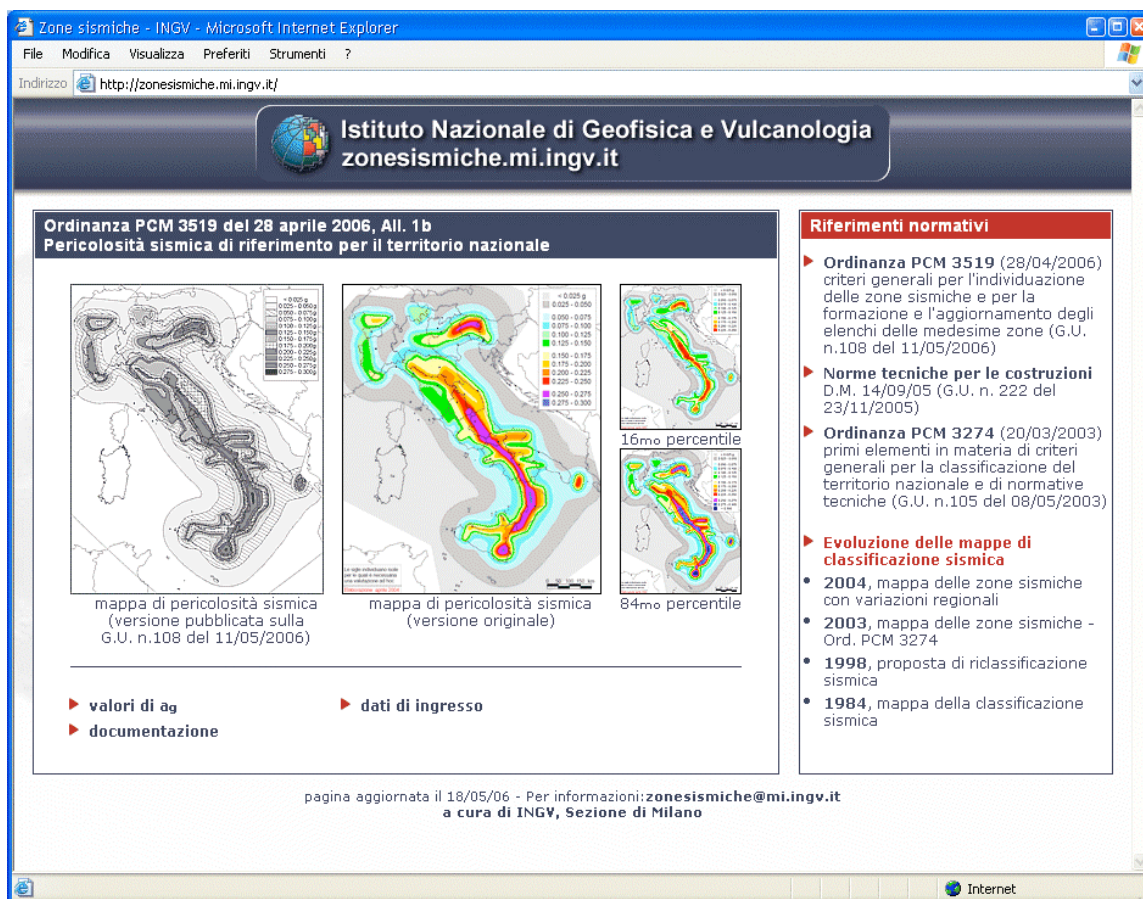


Figura 1. Homepage aggiornata del sito [zonesismiche.mi.ingv.it](http://zonesismiche.mi.ingv.it).

In aggiunta: i) i coordinatori del progetto partecipano per conto del DPC a una commissione che ha il compito di contribuire a rendere definitivo e stabile il quadro normativo; ii) ricercatori afferenti al progetto hanno contribuito ad assistere regioni e categorie professionali nell'utilizzo dei dati di pericolosità sismica attraverso corsi dedicati, giornate di studio e materiali informativi (ad esempio Meletti et al., 2006).

Punto b). Al completamento delle iniziative in corso hanno contribuito i Task 1 e 4. Task 1, dedicato in gran parte proprio a questo scopo, ha reso disponibili in particolare:

- i) valutazioni ad hoc di  $a_{max}$  per le isole Stromboli, Panarea, Alicudi, Filicudi, Ustica, Pantelleria (Deliverable D1), non analizzate in MPS04;
- ii) valutazioni di  $a_{max}$  per 7 probabilità di eccedenza in 50 anni (81%, 63%, 50%, 39%, 22%, 5% e 2%, alle quali corrispondono rispettivamente i periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 200, 1000 e 2500 anni), in termini di 16mo, 50mo e 84mo percentile (D2);
- iii) valutazioni di accelerazioni spettrali per dieci periodi di interesse ingegneristico: 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.75, 1.00, 1.50, 2.00 sec, per 8 differenti probabilità di eccedenza in 50 anni (D3).

I dettagli di queste elaborazioni vengono presentati nel punto successivo.

Task 4 ha completato la compilazione del database macrosismico unificato dei dati di base che sostengono CPTI04, denominato DBMI04 (Gruppo di Lavoro DBMI, 2005; versione 2004 del Data Base Macrosismico Italiano – l'anno sta a indicare la coerenza con CPTI04). Il database contiene 58.926 dati puntuali di intensità, riferiti a 1042 terremoti e 14.818 località; i dati vengono messi a disposizione mediante un sito web dedicato, con una interfaccia simile a quella del precedente database DOM rinnovata nelle funzionalità, che permette di accedere alle informazioni tramite ricerca per terremoto (fig. 2).o per località.

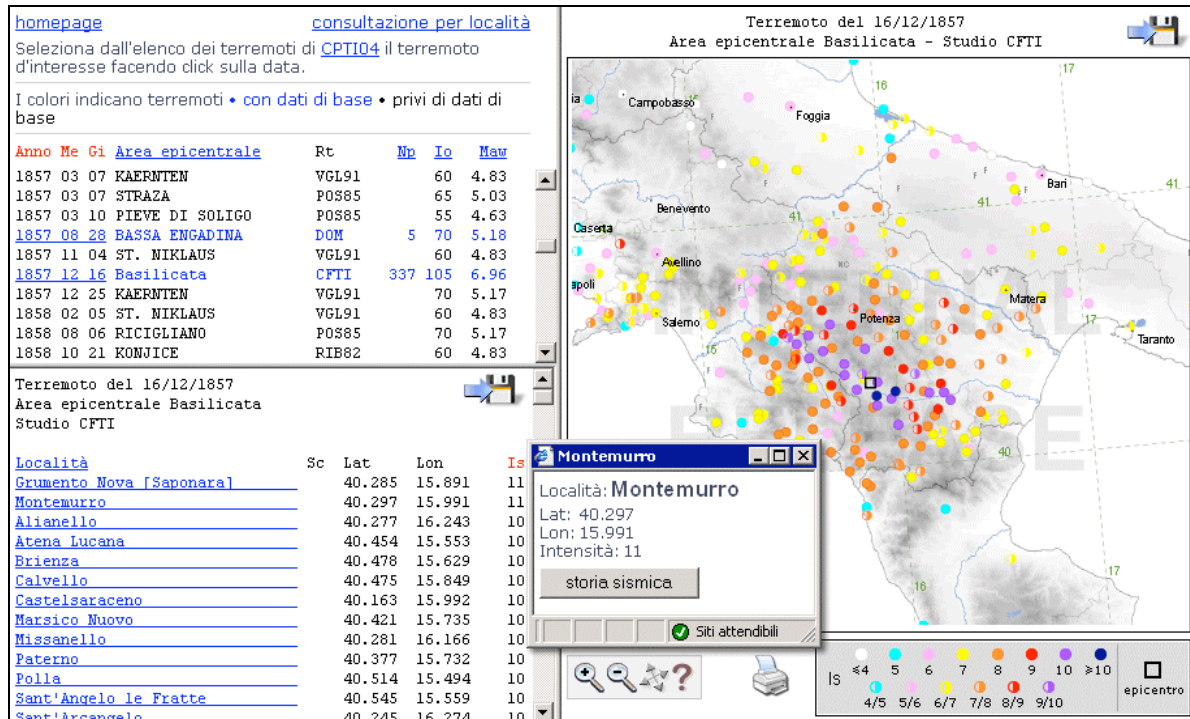


Figura 2. Interfaccia web del database DBMI04 per la consultazione per terremoto, realizzata tramite programmi PHP e il formato grafico vettoriale SVG.

Punto c). Gli aspetti sperimentali del progetto sono stati sviluppati dai Task 1, 2 e 3 e sono descritti in dettaglio nel paragrafo 2.

In Task 1 hanno riguardato in particolare:

- i) l'esplorazione della variabilità dei valori di pericolosità sismica in relazione ai dati di ingresso, con riferimento particolare a: 1) modello sismogenetico, utilizzando un approccio a sismicità diffusa e le "sorgenti sismogenetiche areali" proposte da DISS 3.1 che racchiudono i principali sistemi di faglia e sono caratterizzate da un maggiore controllo geologico sulla forma e sulle dimensioni delle zone (fig. 3); 2) modalità di valutazione dei tassi di sismicità;
- ii) la valutazione sperimentale di amax e di spettri di risposta calibrati per le condizioni locali;
- iii) la valutazione della pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica con varie probabilità di eccedenza in 50 anni, utilizzando lo stesso impianto metodologico di MPS04. Questa valutazione è finalizzata a effettuare una calibrazione preliminare dei valori di pericolosità sismica proposti da MPS04.

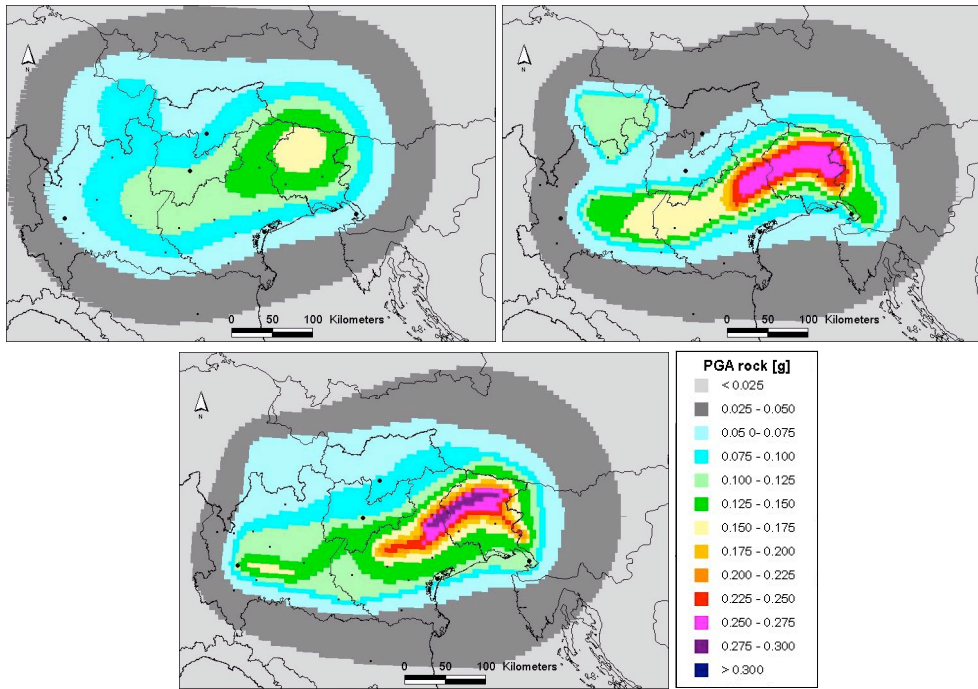


Figura 3. Mappe di pericolosità sismica per l'area del Nord-Est, calcolate utilizzando diversi modelli sismogenetici. Sinistra: approccio a sismicità diffusa senza zone sorgente; destra: zonazione sismogenetica ZS9; in basso: sorgenti sismogenetiche areali.

Task 2 è interamente dedicato allo sviluppo e applicazione di metodologie per la valutazione della pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica, prevalentemente a partire da dati di sito (fig. 4). In questo Task è stata determinata una nuova relazione di attenuazione della intensità macrosismica, calibrata sui dati del database DBMI04; inoltre sono state determinate mappe preliminari di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica caratterizzate da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che sono in fase di confronto con i risultati richiamati in precedenza.

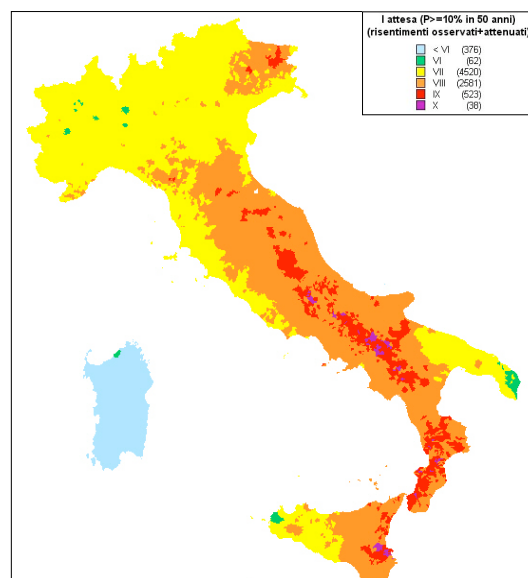


Figura 4. Pericolosità sismica in termini di massima intensità con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, calcolata utilizzando i risentimenti documentati al sito integrati da dati ricavati dalle informazioni epicentrali (CPTI04) mediante relazioni di attenuazione (Albarellò e D'Amico, 2004).

Nell'ambito di Task 3, finalizzato alla definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati sismicamente, le analisi hanno preso l'avvio dai risultati di una ricerca (Grant et al., 2005) che ha proposto una metodologia basata su successivi livelli di approfondimento dell'analisi della vulnerabilità sismica e della pericolosità sismica. In particolare si è proceduto a: 1) calibrare la metodologia; 2) predisporre strumenti utili alla immissione nella stessa di elementi sismologici basati su modelli stazionari di sismicità (curve di hazard al sito, schemi di disaggregazione M-D- $\epsilon$ ) e su modelli time-dependent. In fig. 5 è mostrata la distribuzione dei valori di  $a_{max}$  che competono, secondo MPS04, alle zone nelle quali non è mai stata applicata la normativa sismica; questi valori rappresentano un "deficit" di protezione sismica che può essere adottato come primo elemento di definizione di priorità.

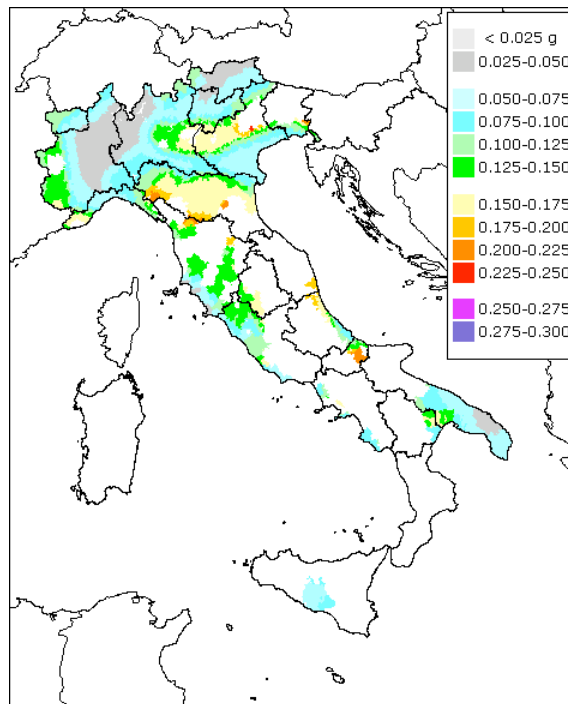


Figura 5. Deficit di protezione sismica (espressa in termini di  $a_{max}$ ) nelle zone fino a oggi non sottoposte a normativa sismica.

## 2. Stato di avanzamento del progetto: aspetti di dettaglio, per singoli task

### Task 1 - Completamento delle elaborazioni relative a MPS04

Task 1 è dedicato al completamento delle valutazioni della pericolosità sismica del territorio nazionale basate sul medesimo impianto (approccio, dati di base, codici di calcolo, ecc.) utilizzato per realizzare la nuova mappa di riferimento della pericolosità sismica (MPS04; Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Il Task ha anche il compito di esplorare nuovi rami della struttura dell'albero logico e la relativa influenza sulle incertezze, e di implementare la diffusione dell'informazione relativa alla pericolosità sismica attraverso lo sviluppo del sito web.

In particolare il Task 1 è stato articolato in maniera tale da rilasciare 8 deliverables. Alcuni di essi sono già stati completati; altri sono in uno stato di avanzamento abbastanza progredito.

La prima operazione compiuta (deliverable 1, D1) è relativa al completamento della valutazione standard di  $a_{max}$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per le isole cui la mappa MPS04 non aveva stimato valori di pericolosità sismica affidabili perché determinati esclusivamente dal contributo di zone sismogenetiche lontane (fig. 6).

Nel corso del primo anno si è proceduto a riconsiderare queste aree utilizzando approcci diversi e specifici per ciascuna situazione; va sottolineato che l'analisi delle valutazioni di pericolosità disponibili in letteratura mostra che queste aree non sono mai state studiate opportunamente.

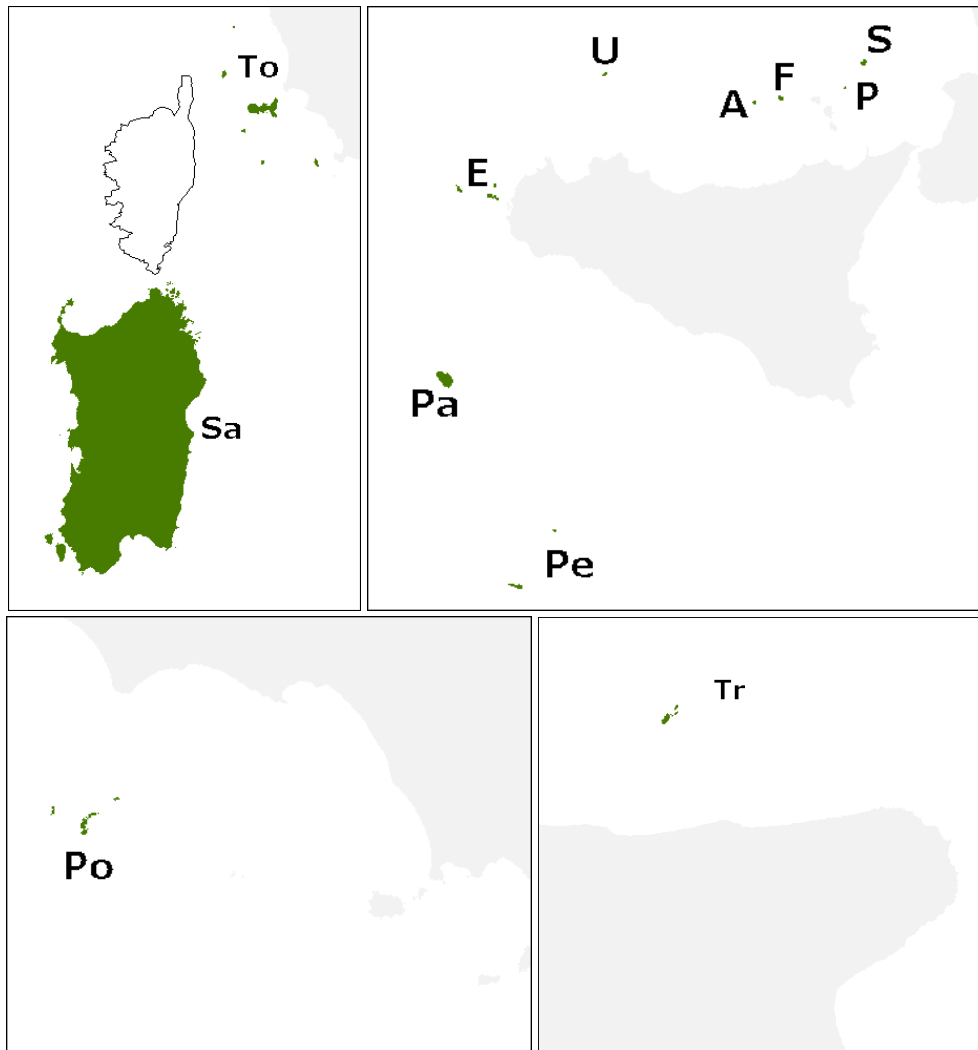


Figura 6. Isole per le quali è stata effettuata una valutazione ad hoc della pericolosità sismica. A: Alicudi; E: Egadi; F: Filicudi; P: Panarea; Pa: Pantelleria; Pe: Pelagie; Po: Ponzi; Sa: Sardegna; To: arcipelago Toscano; Tr: Tremiti.

L'analisi ha portato a considerare 3 situazioni per le quali si propongono le seguenti soluzioni:

- a) isole per le quali i valori di  $a_{max}$  forniti da MPS04 sono stati ritenuti comunque validi (arcipelago toscano, isole Ponzi, isole Egadi, isole Tremiti);
- b) isole per le quali sono state eseguite valutazioni ad hoc (Stromboli, Panarea, Alicudi, Filicudi, Ustica, Pantelleria), utilizzando zone sismogenetiche definite per questo scopo e tassi determinati prevalentemente da sismicità strumentale; ad esempio la fig. 7 mostra l'albero logico utilizzato per valutare la pericolosità sismica di Stromboli e Panarea;
- c) isole per le quali la pericolosità sismica non è stata comunque valutata e viene proposto un valore di default (Sardegna, isole Pelagie).

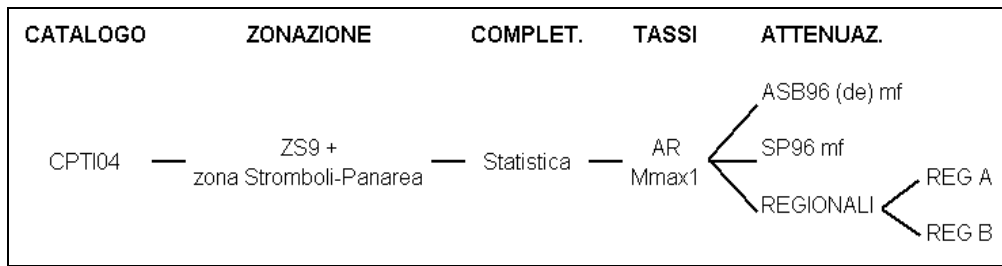


Figura 7. Albero logico utilizzato per calcolare la pericolosità sismica delle isole Stromboli e Panarea.

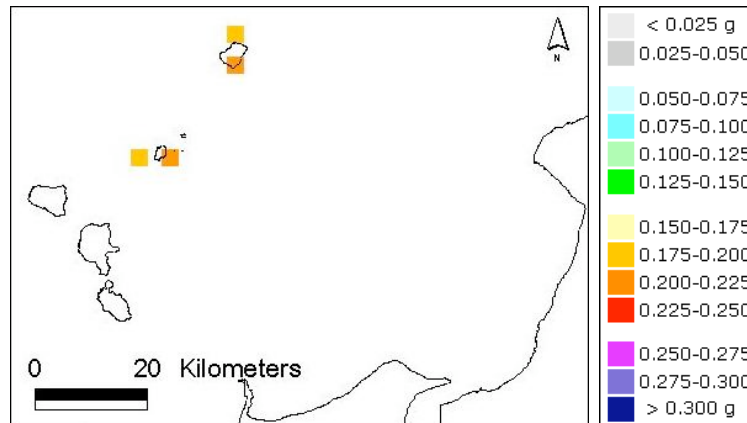


Figura 8. Valori di pericolosità sismica nelle isole Stromboli e Panarea.

D2. Le mappe di pericolosità sismica in termini di amax su suolo di categoria A con probabilità di superamento in 50 anni pari a 81%, 63%, 50%, 39%, 22%, 5% e 2%, cui corrispondono rispettivamente i periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 200, 1000 e 2500 anni, sono state realizzate seguendo il medesimo approccio adottato per MPS04 e propongono la mediana (50mo percentile), il 16mo e l'84mo percentile della distribuzione di 16 valori di amax corrispondenti ai rami dell'albero logico. Come è ovvio, nell'ipotesi di processo stazionario della sismicità e in assenza di troncature alla distribuzione dei residui della relazione di attenuazione, la pericolosità sismica tende ad aumentare al diminuire del tasso annuale di superamento. I valori massimi di amax variano da 0.099g per probabilità di eccedenza dell'81% fino a 0.625g per probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni (fig. 9).

D3. Sono state calcolate mappe di pericolosità sismica in termini di accelerazione per diversi periodi spettrali. Per ottenere tali mappe è stato necessario: i) determinare i periodi spettrali comuni alle diverse relazioni di attenuazione utilizzate in MPS04; ii) adattare i dati di input alle caratteristiche del codice di calcolo; iii) trasformare in accelerazione i risultati (alcune delle relazioni di attenuazione utilizzate in MPS04, infatti, sono derivate per velocità spettrali). Le mappe sono state realizzate per periodi spettrali di interesse ingegneristico: 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.75, 1.00, 1.50, 2.00 sec), in riferimento a 8 probabilità di eccedenza in 50 anni (fig. 10). Questi risultati consentono di tracciare gli spettri a pericolosità uniforme (UHS) per ogni nodo della griglia di calcolo. Fig. 11 mostra il confronto tra gli spettri a pericolosità uniforme calcolati per diversi periodi di ritorno e gli spettri di risposta elastici calcolati secondo la normativa sismica in vigore, per un sito localizzato in Italia centrale. Gli spettri di risposta elastici sono stati ancorati rispettivamente al valore di amax fornito da MPS04 (0.269g) e al valore di accelerazione di progetto della normativa per un sito localizzato in zona 1 (0.35g).



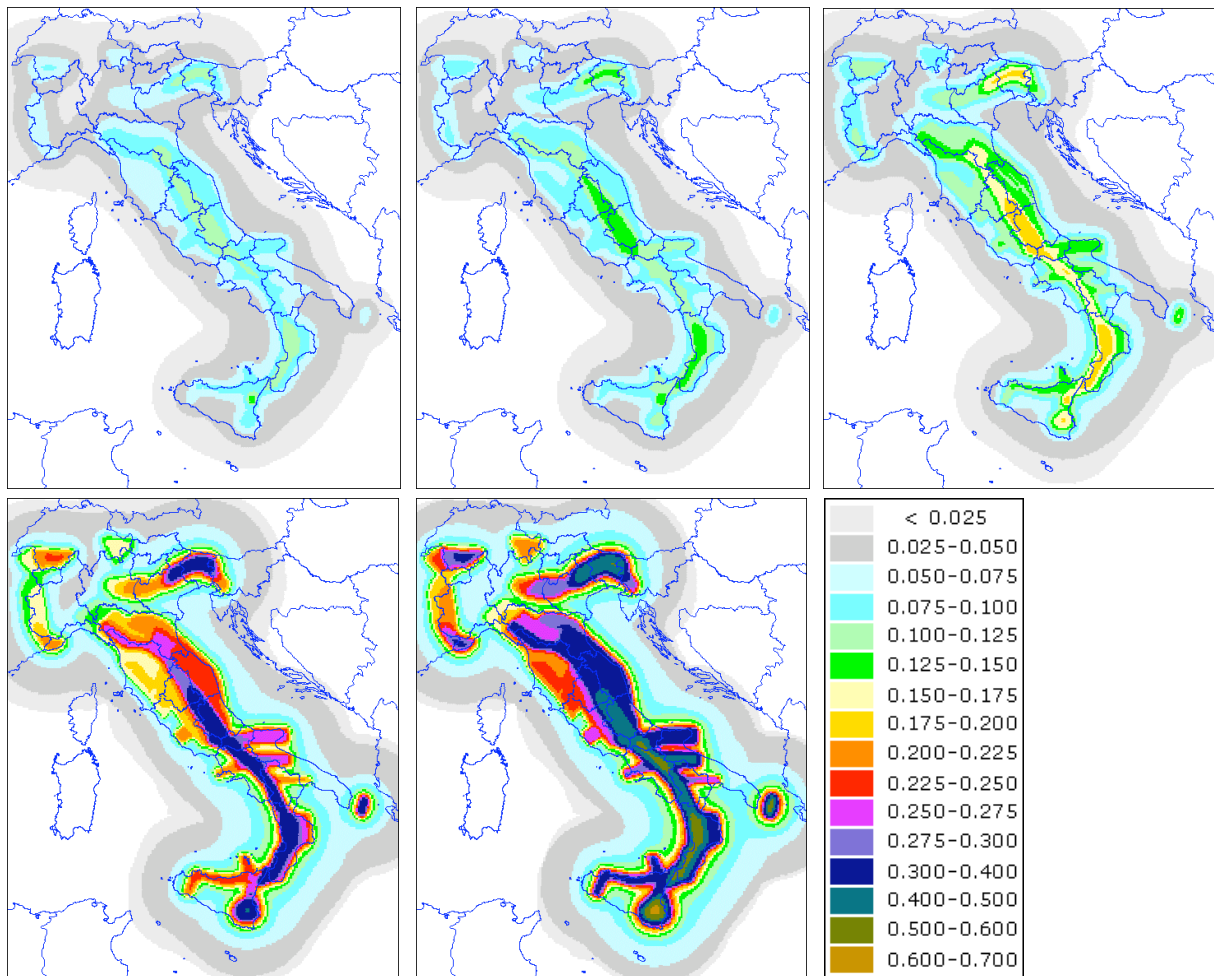


Figura 9. Mappe di  $a_{max}$  su suolo di categoria A con probabilità di superamento in 50 anni nell'ordine pari al 50%, 39%, 22%, 5%, 2%.

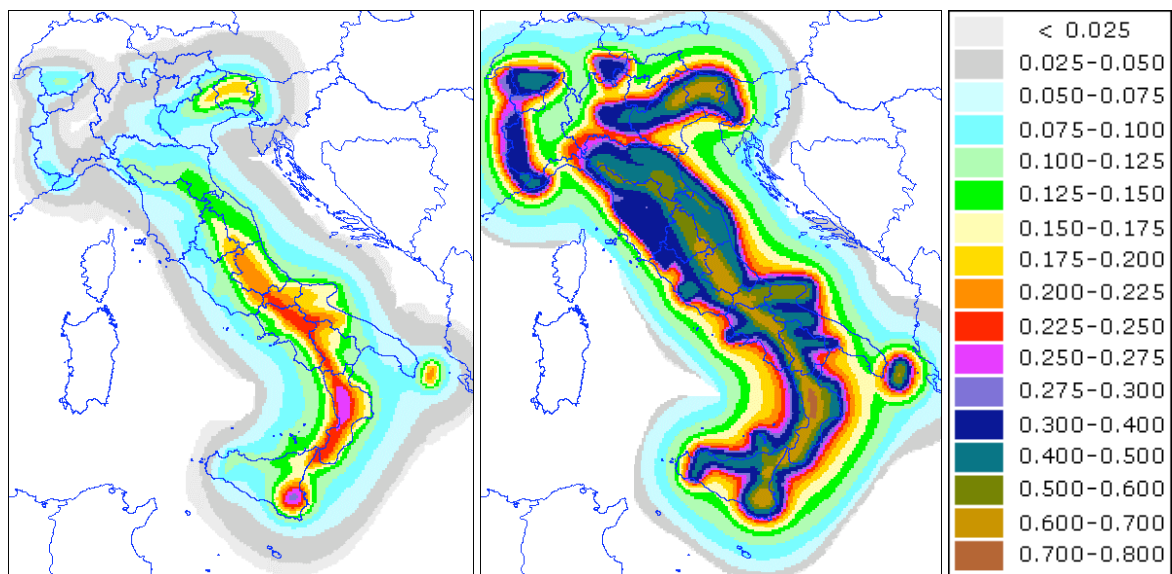


Figura 10. Mappa di pericolosità sismica in termini di accelerazione spettrale a 1 sec (sinistra) e a 0.2 sec (destra) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

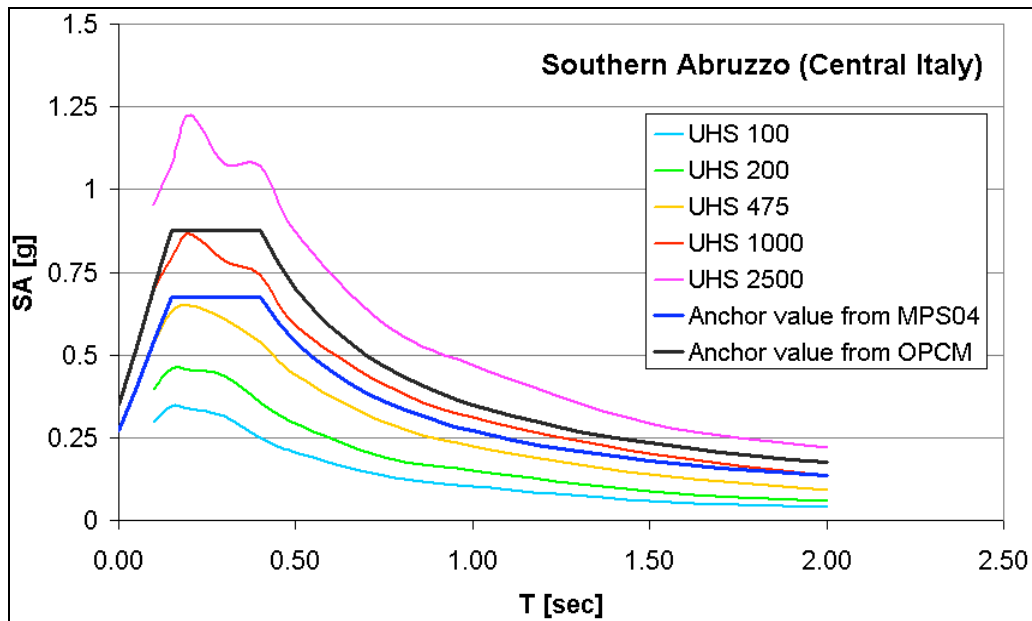


Figura 11. Confronto tra spettri a pericolosità uniforme calcolati per diversi periodi di ritorno e spettri di risposta elastici ancorati a diversi valori di  $a_{max}$ .

D4. La valutazione della pericolosità sismica per periodi di ritorno di 5000 e 10000 anni pone problemi di approccio particolari dato che la pericolosità sismica viene espressa dal valore di accelerazione al sito con un tasso annuale di superamento  $< 10^{-6}$ . Per periodi di ritorno così lunghi, l'analisi probabilistica diventa molto critica rispetto alle scelte che si fanno nella stima della massima magnitudo e del valore massimo di accelerazione (bounding ground motion). Per il momento non sono stati prodotti risultati.

D5. Per verificare la possibilità e l'utilità di aumentare il numero di rami nella struttura ad albero logico adottata in MPS04, sono stati esplorati parametri e modelli che rappresentano fonti di incertezza epistemica. In particolare è stata valutata l'influenza dei coefficienti  $a$  e  $b$  della distribuzione Gutenberg-Richter sul calcolo della pericolosità sismica. Inizialmente sono stati mantenuti i valori di  $a$  di MPS04 imponendo  $b=1$ . In seguito, conservando il  $b$  unitario, sono stati calcolati i valori di  $a$  per tutte le zone sorgente. A parità di  $a$ , imporre  $b=1$  determina una diminuzione rispetto a MPS04 dei valori di accelerazione nelle ZS caratterizzate da un valore di  $b < 1$  e un aumento in quelle che hanno  $b > 1$ . Se il valore di  $a$  viene ricalcolato, tale andamento si ribalta.

E' stata inoltre valutata in un'area del Nord Italia l'influenza di diversi approcci alla caratterizzazione del potenziale sismogenetico (Montaldo, 2006) confrontando l'approccio adottato in MPS04, vale a dire le zone sismogenetiche di ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), con: i) un approccio a sismicità diffusa basato esclusivamente sull'utilizzo del catalogo di terremoti; ii) le "sorgenti sismogenetiche areali" proposte da DISS 3.1 (DISS Working Group, 2005) che racchiudono i principali sistemi di faglia e sono caratterizzate da un maggiore controllo geologico sulla forma e sulle dimensioni delle zone; iii) le sorgenti sismogenetiche individuali proposte in DISS 3.1 e quelle pubblicate da Galadini et al. (2005). I primi due modelli sono stati applicati assumendo lo stesso processo stazionario di accadimento dei terremoti utilizzato per il modello ZS9, mentre per l'ultimo modello è stato adottato un processo di rinnovo basato su una distribuzione di probabilità lognormale. L'analisi ha messo in luce sia la variabilità dei risultati (tra il 5 e il 10% di g), sia la necessità di vincolare meglio alcuni parametri (e.g. lo slip rate) che controllano i risultati dell'approccio time-dependent.

D6. Per la valutazioni sperimentale di amax e di spettri di risposta calibrati per le condizioni locali non è stato possibile procedere utilizzando relazioni di attenuazione specifiche per diversi tipi di terreno, perché non tutte le relazioni di attenuazione adottate in MPS04 contengono questa informazione. Si è quindi deciso di procedere applicando i coefficienti moltiplicativi previsti nella normativa sismica vigente, che consentono di trasformare l'accelerazione di picco su suolo di categoria A (roccia) in ordinate dello spettro di risposta elastico e per diverse tipologie di suoli.

Utilizzando criteri litologici ed età delle formazioni, si è proceduto a generalizzare la mappa geologica alla scala 1:500.000 (SGI, 1984) in tre categorie di suolo: roccia (A), suolo rigido (B) e suolo soffice (C), definite in base a  $V_{s30}$ , e riconducibili alle corrispondenti tipologie di suoli definite dall'Eurocodice 8 (EC8; CEN, 2004). Utilizzando tale mappa dei suoli e i coefficienti moltiplicativi citati sopra, i valori di amax forniti da MPS04 per suoli di categoria A, cioè al bedrock, sono stati convertiti in funzione del tipo di suolo (tab. 1). Con la stessa procedura sono state elaborate mappe delle ordinate spettrali a 0.3, 1 e 2 sec e dell'intensità di Housner. Nella mappa di fig. 12, che mostra i valori di amax in funzione del tipo di suolo, circa un terzo del territorio presenta valori più elevati rispetto a MPS04, con un massimo di 0.332g in Calabria.

Classe	PGA coeff.
A-roccia	1.0
B-suolo rigido	1.2
C-suolo soffice	1.15

Tabella 1. Coefficienti moltiplicativi per PGA in base al tipo di suolo secondo l'EC8 (CEN, 2004).

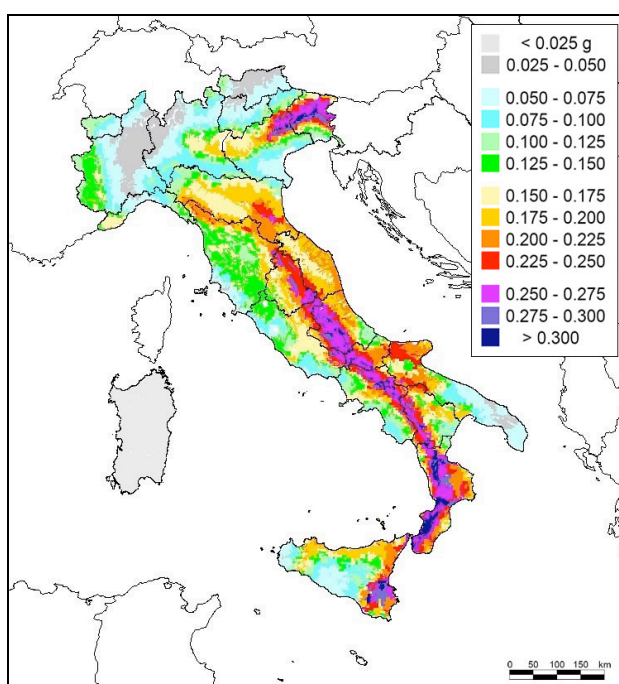


Figura 12. Mappa di amax con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in funzione del tipo di suolo.

D7. Questa attività ha due obiettivi principali: i) produrre mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica con varie probabilità di eccedenza in 50 anni per l'Italia; ii) confrontare in via preliminare queste mappe con MPS04.

Una mappa di pericolosità sismica in termini di intensità con probabilità di superamento del 10% in 50 anni per l'Italia continentale e Sicilia è proposta da Gomez Capera (2006). Questa carta è stata ottenuta applicando la metodologia probabilistica classica ed un approccio ad albero logico che sfrutta la zonazione sismogenetica, il catalogo di terremoti e i relativi intervalli di completezza sviluppati per MPS04, insieme a tassi di sismicità calcolati in termini di intensità epicentrale ( $I_0$ ) e modelli di attenuazione dell'intensità in funzione della distanza epicentrale con le relative incertezze aleatorie (Albarelo e D'Amico, 2004; Azzaro et al., 2006; Gomez Capera, 2006). In particolare Gomez Capera (2006) propone una relazione di attenuazione dell'intensità in funzione della radice cubica della distanza epicentrale, derivata dal database macrosismico DBMI04 (fig. 13).

Tale relazione si compone di: i) una equazione generale valida per tutto il territorio nazionale escluse le aree vulcaniche; ii) una relazione valida per l'Etna; iii) due relazioni in funzione del meccanismo di fagliazione prevalente (normale; inverso e trascorrente).

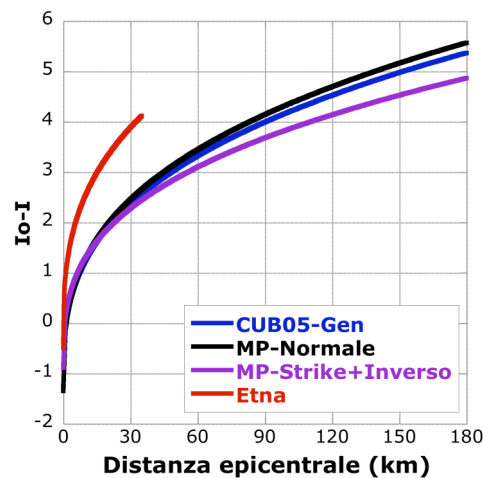


Figura 13. Modello di attenuazione dell'intensità proposti da Gomez Capera (2006).

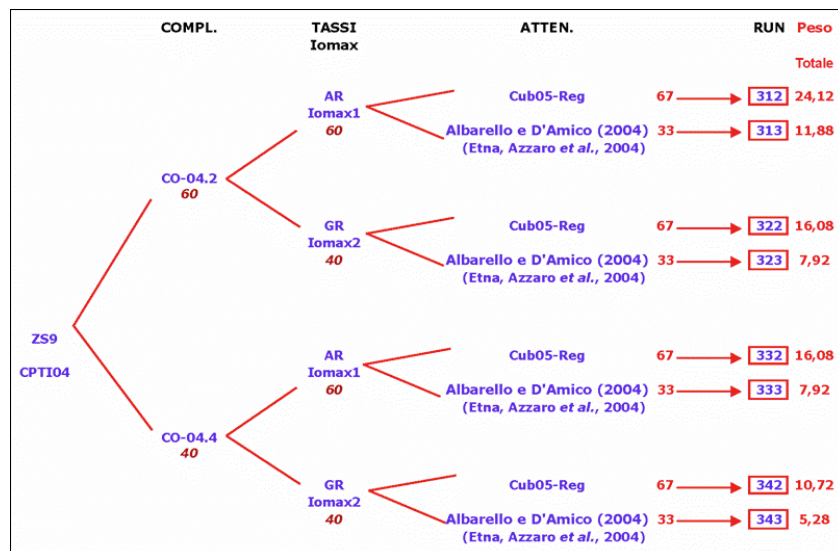


Figura 14. Struttura dell'albero logico utilizzato da Gomez Capera (2006) per realizzare la mappa di fig. 15 e pesatura dei singoli rami.

Utilizzando l'albero logico mostrato in fig. 14, è stata realizzata la mappa di pericolosità proposta in fig. 15: questa rappresenta la mediana ponderata degli 8 rami dell'albero ed è corredata da mappe del 16mo e dell'84mo percentile.

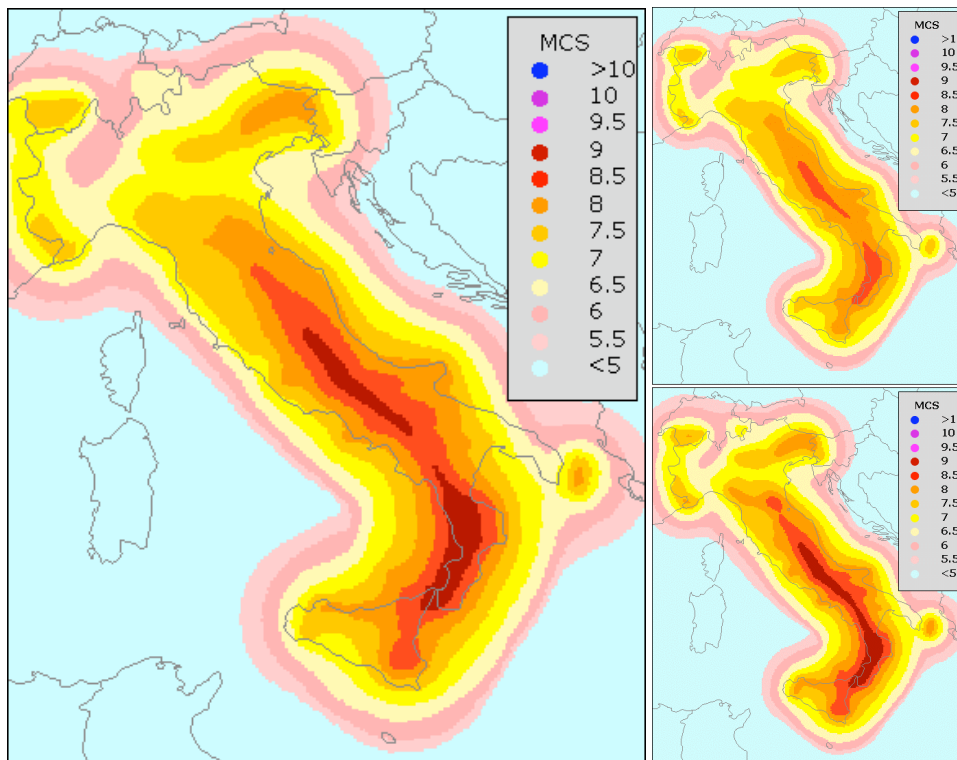


Figura 15. Mappa della pericolosità sismica valutata in termini di intensità macrosismica, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. A sinistra mappa della mediana di 8 rami dell'albero logico; a destra: in alto, mappa del 16mo percentile; in basso, mappa dell'84mo percentile.

I valori di fig. 15 sono stati trasformati in termini di  $a_{max}$  applicando due relazioni di conversione empiriche: una proposta da Margottini et al. (1992) e l'altra da Faccioli e Cauzzi (2006). Pesando al 50% i risultati si ottiene fig. 16. I risultati ottenuti sono stati confrontati con MPS04 al fine di valutare e comprendere le differenze principali tra i due approcci.

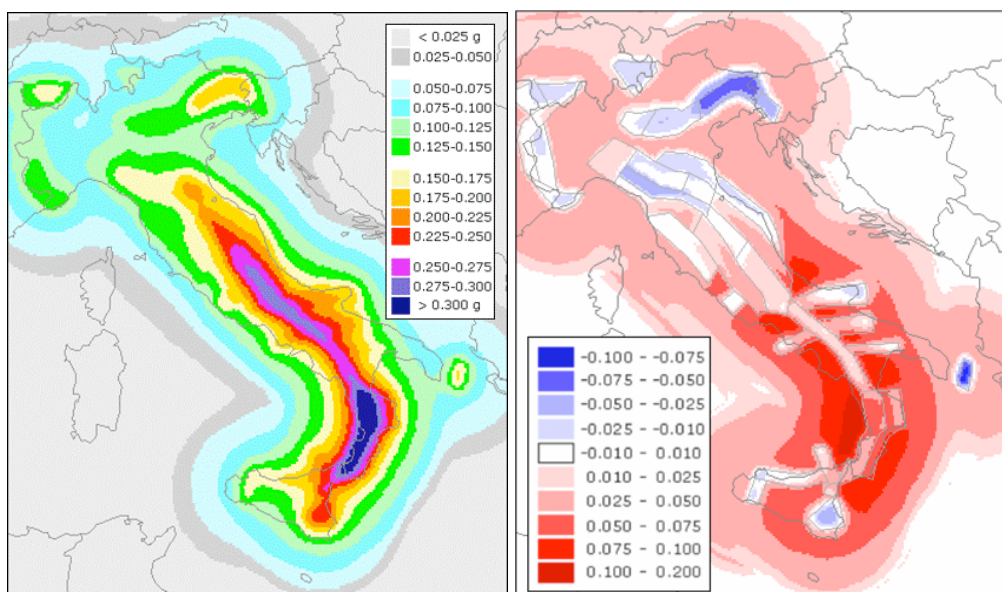


Figura 16. Mappa di fig. 15 convertita da intensità a  $a_{max}$ , utilizzando relazioni empiriche (sinistra); differenze tra i valori della mappa di sinistra e quelli di MPS04 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

D8. Il sito [zonesismiche.mi.ingv.it](http://zonesismiche.mi.ingv.it) è stato aggiornato in seguito alla pubblicazione dell'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006, che rimanda espressamente a questo sito per ottenere i dati di MPS04. Oggi sono disponibili i valori di amax con probabilità di superamento del 10% in 50 anni in termini di 16mo, 50mo e 84mo percentile calcolati su una griglia regolare con passo 0.05°. E' in corso la messa in linea degli stessi dati relativi ai capoluoghi comunali, ai punti di una griglia con passo 0.02°, nonché tutti i risultati dei deliverables D1, D2, D3.

Una seconda parte di attività è stata dedicata allo sviluppo dell'interfaccia WebGIS per la consultazione interattiva dei dati di pericolosità sismica, in modo tale che l'utente possa interrogare e zoomare le mappe, selezionare i dati e salvarli sul proprio computer. Per identificare la migliore soluzione sono state sperimentate diverse tecnologie. Parallelamente a test eseguiti con pacchetti commerciali completi come ESRI ArcIMS (che garantiscono lo sviluppo del prodotto), sono state indagate soluzioni equivalenti nel mondo open source quali Mapserver (<http://mapserver.gis.umn.edu>), verificandone prestazioni e possibilità di configurazione/personalizzazione.

## **Task 2 - Realizzazione di valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica ed effettuazione di confronti fra MPS04 e le tali valutazioni**

In questo primo anno le attività di ricerca di Task 2 sono state rivolte principalmente alla messa a punto degli strumenti di calcolo e delle procedure da utilizzare per nuove valutazioni di pericolosità sismica secondo varie strategie (approccio di sito ecc.) e la loro validazione statistica. Sono state inoltre prodotte alcune mappe preliminari di pericolosità attraverso l'approccio di sito.

Il primo strumento sviluppato è quello necessario al calcolo della probabilità di superamento di un dato valore di intensità al sito sulla base delle informazioni disponibili all'epicentro o in altre località. In questo campo sono state seguite più linee di ricerca parallele i cui risultati possono essere utilizzati all'interno delle diverse strategie alternative per il calcolo della pericolosità.

Una prima linea di ricerca si basa sull'uso di dati epicentrali ed è focalizzata sulla ricerca di relazioni che possano riprodurre al meglio i dati delle osservazioni macrosismiche contenute nel DBMI04 (Gruppo di Lavoro DBMI, 2005) rilasciato dal Task 4. Uno studio approfondito della letteratura degli ultimi anni con particolare attenzione alle analisi riguardanti l'area italiana (Gasperini, 2001; Albarello e D'Amico, 2004) ha messo in luce come queste non riproducano al meglio l'andamento dell'intensità con la distanza a causa dell'inconsistenza della definizione dell'intensità epicentrale e dell'incompletezza, alle basse intensità, del dataset macrosismico utilizzato. Sulla base di queste considerazioni è stata stimata una nuova relazione di attenuazione che mostra di essere stabile rispetto a possibili scelte alternative dei dettagli della procedura e meno affetta da errori sistematici nella descrizione del campo macrosismico. La relazione preferita è di tipo log-lineare:

$$I(D, I_E) = I_E + c(D-h) + d[\ln(D) - \ln(h)]$$

$$\text{dove } D = (R^2 + h^2)^{1/2} \quad \text{e } I_E = I_{\text{media}} + c(h - D_{\text{media}}) + d\{\ln(h) - [\ln(D)]_{\text{media}}\}$$

$I_E$  è l'intensità attesa all'epicentro che, quando i dati macrosismici sono mancanti o insufficienti, può essere anche calcolata empiricamente in funzione di  $M_w$  o di  $I_0$  ad esempio attraverso leggi lineari del tipo

$$I_E = a_M + b_M M_w$$

$$I_E = a_I + b_I I_0$$

Al momento attuale, le migliori stime dei parametri empirici di attenuazione con la distanza, ottenute dal dataset DBMI04 depurato degli eventi in mare e di quelli delle aree vulcaniche, sono  $c=-0.0086\pm 0.0005$ ,  $d=-1.039\pm 0.026$ ,  $h=3.90\pm 0.27$  ( $s=0.752$ ). Per quanto riguarda invece le relazioni tra l'intensità attesa all'epicentro e la magnitudo momento riportata su CPTI04 i coefficienti sono  $a_M = -3.91\pm 0.26$  e  $b_M = 2.118\pm 0.048$  ( $s=0.497$ ) per la magnitudo e  $a_I = 0.94\pm 0.20$  e  $b_I = 0.888\pm 0.026$  ( $s=0.615$ ) per l'intensità. La relazione di attenuazione proposta è caratterizzata da un livello di incertezza compatibile con la variabilità intrinseca del campione dei dati disponibili. Al fine di utilizzare tale relazione in modo "predittivo", nell'ambito delle procedure della stima della pericolosità sismica, occorre collegarla a una definizione della "dimensione" del terremoto (equivalente all'intensità epicentrale). A questo scopo è stata definita per ciascun evento del catalogo una stima del parametro equivalente all'intensità epicentrale da utilizzare per l'impiego della nuova legge di attenuazione e viene messa a disposizione delle diverse unità operative interessate una colonna Ms-Excel contenente la stima di  $I_E$  per tutti i terremoti del catalogo CPTI04.

Una seconda linea di ricerca ha esplorato la possibilità di abbandonare ogni predefinita relazione di attenuazione e regionalizzazione. In questo caso la ricerca si è sviluppata in due fasi. Nella prima fase sono state messe a confronto le modalità di attenuazione dell'intensità con la distanza per 55 terremoti distribuiti sul territorio nazionale con intensità epicentrale che varia dal VII all'XI grado. Le informazioni relative a questi eventi sono state tratte dalla base dati DBMI04. Per eseguire questa analisi sono stati definiti alcuni parametri sintetici rappresentativi del singolo terremoto. Le tipologie attenuative sono state quindi raggruppate mediante un algoritmo di analisi di agglomerazione (Cluster Analysis): scopo di questa indagine è stato quello di raggruppare zone caratterizzate dalle stesse modalità attenuative per le quali fosse possibile definire un'unica legge di attenuazione ben vincolata dalle osservazioni disponibili. Nella seconda fase della ricerca (che si svolgerà nel secondo anno della ricerca) queste leggi di attenuazione "regionali" saranno utilizzate come relazioni di attenuazione "a priori" in uno schema di tipo Bayesiano. In questo schema, la legge data "a priori" verrà adattata allo specifico campo macrosismico relativo al singolo terremoto mediante l'applicazione del teorema di Bayes e utilizzando le informazioni disponibili per quel terremoto. Con questa procedura sarà possibile ricostruire i campi macrosismici relativi a terremoti del passato scarsamente documentati.

Una terza linea di ricerca è stata finalizzata alla stima delle probabilità di superamento di un dato valore di intensità al sito a partire dai valori di intensità risentiti per lo stesso terremoto in località vicine. Sono stati predisposti alcuni strumenti di calcolo; in particolare il primo di questi utilizza una tecnica numerica (nearest neighbour) per stimare l'intensità presunta al sito dai valori di quelle osservate nelle immediate vicinanze. Dall'analisi statistica delle differenze fra i valori calcolati e quelli effettivamente osservati è possibile stimare la probabilità di occorrenza di un certo valore di intensità al sito, posto che nelle località vicine siano noti i valori di intensità per lo stesso evento sismico. Questo tipo di relazione è finalizzato principalmente alla ricostruzione delle storie sismiche utilizzate per la stima della pericolosità sismica secondo l'approccio di sito.

Un secondo strumento di calcolo, utile soprattutto per il confronto e la validazione comparata delle stime di pericolosità prodotte utilizzando approcci e basi dati diverse, è un insieme di relazioni affidabili che consenta la "conversione" di stime di pericolosità espresse in termini di parametri macrosismici ad altre espresse in forma di parametri strumentali del moto del suolo (PGA, PSV ecc). La determinazione di queste relazioni ha posto una serie di problemi metodologici. Per esempio, sono note le difficoltà connesse al confronto di dati di tipo

puntuale (PGA, PSV ecc.) con altri di tipo “areale” e statistico (intensità macrosismica). Inoltre, esiste il problema della mancanza di una base dati che includa sia osservazioni di tipo strumentale ben omogeneizzate e osservazioni macrosismiche ben connotate sul piano geografico. Nel primo anno di attività è stata avviata la soluzione di tale problema attraverso la costituzione di una base di dati integrata (valori di I e di PGA) che sarà messa a disposizione del progetto a metà del secondo anno. Nei mesi successivi sarà sviluppata l’analisi statistica di tali dati e verranno formulate le relazioni di conversione fra i diversi parametri di interesse.

Un terzo strumento consiste in un codice di calcolo finalizzato alla stima puntuale della pericolosità sismica a partire da storie sismiche di sito. In pratica, mediante una procedura automatica vengono ricostruite le storie sismiche di sito utilizzando i dati disponibili in DBMI04. Opzionalmente, queste storie vengono integrate da valutazioni di intensità dedotte da dati epicentrali mediante opportune leggi di attenuazione utilizzate nella loro forma probabilistica completa. Sarà possibile anche utilizzare leggi di attenuazione diverse definite dall’operatore per aree specifiche (Etna). A partire da queste informazioni, il codice esegue una analisi di completezza di tipo speditivo per ciascuna località analizzata e fornisce una stima di pericolosità per ciascuna soglia di intensità. Nel secondo anno del progetto ne verrà fornita una seconda versione dotata di una agevole interfaccia utente (con menù a “tendina”) che permetterà una stima della pericolosità su insiemi di località e su griglia regolare.

Attraverso tale codice, durante il primo anno sono state prodotte due mappe di pericolosità sismica in termini di intensità per il territorio nazionale. La prima (fig. 17) è ottenuta utilizzando i soli dati effettivamente documentati in ciascun sito. La seconda (fig. 18) è dedotta dall’analisi di storie sismiche ottenute integrando i risentimenti documentati con quelli “virtuali”, lasciando ai primi la priorità. Seguendo questo approccio sono state anche prodotte valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità per i siti collocati ai nodi di una griglia regolare identica a quella utilizzata per la mappa di pericolosità sismica MPS04. In questo caso, la storia sismica locale è ricostruita attribuendo a ciascun nodo della griglia il più vicino dei risentimenti documentati in DBMI04 disponibili inclusi in un intorno del punto con raggio pari alla metà delle dimensioni della griglia di riferimento. Mediante questa procedura sono state eseguite anche alcune analisi specifiche su singole località o casi particolari (isole minori della Sicilia).

Le diverse carte di pericolosità ed elaborazioni puntuali sono espresse in termini di intensità massima caratterizzata da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Tutti questi elaborati utilizzano il catalogo epicentrale CPTI04 e il database dei risentimenti DBMI04 ad esso associato. Nel secondo anno queste stime saranno ripetute tenendo conto degli aggiornamenti previsti relativamente al catalogo di riferimento (CPTI06), al relativo database macrosismico (DBMI06), alle leggi di attenuazione dell’intensità macrosismica e a quelle di conversione da intensità a PGA. Utilizzando opportunamente le relazioni di conversione fra intensità macrosismica e PGA queste carte di pericolosità saranno espresse anche in termini di massima accelerazione del suolo caratterizzata da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.



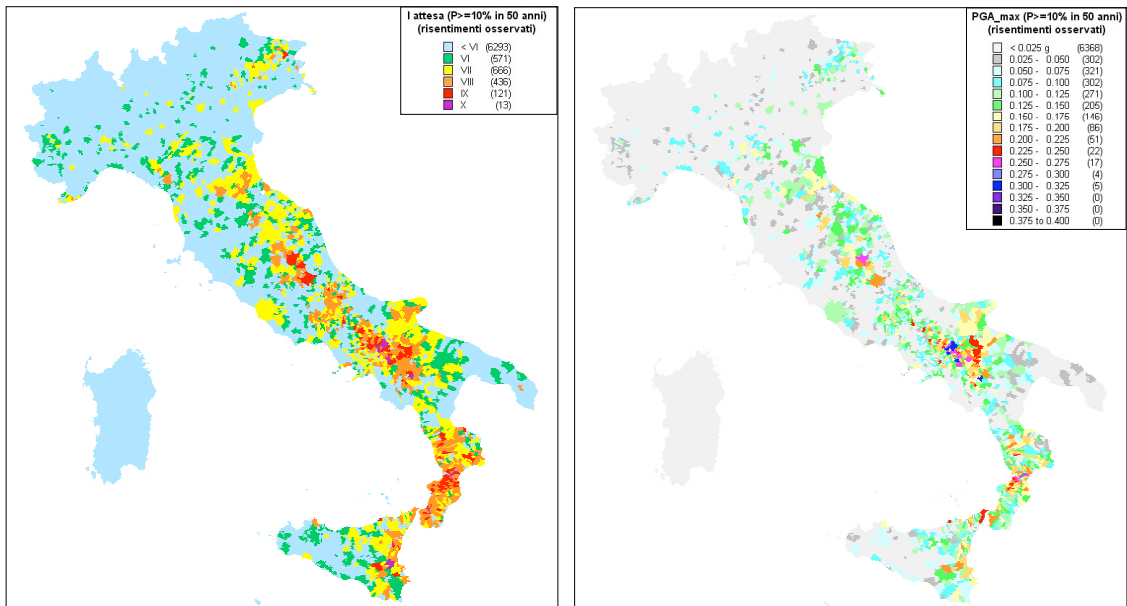


Figura 17. Pericolosità sismica calcolata utilizzando i soli risentimenti documentati al sito. A sinistra, massima intensità con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. A destra, valori di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ricavati dalla prima con la relazione di Margottini et al. (1992).

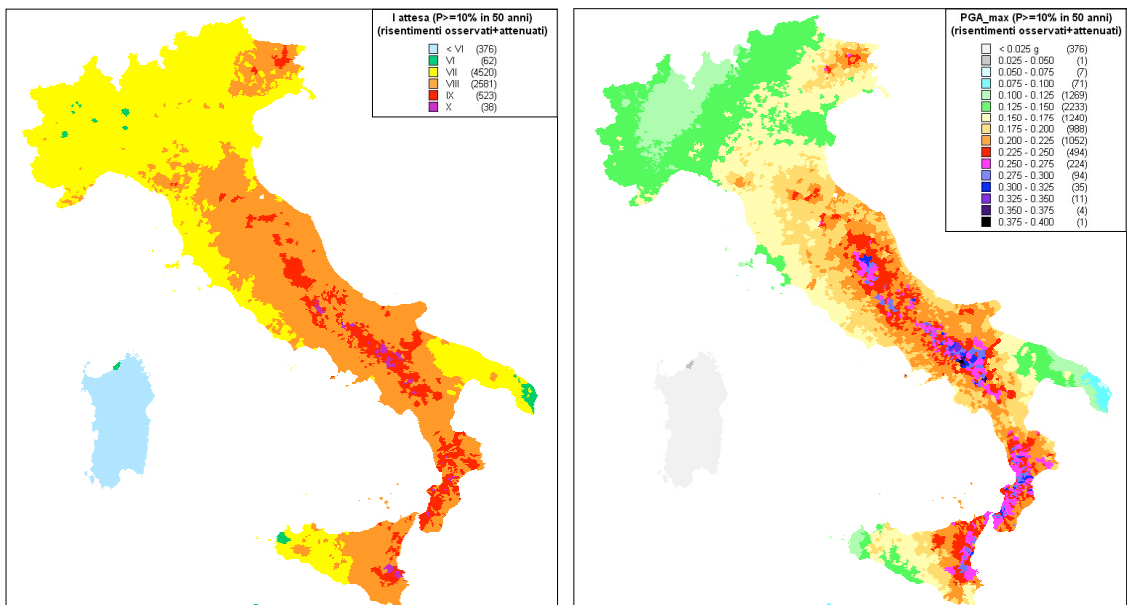


Figura 18. Pericolosità sismica calcolata utilizzando i risentimenti documentati al sito integrati da dati ricavati dalle informazioni epicentrali (CPTI04) mediante leggi di attenuazione (Albarello e D'Amico, 2004). A sinistra, massima intensità con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. A destra, valori di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ricavati dalla prima utilizzando la relazione di Margottini et al. (1992).

### **Task 3 - Contributo alla definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati sismicamente**

Questo Task ha lo scopo di fornire elementi utili alla definizione della priorità di intervento per edifici di importanza strategica non adeguati sismicamente. Attualmente non esistono metodologie consolidate, né procedure direttamente applicabili in Italia che consentano una valutazione del livello di rischio degli edifici non adeguati sismicamente e una stima dei tempi di intervento. Per questo motivo, le attività del primo anno sono state dedicate prevalentemente al consolidamento di una metodologia basata su successivi livelli di approfondimento dell'analisi della vulnerabilità sismica e della pericolosità sismica (Grant et al., 2005). Tale procedura, valida inizialmente per gli edifici scolastici, potrà essere successivamente estesa anche ad altre tipologie di edifici.

L'attività del Task 3 è articolata in due filoni di analisi. Il primo, di carattere essenzialmente ingegneristico, è orientato alla definizione della vulnerabilità degli edifici, alla stima del rischio e quindi alla valutazione delle priorità. Per la valutazione accurata del livello di sicurezza occorrono informazioni precise su domanda e capacità, e la definizione delle priorità deve necessariamente prevedere successivi livelli di approfondimento per ottimizzare le risorse impiegate. Il secondo filone di ricerca, di carattere essenzialmente sismologico, ha lo scopo di introdurre elementi di pericolosità sismica coerenti con la mappa di pericolosità nazionale e con la normativa, oppure dedotti da analisi time-dependent.

Il livello più semplice di definizione delle priorità è stato individuato nella classificazione degli edifici per *deficit* di amax: la domanda è definita mediante il valore di accelerazione di amax con 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, e come capacità si è assunta la amax di progetto, stimata in base alle norme vigenti nel periodo di costruzione. La distribuzione di tale parametro consente una prima classificazione degli edifici, e permette l'introduzione di una soglia per l'individuazione degli edifici su cui procedere con approfondimenti.

Ai livelli successivi il rischio è valutato mediante convoluzione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione. Un modo semplificato è rappresentato dall'utilizzo rispettivamente del valore standard di PGA, dell'indice di vulnerabilità fornito della scheda GNDT di primo livello e da un termine contenente il numero di occupanti. L'indice di vulnerabilità, sebbene fornisca una valutazione quantitativa e talora discutibile, ha il vantaggio di essere disponibile per numerosi edifici pubblici nelle aree a elevata pericolosità e di poter essere stimato mediante rilievo speditivo.

In un approccio più avanzato la vulnerabilità deve essere valutata in modo quantitativo, mediante analisi strutturali semplificate. A questo proposito sono state individuate due metodologie di analisi, basate sugli spostamenti spettrali, per edifici in muratura ed in calcestruzzo armato. Il rischio viene valutato dal rapporto tra capacità, valutata con le metodologie sopraindicate sulla base di informazioni ottenibili mediante rilievo e caratterizzazione, e domanda, ottenuta da forme spettrali di spostamento ricavate da spettri in accelerazione ancorati alla PGA correggendo il rapporto per considerare la pendenza della curva di pericolosità. A questo livello, oltre ad un maggior dettaglio nella caratterizzazione delle strutture, possono essere introdotti ulteriori elementi nella definizione della pericolosità.

In questa prospettiva il filone sismologico ha lavorato per estrarre in primo luogo il massimo dell'informazione dalle elaborazioni basate su modelli stazionari della sismicità e per ottenere una stima della probabilità di occorrenza di terremoti forti a breve termine. In particolare sono state utilizzate curve di pericolosità al sito, ottenute applicando lo stesso impianto metodologico della mappa nazionale. La pendenza delle curve è uno dei parametri che concorrono alla definizione del rischio sismico e la sua influenza è stata valutata confrontando i risultati ottenuti per alcuni edifici tipo con quelli che si hanno applicando i fattori di scala contenuti nelle norme.

Per alcune località del territorio nazionale sono stati calcolati scenari sismici tramite un processo di disaggregazione della pericolosità utilizzando: i) un singolo ramo dell'albero logico adottato per il calcolo della pericolosità sismica a scala nazionale, nel quale vengono utilizzati gli intervalli di completezza di tipo prevalentemente storico, i tassi di sismicità intervallari e la relazione di attenuazione di Ambraseys et al. (1996); ii) elaborazioni di pericolosità sismica in termini di PGA, corrispondenti a periodi di ritorno di 475 e 1000 anni; iii) schemi di disaggregazione M-D e M-D- $\epsilon$ .

Inoltre la probabilità di occorrenza di un terremoto di  $M > 5.5$  nei prossimi 10 anni è stata calcolata per ciascuna delle 36 zone sorgente di ZS9 utilizzando l'approccio sviluppato da Faenza et al. (2003). A differenza del metodo originale, i risultati sono stati normalizzati rispetto alla superficie delle singole zone sorgente per escludere l'influenza delle dimensioni delle zone stesse, e quindi del numero di terremoti. Le mappe di probabilità di terremoti così ottenute (fig. 19) possono fornire elementi *time-dependent* utili a guidare la definizione della priorità di intervento.

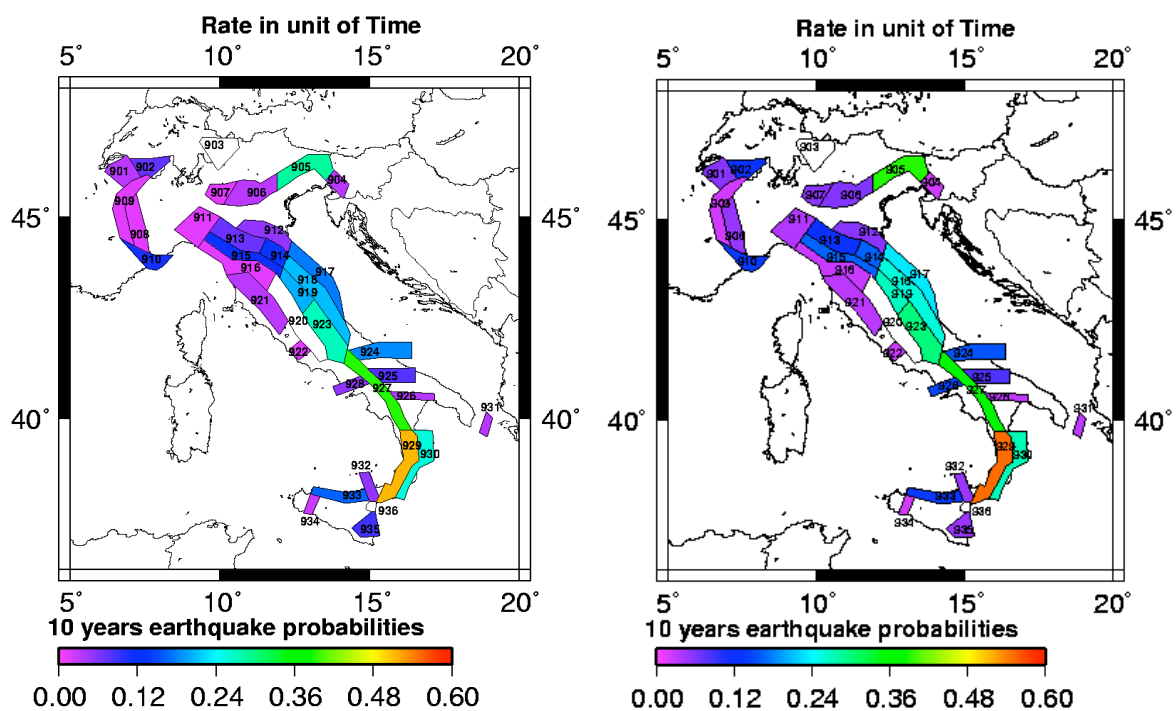


Figura 19. Mappe della probabilità di occorrenza del prossimo grande terremoto, utilizzando eventi di magnitudo maggiore di 5.5 e gli intervalli di completezza storici (a sinistra) e statistici (a destra).

#### Task 4 - Aggiornamento dei database sismologici

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004), era stato prodotto nell'ambito delle operazioni per la realizzazione della mappa di pericolosità sismica MPS04. Rispetto alla versione 1999: i) era stata ricompilata integralmente la finestra 1981-1992; ii) era stata compilata ex-novo la finestra 1993-2002; iii) erano stati riquilibrati tutti i valori di magnitudo a partire dallo studio di Gasperini (2004). In particolare, per tutti gli eventi erano stati determinati in maniera omogenea i valori di magnitudo, utilizzabili in combinazione con le relazioni di attenuazione utilizzate per la redazione di MPS04, ed erano stati rivisti i parametri dei terremoti della zona etnea.

Poiché l'obiettivo principale in quella fase era la compilazione del catalogo stesso, il riordino e l'omogeneizzazione dei dati di intensità utilizzati vennero rinviati a una fase successiva, che

ha avuto inizio con questo progetto. L'attività principale ha riguardato la necessità di ricondurre i dati puntuali di intensità, provenienti da studi diversi (principalmente dagli insiemi chiamati DOM, CFTI e Bollettino Macrosismico INGV) in passato mai omogeneizzati né resi disponibili insieme, a un unico riferimento geografico, in modo che una stessa località abbia sempre la stessa denominazione e le stesse coordinate. In primo luogo è stato necessario definire un riferimento geografico opportuno, sviluppando e correggendo il "Catalogo ENEL-ISTAT 71 delle località abitate italiane" del 1978 costituito da 69.055 località italiane, non privo di errori di localizzazione, di duplicazioni e di incongruenze di vario genere. Questo repertorio di località è stato poi integrato con 3.525 punti identificati e georeferenziati principalmente dai gruppi di lavoro CFTI e DOM, previa verifica accurata di sovrapposizioni, incongruenze, alternative non conciliabili e interventi di omogeneizzazione, con i medesimi criteri utilizzati per la validazione del repertorio stesso.

Dopo la prima fase di associazione dei dati di intensità al riferimento geografico, sono state compiute varie analisi sull'insieme dei dati, svolte sia mediante interrogazioni mirate del database, sia attraverso l'analisi in mappa della distribuzione delle intensità per ogni terremoto. Queste analisi hanno evidenziato problemi derivanti essenzialmente da: i) associazione della località citata dalla fonte storica con una località omonima di quella effettiva (fig. 20); ii) errori nell'attribuzione delle coordinate ad una determinata località; iii) errori nell'identificazione di località non più esistenti o che hanno cambiato denominazione nel corso della storia.

La risoluzione di questi problemi ha richiesto la consultazione integrata di diversi strumenti geografici, quali tra gli altri la cartografia IGM (sia tradizionale sia in formato digitale attraverso il sito del Portale Cartografico Italiano, <http://www.pcn.minambiente.it/pcn/default.htm>), il database on-line Geonames (<http://gnswww.nga.mil/geonames/GNS/index.jsp>), gli Annuari generali dei Comuni e delle frazioni d'Italia (TCI, 1980-1985; 1993) e il Dizionario di Toponomastica UTET (AA.VV., 1990). In molti casi si è resa necessaria anche la consultazione della fonte storica dalla quale il dato di intensità proveniva.

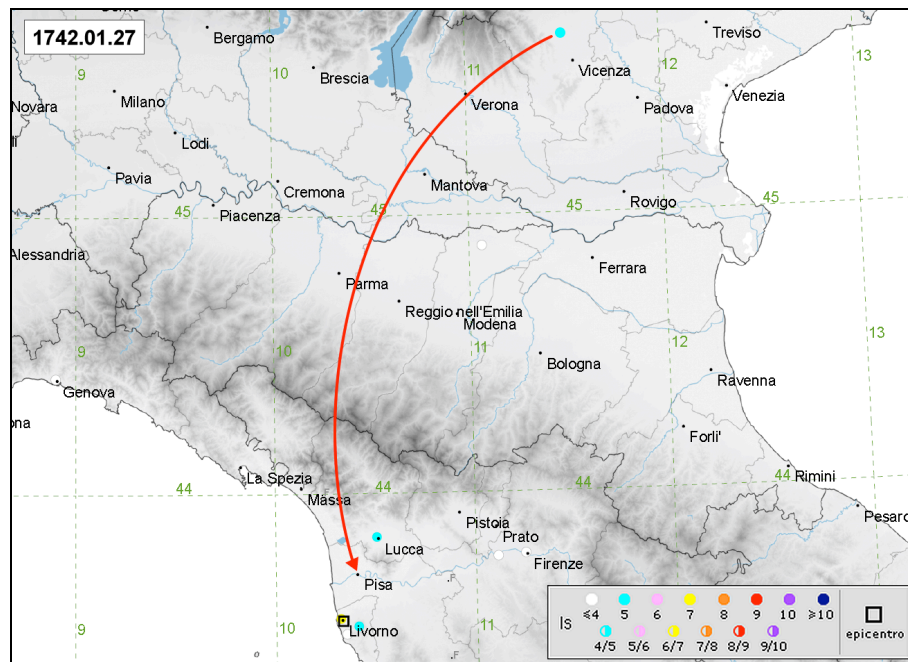


Figura 20. Esempio di correzione di una errata georeferenziazione: il risentimento a Pisa di un terremoto localizzato a Livorno era stato erroneamente assegnato alla località Pisa in provincia di Vicenza a centinaia di chilometri dall'epicentro.

Complessivamente è stata modificata la georeferenziazione di 2276 punti di intensità (fig. 21) corrispondenti a 1630 località e ogni variazione rispetto al dato originale è stata documentata. Va precisato che questi interventi si sono limitati alla verifica e correzione della georeferenziazione della località, senza mai intervenire sulle stime di intensità.

Al termine di questa fase, nel dicembre 2005 è stato rilasciato il database macrosismico unificato dei dati che sostengono CPTI04, denominato DBMI04 (Gruppo di Lavoro DBMI, 2005; versione 2004 del Data Base Macrosismico Italiano – l'anno sta a indicare la coerenza con CPTI04), ed è stato messo a disposizione del Task 2 di questo progetto. Successivamente, dato che le operazioni di omogeneizzazione effettuate sui dati confluiti nel database non erano state di lieve entità, sono state avviate alcune analisi finalizzate a verificare l'impatto di tali operazioni. Il risultato è stato che, a partire dai dati di DBMI04, per diversi eventi si determinano parametri diversi da quelli di CPTI04; pertanto, i due oggetti risultano non del tutto coerenti.

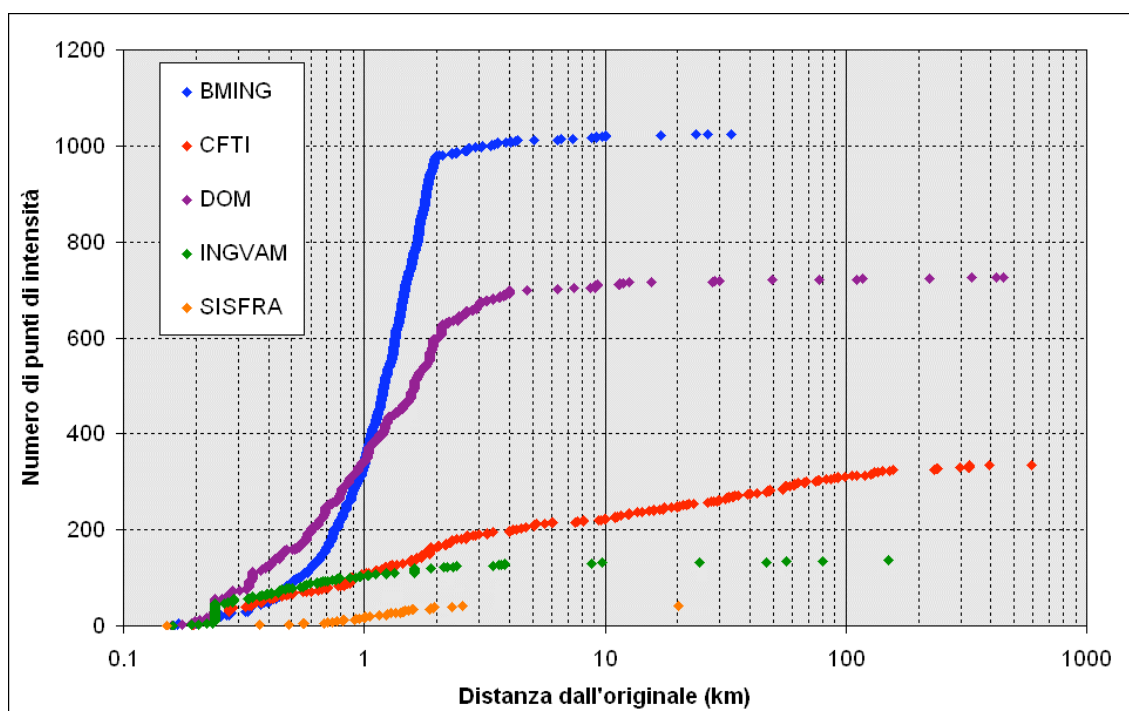


Figura 21. Il grafico mostra l'entità delle modifiche nella georeferenziazione dei punti di intensità in DBMI04, differenziate in base alla provenienza del dato.

Per evitare di ingenerare confusione nell'utenza, il database stesso non è stato reso disponibile al pubblico tramite l'interfaccia web predisposta e si è convenuto di accelerare la compilazione di DBMI06, che comprenderà una base di dati molto più aggiornata di quella di DBMI04, e la conseguente compilazione di CPTI06.

DBMI06 comprende gli studi più recenti pubblicati fino al 2005, ed essenzialmente: a) la versione 3 del Catalogo dei Forti Terremoti Italiani (CFTI3, Boschi et al., 2000); b) il database francese SISFRANCE (SisFrance, 2002); c) studi monografici sulla sismicità di Catania e Bologna (Boschi e Guidoboni, 2001; 2003); d) studi di terremoti realizzati dalla società SGA per INGV relativamente al Molise e all'Italia settentrionale; e) studi di terremoti relativi ad aree (Sicilia orientale, Basilicata, Veneto settentrionale, Bassa Padana) o singoli eventi di particolare interesse realizzati da ricercatori INGV (sezioni di Milano e Catania) e SSN (Molin et al., 1999; Galli et al., 2002); f) altri studi storico-macrosismici disponibili in letteratura; g) rilievi macrosismici di terremoti recenti; h) bollettini macrosismici INGV relativi al periodo 1993-2005.

Complessivamente per circa la metà degli eventi considerati si dispone di uno studio più aggiornato rispetto a quello confluito in DBMI04. Gli studi che vanno a sostituire studi precedenti o a dotare di dati di base terremoti che ne erano privi sono circa 280, e contribuiscono a DBMI06 con quasi 14.000 osservazioni.

La compilazione di DBMI06, attualmente in corso e ultimata per i terremoti precedenti al 1980, ha presentato gli stessi problemi affrontati durante la compilazione di DBMI04; l'analisi e la risoluzione di questi problemi ha quindi seguito le stesse metodologie.

Con l'inserimento di località nuove rispetto a quelle presenti in DBMI04, durante la compilazione di DBMI06 è stato aggiornato il riferimento geografico, portando il numero di località da 72.580 a 74.186.

Come ricordato nel paragrafo precedente, DBMI06 verrà rilasciato in modo progressivo, da un sito web dedicato (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI>), con una interfaccia simile a quella di DOM rinnovata nelle funzionalità, con la disponibilità dei testi degli studi. I principali fattori innovativi rispetto alla vecchia interfaccia sono: i) la presenza di mappe interattive utilizzabili anche in locale; ii) la visualizzazione di diagrammi delle storie sismiche dinamiche (fig. 22) da cui può essere richiamato direttamente un dato terremoto; iii) la possibilità di esportare le tabelle in formato CSV (Comma Separated Values) o DBF.

Il lavoro si è incentrato sulla creazione e ottimizzazione del sistema di webmapping basato sul formato SVG, lo standard XML sul web per la creazione di immagini vettoriali con oggetti controllabili tramite script. Su una mappa di distribuzione delle intensità di un terremoto è ora possibile eseguire lo zoom, lo spostamento e l'identificazione delle località sia cliccando direttamente sui punti in mappa sia selezionando un toponimo dall'elenco del piano quotato. Per migliorare la ricerca delle località è ora possibile riordinare per toponimo, oltre che per intensità, la lista del piano quotato.

Per quel che riguarda la versione 2006 del catalogo parametrico (CPTI06), è allo studio un formato innovativo, nel quale coesisteranno tra l'altro localizzazioni macrosismiche e strumentali; è previsto inoltre l'inserimento di un numero consistente di repliche di energia medio-alta, selezionate fra quelle dotate di una base di dati sufficientemente rappresentativa.

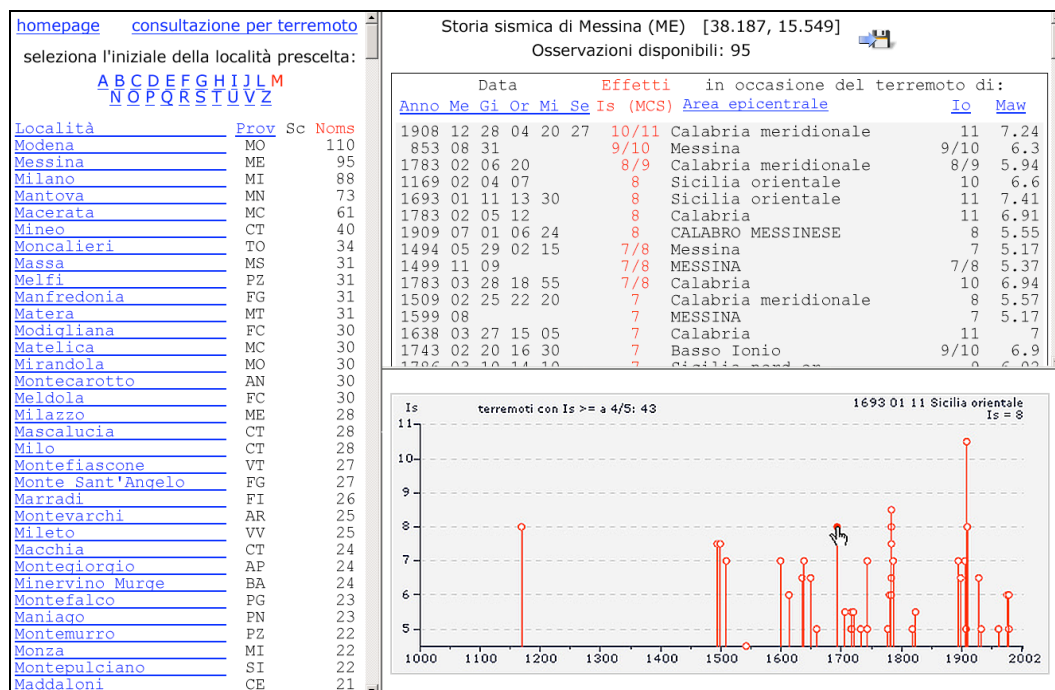


Figura 22. Esempio di storia sismica dalla consultazione per località dell'interfaccia web di DBMI04.

### 3. Eventuali difficoltà maggiori, modifiche di indirizzo, ecc.

Le difficoltà maggiori che questo progetto incontra sono legate alla natura stessa del progetto, che consiste nella prosecuzione di attività in corso all'interno di un rapporto già avviato con il DPC e che racchiude al suo interno attività time-consuming, molto disomogenee fra loro pur essendo tutte quante necessarie.

Il progetto unisce attività fortemente applicative, che richiedono grande flessibilità e adattamento a dinamiche e scadenze dettate dalle amministrazioni pubbliche, a attività sperimentali che richiedono tempistiche diverse. D'altro canto va ricordato che il progetto copre un settore, quello della compilazione del database macrosismico, che richiede molto lavoro pratico, poco visibile e poco compatibile con i termini e i tempi di un progetto di ricerca.

L'opera di coordinamento delle attività del progetto è risultata carente, sia per la difficoltà di unire le varie anime del progetto stesso sia, soprattutto, per l'impegno dei coordinatori sul piano dell'assistenza alle amministrazioni pubbliche. Dall'altro lato, il carico derivante dagli adempimenti di cui sopra è ricaduto sulle spalle di poche UR, mentre alcune UR hanno fornito una collaborazione scarsa e molto circoscritta a tematiche di dettaglio.

### 4. Stato di avanzamento dei deliverables

	<b>Deliverable</b>	<b>1a scad.</b>	<b>Stato di avanzamento</b>
<b><i>Task1 – Completamento delle elaborazioni relative a MPS04</i></b>			
<b>D1</b>	valutazione standard (10%, 475 anni) di amax (16mo, 50mo e 84mo percentile) per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04	<b>03.2006</b>	Effettuate analisi particolareggiate per tutte le isole: per Stromboli, Panarea, Alicudi, Filicudi e Ustica mediante approcci ad hoc; per le altre con considerazioni di vario tipo. Risultati disponibili
<b>D2</b>	valutazione di amax (16mo, 50mo e 84mo percentile) con le seguenti probabilità di superamento in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 22%, 5%, 2%, rispettivamente corrispondenti ai periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 200, 1000 e 2500 anni	<b>03.2006</b>	Effettuato con il medesimo impianto di MPS04. In corso di pubblicazione sul sito del progetto
<b>D3</b>	valutazione del valore della ordinata spettrale a 1sec e ad altri periodi di interesse ingegneristico	<b>05.2006</b>	Effettuato per i seguenti periodi: 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.75, 1.00, 1.50, 2.00 sec con probabilità di eccedenza pari a 81%, 63%, 50%, 39%, 22%, 10%, 5% e 2% in 50 anni. In corso di pubblicazione sul sito del progetto
<b>D4</b>	valutazioni sperimentali di amax corrispondenti a periodi di ritorno di 5000 e 10000 anni (deliv. aggiunto, maggio 2005)	<b>12.2006</b>	In corso di completamento le analisi su massima magnitudo da adottare e distribuzione dei residui delle relazioni di attenuazione

	<b>Deliverable</b>	<b>1a scad.</b>	<b>Stato di avanzamento</b>
<b>D5</b>	valutazioni sperimentali di amax provenienti da un albero logico più complesso di quello adottato per la redazione di MPS04 (deliv. aggiunto, maggio 2005);	<b>12.2006</b>	Effettuati test in Italia settentrionale con diversi modelli di zone sorgente e di stima del <i>b</i> delle distribuzioni GR
<b>D6</b>	valutazioni sperimentali di amax e di spettri di risposta calibrate per le condizioni locali (deliv. aggiunto, maggio 2005);	<b>12.2006</b>	Classificazione del suolo in 3 categorie e applicazione di coefficienti moltiplicativi
<b>D7</b>	mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica, con varie probabilità di eccedenza in 50 anni, utilizzando lo stesso impianto metodologico di MPS04	<b>05.2006</b>	Effettuate definendo una relazione di attenuazione differenziata per meccanismo di fagliazione e con il materiale disponibile da MPS04
<b>D8</b>	ampliamento del sito web per la disseminazione dei dati del progetto	<b>04.2006</b>	Sito web aggiornato con i dati principali di cui all'OPCM 3519. In corso di completamento interfaccia per disseminazione dati macrosismici e di pericolosità
<b><i>Task2 – Valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica e confronti fra MPS04 e le tali valutazioni</i></b>			
<b>D9</b>	valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica utilizzando metodi di sito	<b>05.2006</b>	Effettuate utilizzando storie sismiche documentate al sito e estese alle località vicine
<b>D10</b>	nuova formulazione delle procedure per la stima dell'intensità macrosismica da dati epicentrali o da risentimenti in zone vicine	<b>05.2006</b>	Formulata sulla base dei dati macrosismici aggiornati
<b>D11</b>	aggiornamento delle relazioni amax/I e vmax/I	<b>10.2006</b>	Costituzione di un database di dati strumentali e corrispondenti risentimenti macrosismici
<b>D12</b>	codice per il calcolo della pericolosità sismica da dati di sito (shareware)	<b>05.2006</b>	Realizzato codice per la valutazione delle mappe di cui al punto D9
<b>D13</b>	procedure per la valutazione comparativa di stime di pericolosità anche in rapporto agli osservabili disponibili	<b>10.2006</b>	Messa a punto dell'approccio metodologico al problema
<b><i>Task3 – Contributo alla definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati sismicamente</i></b>			
<b>D14</b>	disaggregazione dei dati di MPS04 in termini di M-D	<b>05.2006</b>	Per alcune località campione valutazione per un ramo dell'albero logico e per due periodi di ritorno
<b>D15</b>	valutazioni sperimentali di probabilità di occorrenza dei terremoti utilizzando metodologie non parametriche applicate a zonazioni diverse	<b>05.2006</b>	Disponibile stima della probabilità di occorrenza di un terremoto di $M > 5.5$ nei prossimi 10 anni in Italia nelle singole ZS



	<b>Deliverable</b>	<b>1a scad.</b>	<b>Stato di avanzamento</b>
<b>D16</b>	strumenti speditivi per la definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati	<b>05.2006</b>	Definizione del deficit di PGA per comuni e del relativo fattore di rischio
<b><i>Task4 – Aggiornamento dei database sismologici</i></b>			
<b>D17</b>	versione aggiornata 2006 del database macrosismico (DBMI06)	<b>05.2006</b>	Rilasciata la versione DBMI04; in corso di compilazione la versione DBMI06
<b>D18</b>	versione aggiornata 2006 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI06)	<b>05.2006</b>	Compilata la versione beta, aggiornata a tutto il 2005
<b>D19</b>	versione aggiornata delle stime di completezza del catalogo	<b>12.2006</b>	Riconsiderazione critica della metodologia
<b><i>Ulteriori risultati</i></b>			
<b>D20</b>	suggerimenti per la gestione delle fasce di tolleranza di MPS04	<b><i>in progress</i></b>	Fornita consulenza su questo aspetto e su molti altri
<b>D21</b>	suggerimenti per l'adeguamento delle azioni sismiche di progetto delle norme	<b><i>in progress</i></b>	Partecipazione in corso a una commissione ministeriale
<b>D22</b>	suggerimenti per l'eventuale aggiornamento di MPS04	<b>07.2007</b>	Stand by
<b>D23</b>	trasferimento al progetto S5 degli elementi di ingresso sismologici più aggiornati e collaborazione per la redazione delle relative mappe	<b>07.2007</b>	Stand by

## **5. Fattibilità delle attività previste per il secondo anno: previsioni, esigenze (versione preliminare, in corso di valutazione all'interno del progetto)**

*Alla luce delle vicende più recenti, già richiamate in precedenza, la fase più impegnativa di assistenza al DPC per la gestione degli adempimenti connessi con l'applicazione dell'Ordinanza PCM 3274 e dei provvedimenti susseguenti sembra in via di esaurimento, e con essa anche lo scopo principale del progetto SI. Resta da garantire nel secondo anno, la diffusione dei dati all'utenza scientifica, politica e professionali; tuttavia la fase iniziata nel 2003, di cui questo progetto rappresenta la continuazione, può considerarsi conclusa e, con essa, anche la funzione degli attuali coordinatori.*

*La struttura attuale del progetto, caratterizzata anche da un finanziamento non molto elevato e poco concentrato sulle attività primarie del progetto stesso, non può assumersi l'onere della definizione di un modello di pericolosità sismica che costituisca, come auspicato dai revisori, un riferimento dinamico, costantemente aggiornato. Va peraltro precisato che una parte consistente dei rendiconti finanziari delle Unità di Ricerca segnalano spese non direttamente riconducibili alle attività previste dal progetto.*

*Per quanto riguarda la continuazione delle attività, si ritiene non praticabile lo sviluppo di Task 3, introdotto peraltro a livello sperimentale e senza particolari extra-costi. Con riferimento alle attività collegate a questo Task si ritiene che: i) gli aspetti metodologici che*

riguardano la vulnerabilità degli edifici possano essere meglio sviluppati nell'ambito delle ricerche di ingegneria sismica; ii) le ricerche sulla probabilità di occorrenza dei terremoti possano essere ricondotte al progetto S2; iii) la disaggregazione in termini di  $M-D-\epsilon$  non richieda ulteriori sviluppi metodologici e i relativi risultati possano essere ricondotti a Task 1.

Le attività riferibili a Task 1, 2 e 4 possono proseguire, sia pure tenendo conto di quanto sopra analizzato, sotto l'ombrello di un unico progetto, oppure come tre progetti sostanzialmente indipendenti.

## 6. Riferimenti bibliografici

- AA.VV. (1990). Dizionario di Toponomastica. UTET, Torino, 720 pp.
- Albarello, D. e V. D'Amico (2004). Validation of intensity attenuation relationships. *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, **95**, 2, 719-724.
- Ambraseys, N.N., K.A. Simpson e J.J. Bommer (1996). Prediction of horizontal response spectra in Europe. *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, **25**, 4, 371-400.
- Azzaro R., M. Serafina Barbano, S. D'Amico e T. Tuvè (2006). The attenuation of seismic intensity in the Etna region and comparison with other Italian volcanic districts. *Ann. Geophys.*, in press.
- Boschi, E. e E. Guidoboni (2001). Catania terremoti e lave dal mondo antico alla fine del Novecento. INGV-SGA, Bologna, 414 pp.
- Boschi, E. e E. Guidoboni (2003). I terremoti a Bologna e nel suo territorio dal XII al XX secolo. INGV-SGA, Bologna, 597 pp.
- Boschi, E., E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, G. Valensise e P. Gasperini (eds.) (2000). Catalogue of strong Italian earthquakes from 461 B.C. to 1997. *Ann. Geofis.*, **43**, 4, 609-868.
- CEN (2004). European Committee for Standardisation. Eurocode 8: design of structures for earthquake resistance. Part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings, European Standard EN 1998-1: 2004 (stage 51), Brussels, May 2004, 229 pp.
- DISS Working Group (2005). Database of Individual Seismogenic Sources (version 3.0.1): A compilation of potential sources for earthquakes larger than  $M 5.5$  in Italy and surrounding areas. <http://www.ingv.it/banchedati/banche.html>
- Faccioli, E. e C. Cauzzi (2006). Macroseismic intensities for seismic scenarios estimated from instrumentally based correlations. In press.
- Faenza, L., W. Marzocchi e E. Boschi (2003). A non-parametric hazard model to characterize the spatio-temporal occurrence of large earthquakes; an application to the Italian catalogue. *Geophys. J. Int.*, **155**, 2, 521-531.
- Galadini, F., M.E. Poli e A. Zanferrari (2005). Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, **161**, 3, 739-762.
- Galli, P., D. Molin, F. Galadini e B. Giaccio (2002). Aspetti sismotettonici del terremoto irpino del 1930. In: Castenetto S. e M. Sebastiano (eds.), Il "terremoto del Vulture" 23 luglio 1930 VIII dell'Era fascista. Roma, 217-262.
- Gasperini, P. (ed.) (2004). Catalogo dei terremoti CPTI2. App.1 al Rapporto Conclusivo. In: Gruppo di Lavoro 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 allegati.
- Gasperini, P. (2001). The attenuation of seismic intensity in Italy: a bilinear shape indicates dominance of deep phases at epicentral distances longer than 45 km, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, **91**, 826-841.

- Gomez Capera A.A. (2006). Utilizzo dei dati macrosismici per la determinazione dei parametri delle sorgenti sismogenetiche e la valutazione della pericolosità sismica. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Geologiche e Geotecnologie per l'Ambiente e il Territorio - XVIII Ciclo, Università degli studi di Milano-Bicocca, 160pp.
- Grant, D., J. J. Bommer, R. Pinho e G.M. Calvi (2005). Defining priorities and timescales for seismic intervention in school buildings in Italy. In stampa.
- Gruppo di Lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04). INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>
- Gruppo di Lavoro DBMI (2005). DBMI04: il database delle osservazioni macrosismiche di supporto al catalogo CPT04. INGV, rapporto interno.
- Gruppo di Lavoro 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 allegati.
- Margottini, C., D. Molin e L. Serva (1992). Intensity versus ground motion: a new approach using Italian data. *Eng. Geol.*, **33**, 1, 45-58.
- Meletti, C. e G. Valensise (ed.) (2004). Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo. In: Gruppo di Lavoro 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 allegati.
- Meletti, C., M. Stucchi e E. Boschi (2006). Dalla classificazione sismica del territorio nazionale alle zone sismiche secondo la nuova normativa sismica. In: Guzzoni D. (ed.), Norme Tecniche per le Costruzioni - Analisi e commento del DM 14/09/05. Il Sole 24 Ore, Milano, 139-160.
- Molin, D., F. Galadini, P. Galli, L. Mucci e A. Rossi (1999). Terremoto del Fucino del 13 gennaio 1915. Studio macrosismico. In: Castenetto S. e Galadini F. (eds.), 13 gennaio 1915. Il terremoto nella Marsica, Roma, 321-340 e 631-661.
- Montaldo, V. (2006). Seismic hazard and uncertainty assessment in North-Eastern Italy: comparing approaches with varied geological and seismological background. Tesi di Dottorato in Scienze Geologiche e Geotecnologie per l'Ambiente e il Territorio - XVIII Ciclo, Università degli studi di Milano-Bicocca, 145 pp. + 1 appendice.
- SGI (Servizio Geologico d'Italia) (1984). Carta geologica d'Italia nella scala 1: 500.000 – Fogli 1-5, 1976-1984. Ed. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- SisFrance (2002). SisFrance: histoire et caractéristiques des séismes ressentis en France métropolitaine et sur ses abords. <http://www.sisfrance.net/>
- TCI (1980-85). Annuario generale dei Comuni e delle frazioni d'Italia. Touring Club Italiano, Milano.
- TCI (1993). Annuario generale dei Comuni e delle frazioni d'Italia. Touring Club Italiano, Milano.