

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/235934836>

La zonazione sismogenetica ZS₄ come strumento per la valutazione della pericolosità sismica

Chapter · January 2000

CITATIONS

25

READS

194

2 authors:



Paolo Scandone

Università di Pisa

68 PUBLICATIONS 5,310 CITATIONS

SEE PROFILE



Massimiliano Stucchi

European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering

166 PUBLICATIONS 2,355 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



The South America Risk Assessment (SARA) project [View project](#)



Study of Historical Seismicity of the Eastern Aegean Islands [View project](#)

La zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica

P. Scandone¹, M. Stucchi²

1 - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa (e-mail: scandone@dst.unipi.it)

2 - CNR, Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico, Milano

1. Introduzione

La zonazione sismogenetica ZS4 (Meletti et al., 2000a) è stata tracciata nel 1996 con lo scopo prevalente - come le versioni precedenti - di servire da input per le valutazioni di pericolosità sismica (*hazard*) che il GNDT aveva il compito di effettuare nell'ambito della convenzione triennale 1993-1995 con il Dipartimento della Protezione Civile, applicando la metodologia di Cornell (Slejko et al., 1998) o altre metodologie (metodo "misto", approccio deterministico; per i dettagli si veda in questo volume Meletti et al. 2000b).

Vale la pena di ricordare che la metodologia di Cornell era una fra le possibili scelte effettuabili all'epoca, ma comunque una fra le più usate in Europa e nel mondo, in particolare nell'ambito del progetto GSHAP (si veda ad esempio Giardini, 1999). Nonostante alcuni dei presupposti su cui si basa siano chiaramente delle approssimazioni molto preliminari (distribuzione poissoniana dei terremoti nelle ZS, indipendenza di ciascuna sorgente da quelle adiacenti, ecc.), la metodologia è stata adottata in quanto ritenuta coerente con il livello delle conoscenze allora disponibili e adeguata per fornire il prodotto convenuto, ossia una valutazione di pericolosità di tipo convenzionale, finalizzata in prima istanza all'aggiornamento della normativa sismica (mappa degli scuotimenti con periodo di ritorno di 475 anni).

ZS4 rappresenta dunque una delle possibili zonazioni sismogenetiche; una volta stabilito il modello sismotettonico di riferimento, la consapevolezza dello specifico ruolo che la zonazione gioca nel calcolo dell'*hazard* (assieme al catalogo dei terremoti, alle modalità di valutazione dei ratei di sismicità e alle leggi di attenuazione) ha di fatto profondamente guidato i criteri di tracciamento delle zone, in particolare relativamente a numero e dimensioni delle stesse. Questo significa che una zonazione orientata a un prodotto diverso avrebbe potuto essere concepita e disegnata secondo criteri diversi da quelli adottati da ZS4, quanto a modello di riferimento, dimensione e numero delle zone, ecc.

2. Modello sismotettonico adottato e criteri seguiti nel disegno delle zone

Il modello sismotettonico che ha guidato il tracciamento delle zone è basato sulla correlazione incrociata di tre basi di dati che riguardano:

- il modello strutturale 3D della penisola italiana e dei mari adiacenti. Una buona conoscenza delle strutture profonde e superficiali permette di ricostruire la geometria delle strutture potenzialmente attive e di valutare le caratteristiche meccaniche delle rocce alle varie profondità;

- la distribuzione spaziale dei terremoti storici e attuali per le diverse classi di magnitudo. Particolarmente utili ai fini della zonazione sono risultate le numerose ricostruzioni di campi macrosismici esistenti. In molti casi sono state riscontrate strette correlazioni tra strutture geologiche potenzialmente attive e terremoti; in altri casi la ricca documentazione macrosismica disponibile ha indirizzato la revisione di aree dove non erano state riconosciute strutture attive. In qualche caso, infine, l'assenza di terremoti documentati in aree caratterizzate da deformazioni tettoniche recenti ha suggerito ulteriori approfondimenti nelle ricerche storiche nonché l'applicazione di indagini paleosismologiche;
- il modello cinematico dell'area mediterranea centrale riferito agli ultimi 6 milioni di anni. Un modello cinematico attendibile permette di ricostruire l'andamento spazio-temporale di parametri estremamente importanti nell'analisi sismotettonica (es. velocità di arretramento dell'asse di flessione di una piastra in subduzione, modalità e velocità di migrazione dei fronti di estensione e compressione, velocità di subsidenza o di sollevamento, tasso di scorrimento medio lungo faglie attive persistenti ecc.). La messa a punto o la disponibilità di funzioni ben calibrate che descrivono l'evoluzione nel tempo di questi parametri consente ovviamente una migliore definizione dell'attività tettonica attuale che risulta individuata dalla tendenza che assumono tali funzioni al tempo zero; la prognosi di questa attività apparirà tanto più accurata quanto più lungo è l'intervallo temporale di osservazione e nel quale, naturalmente, non siano intervenuti cambiamenti nel regime tettonico in atto.

L'analisi cinematica ha svolto un ruolo di primo piano nella costruzione del modello sismotettonico, a partire dal primo obiettivo che era quello di cercare di capire dove e perché colpiscono i terremoti e con quale tipo di meccanismo si generano le rotture. L'approccio strutturale-cinematico, in definitiva, è sembrato il più promettente per giungere ad un quadro interpretativo coerente della sismicità in una regione tettonicamente complessa quale l'Italia. Questo approccio, tuttavia, non è stato inteso come alternativo ad altri approcci più classici, che utilizzano criteri di tipo geomorfologico e paleosismologico, dal momento che questi possono fornire fondamentali contributi alla caratterizzazione delle singole sorgenti in termini di massima magnitudo attesa e intervallo di ricorrenza.

La Figura 1 mostra gli elementi strutturali e cinematici di ordine maggiore utilizzati nell'analisi sismotettonica per fissare le condizioni ai margini e per introdurre ulteriori vincoli all'interno del sistema. Gli elementi rappresentati sono:

- la microplacca adriatica e le tracce dei vettori di spostamento che descrivono le interazioni tra Adria ed Europa. La freccia piena in Puglia indica il vettore di spostamento ricavato da misure VLBI nella stazione di Matera;
- il margine settentrionale della placca africana e le tracce dei vettori di spostamento che descrivono, secondo uno dei molti modelli esistenti in letteratura (Livermore e Smith 1985), la convergenza tra Africa ed Europa. La

- freccia piena in Sicilia meridionale indica il vettore di spostamento ricavato da misure VLBI nella stazione di Noto;
- la placca europea, che include il blocco sardo-corso, il bacino del Mediterraneo Occidentale e la parte del Tirreno ormai solidale con il blocco sardo-corso;
 - la Scarpata Ibleo-Maltese, interpretata come margine divergente della placca africana (divergenza Africa-Adria);

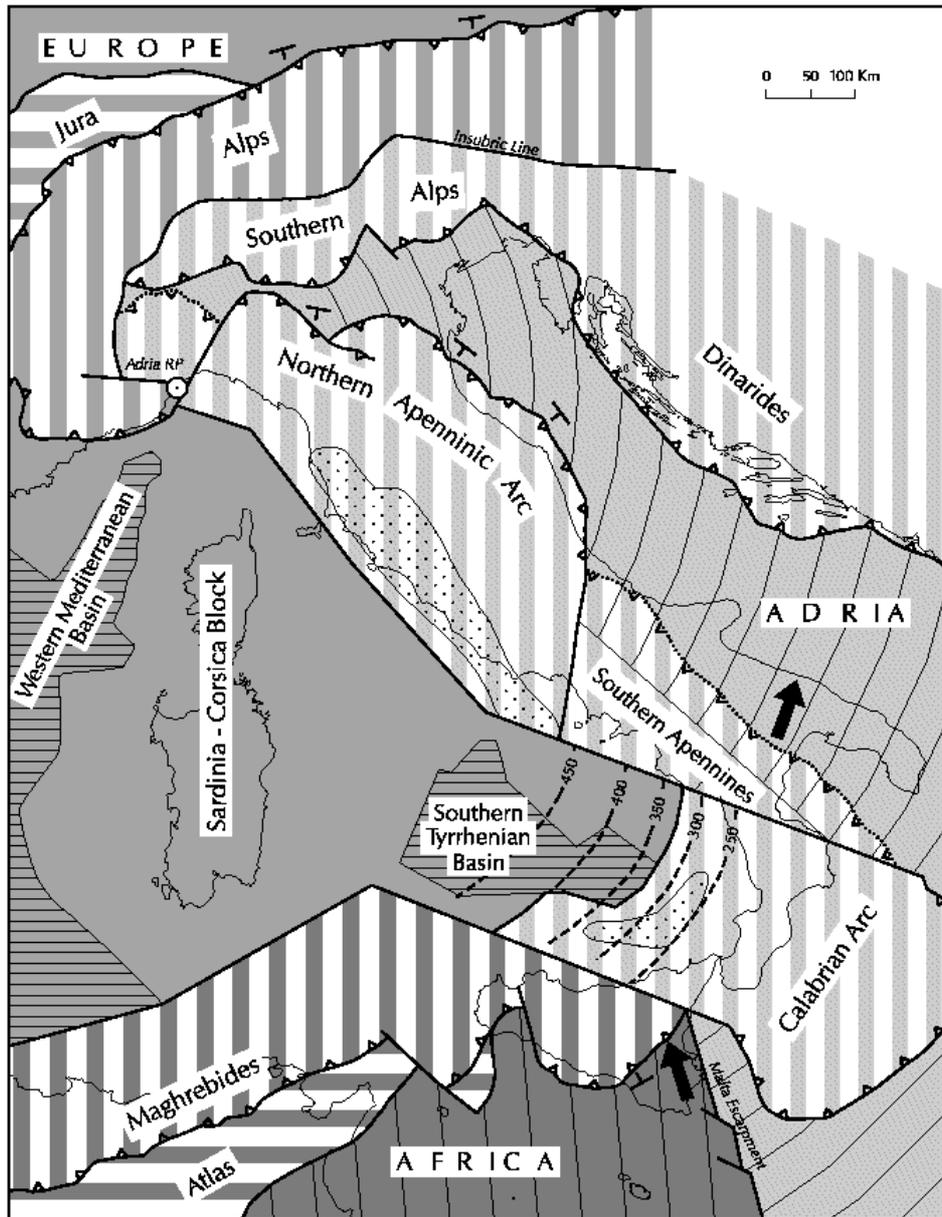


Fig.1 - Schema strutturale/cinematico dell'Italia e aree circostanti, mostrando la traccia degli slip-vettori della rotazione della placca africana rispetto a quella europea e della microplacca adriatica rispetto all'Europa (da Meletti et al., 2000a).

- i sistemi di catena e i principali svincoli laterali;
- le zone di risalita del mantello, alle spalle della catena, nelle quali il cuneo astenosferico (punteggiato) funge da *leading edge* del sistema sopracrostante in compressione;
- i fronti della compressione nei sistemi a vergenza europea (Alpi), a vergenza adriatica (Sudalpino e Dinaridi lungo il margine convergente Adria-Europa, Appennino ed Arco Calabro lungo il margine divergente) e a vergenza africana (Maghrebidi). Il fronte della compressione è inattivo (linea tratteggiata) nell'arco del Monferrato e nell'Appennino meridionale;
- la Linea Insubrica, quale principale elemento di separazione tra sistema alpino Europa-vergente e sistema sudalpino Adria-vergente;
- la zona di divergenza, nell'Appennino meridionale, tra placca europea e microplacca adriatica;
- la zona di Wadati-Benioff del Basso Tirreno.

Le Figure 2 e 3 mostrano la distribuzione dei terremoti storici (Fig. 3, catalogo NT) e attuali (Fig. 2, ING 1981-1995) nel sistema cinematico analizzato.

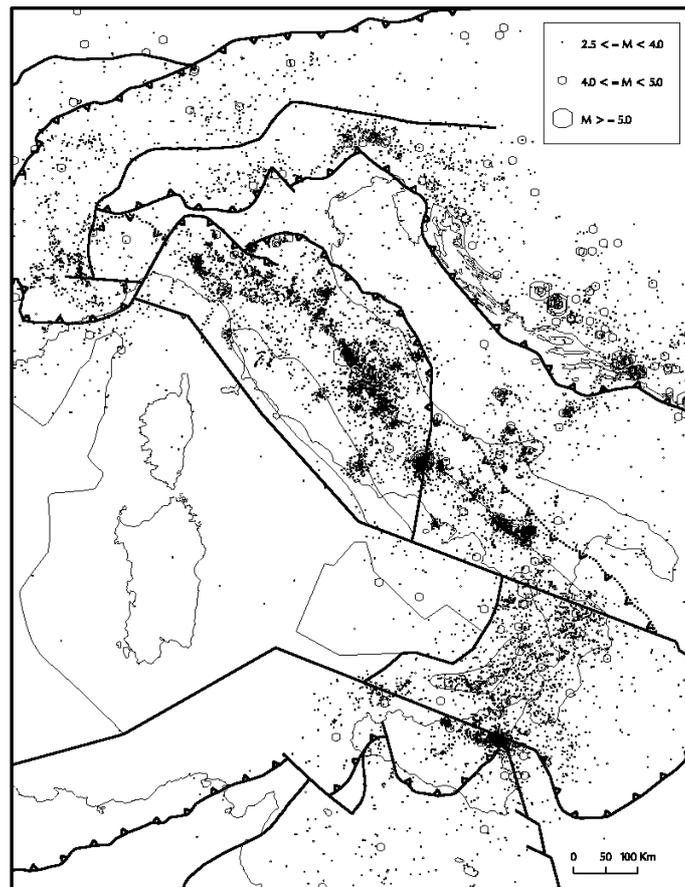


Fig 2 - Sismicità strumentale (1981-1996) rappresentata sullo schema di Figura 1. Sismicità da ING (1996).

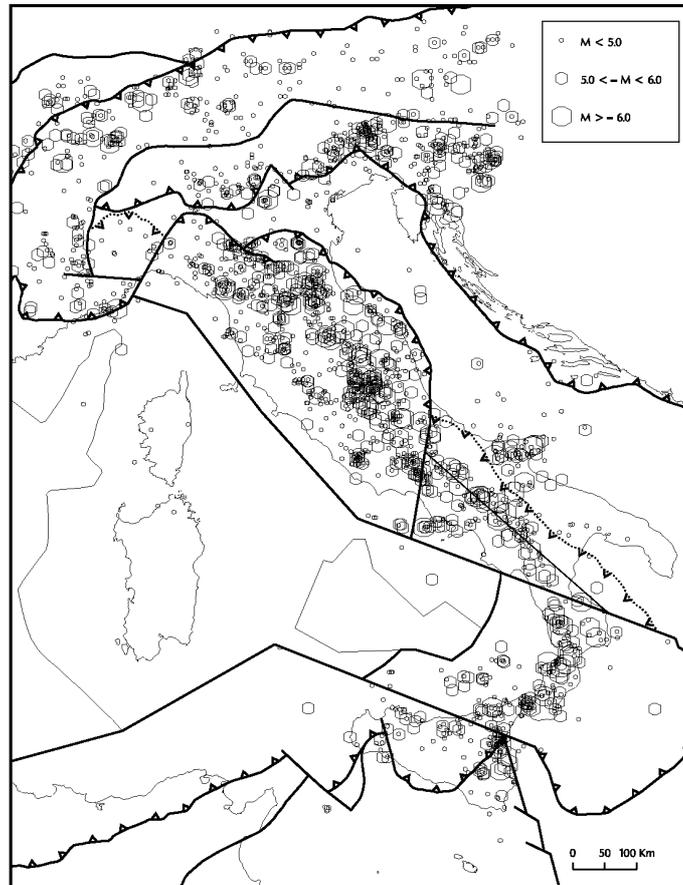


Fig. 3 - Sismicità storica (1000-1992) rappresentata sullo schema di Figura 1. La sismicità è tratta dal catalogo NT (Camassi e Stucchi, 1997)

Nel modello sismotettonico utilizzato i terremoti che bordano il margine esterno (convergente) dell'Adria sono attribuiti a *thrusts* e a faglie transpressive legati alla rotazione antioraria dell'Adria rispetto all'Europa. La posizione del polo di rotazione spiega, a parità di velocità angolare, l'incremento dei vettori di spostamento dalle Alpi occidentali alle Dinaridi.

Per quanto riguarda il territorio italiano, il massimo raccorciamento e il massimo potenziale sismico sono attesi a nord del Golfo di Venezia, in accordo con la sismicità storica e attuale del Friuli. Nessuna convergenza di placche, invece, viene riconosciuta in Appennino.

Nell'Arco Appenninico Settentrionale la migrazione del sistema catena-avanfossa, ancora attiva, sembra essere legata alla velocità di arretramento dell'asse di flessura della piastra adriatica più elevata della velocità di divergenza Europa-Adria nell'area. Questo processo sembra giustificare la sismicità regionale, caratterizzata da:

- terremoti di bassa/media magnitudo lungo il margine padano-adriatico enucleati lungo rampe frontali (meccanismi di tipo thrust) e rampe laterali

- (meccanismi di tipo strike-slip) di un sistema di sovrascorrimenti la cui superficie di scorrimento basale si approfondisce dall'avampaese verso il Tirreno e si radica al fronte del cuneo astenosferico in risalita;
- terremoti di media/alta energia con meccanismi prevalenti estensionali dip-slip in corrispondenza di una fascia assiale compresa tra la zona di flessura della piastra apula e il cuneo astenosferico del margine tirrenico. Sezioni trasversali rispetto all'asse della catena mostrano che la gran parte degli ipocentri dei terremoti crostali cadono all'interno di una sinforme che raccorda le opposte geometrie della litosfera adriatica in subduzione e dell'astenosfera tirrenica in risalita, con faglie normali a basso angolo immergenti verso l'Adriatico e faglie normali ad alto angolo immergenti verso il Tirreno;
 - terremoti superficiali di bassa energia sopra e dietro il cuneo astenosferico.

Nell'Appennino meridionale esistono numerose evidenze circa la cessazione della subsidenza flessurale intorno a 0.65 Ma. Il regime estensionale attuale, responsabile dei numerosi terremoti distribuiti lungo l'asse della catena, è messo in relazione alla rotazione antioraria dell'Adria.

Sul comportamento cinematico attuale dell'Arco Calabro esistono numerose incertezze dal momento che non è chiaro se la zona di Wadati-Benioff del basso Tirreno sia ancora solidale o no con la litosfera ionica. Un serio motivo di dubbio è costituito dall'assenza di terremoti superficiali con meccanismo compressivo nelle strutture ioniche dell'Arco Calabro. D'altro canto i meccanismi focali disponibili mostrano assi T compatibili con un persistente arretramento flessurale della litosfera ionica. È stato preferito un modello di arretramento flessurale persistente e questo, di conseguenza, ha condizionato l'interpretazione sismotettonica della Sicilia settentrionale dove è stata postulata una zona di taglio transpressiva con dislocazione destra.

In Sicilia meridionale il quadro è profondamente diverso. La Scarpata Ibleo-Maltese viene interpretata come possibile limite di placca in un sistema divergente (Africa-Adria). Il sistema di faglie NE-SW presente lungo il margine nord occidentale del Plateau Ibleo è considerato attivo e legato alla flessura dell'avampaese. La sismicità del Belice è attribuita ad una zona di strappo litosferico lungo la quale vengono accomodati i diversi arretramenti flessurali del Plateau Ibleo (massimo arretramento) e della zona di Sciacca (minimo arretramento). Non viene considerato attivo, nel modello utilizzato, il sistema di Scicli.

L'attività tettonica dell'area Gargano-Tremite e dell'Adriatico centrale è ancora mal conosciuta. Una rimobilizzazione di vecchie strutture estensionali in un regime compressivo/transpressivo (tettonica di inversione) sembra essere una ragionevole ipotesi di lavoro.

In conclusione, la sismicità dell'area italiana si inserisce in un quadro geodinamico complesso nel quale trovano coesistenza processi cinematici diversi:

- convergenza continente-continente tra Adria ed Europa (Alpi e Dinaridi);
- divergenza tra Europa ed Adria, con il margine interno dell'Adria ancora coinvolto dalla subduzione (Arco Appenninico Settentrionale, Arco Calabro), e

sviluppo di bacini retroarco (Tirreno settentrionale, Tirreno meridionale) alle spalle di due sistemi arco-fossa entrambi in progressiva migrazione ma con diversa velocità di arretramento flessurale;

- divergenza tra Europa ed Adria, con il margine interno dell'Adria non più interessato da subsidenza flessurale anche se in precedenza coinvolto nella subduzione (rottura dello *slab?*), e sviluppo di processi di *rift* all'interno del sistema a falde inattivo (Appennino meridionale);
- divergenza tra Africa ed Adria in zone non interessate dalla subduzione neogenico-quadernaria (Scarpata Ibleo-Maltese);
- transpressione (Sicilia settentrionale) dovuta all'effetto combinato della convergenza tra Africa ed Europa) e del rapido arretramento dell'asse di flessura della placca adriatica in subduzione;
- possibile riattivazione in compressione di precedenti strutture estensionali all'interno della placca adriatica (Gargano-Tremi, Adriatico centrale);
- rotture longitudinali (Iblei nord-occidentali) e faglie di strappo trasversali (Belice) in corrispondenza di zone di flessura della placca africana. Nel caso di strappi trasversali, meccanismi estensionali *dip-slip* nelle strutture più profonde possono coesistere con meccanismi *strike-slip* nelle unità tettoniche soprastanti la superficie di *thrust* basale.

La figura 4 mostra il comportamento cinematico atteso delle strutture sismogenetiche nelle varie zone del territorio nazionale:

- a. zone legate alla convergenza Adria-Europa.
Meccanismi attesi: *thrusts* prevalenti con assi P paralleli ai vettori di spostamento dell'Adria (zone 4, 6, 8 16-21); transpressione destra lungo faglie NW-SE (zone 1-3); *strike-slip* destro (zone 10, 15) e sinistro (zona 22) lungo faglie orientate da W-E a WNW-ESE; *strike-slip* sinistro lungo faglie N-S (zona 5); meccanismi misti di *thrust* e *strike-slip* (zona 9).
- b. Zone di trasferimento Alpi-Appennino e Mar Ligure.
Meccanismi attesi: *strike-slip* sinistro in strutture crostali superficiali e *dip-slip* in strutture più profonde (zone 23, 25, 26); compressione (*thrust* e *strike-slip* sinistro con assi P W-E e WNW-ESE) sovrapposti a vecchie strutture estensionali (zona 24).
- c. Zone legate allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale.
Meccanismi attesi: *thrust* e *strike-slip* con assi SW-NE nella fascia adriatica (zone 30, 35, 38, 48, 53); prevalente *dip-slip* con assi T SW-NE nella fascia assiale (zone 28, 29, 32-34, 36-37, 44-47, 50-52); prevalente *strike-slip* destro lungo faglie NNE-SSW e subordinato *dip-slip* (strutture crostali più profonde) lungo faglie di strappo (zone 40, 55); *dip-slip* con assi T SW-NE nella fascia tirrenica (zone 27, 31, 41-42, 49, 54) con possibile *strike-slip* destro lungo faglie NNE-SSW.

- d. Zone legate alla disattivazione del sistema catena-avanfossa nell'Appennino meridionale e alla rotazione antioraria dell'Adria.
Meccanismi attesi: *dip-slip* con assi T SW-NE (zone 57-58, 62-64).
- e. Zone dell'Arco Calabro, verosimilmente legate alla subduzione passiva della litosfera ionica, e Sicilia Settentrionale.
Meccanismi attesi: *dip-slip* con assi T W-E e WNW-ESE nelle strutture longitudinali (zone 66-67, 69-72); *strike-slip* sinistro lungo faglie W-E (zone 65, 68); transpressione destra lungo faglie WNW-ESE (zone 75-76); *strike-slip* destro lungo faglie NW-SE (zona 74).
- f. Zone legate alla divergenza Africa-Adria.
Meccanismi attesi: *dip-slip* lungo la Scarpata Ibleo-Maltese e *strike-slip* lungo faglie di trasferimento minori orientate all'incirca a 90° rispetto alla direzione della scarpata (zona 79).
- g. Zone di avampaese, con diversi comportamenti cinematici.
Meccanismi attesi: *dip-slip* legato a faglie NE-SW connesse alla flessione della piastra di avampaese (zona 78); *strike-slip* destro, e possibile *dip-slip* in strutture più profonde, lungo faglie di trasferimento N-S (zona 77); *thrust* e *strike-slip* con assi P paralleli ai vettori di spostamento dell'Adria (zone 7 e 59-61).
- h. Zone in aree vulcaniche attive.
Meccanismi attesi: *dip-slip* (Ischia-Campi Flegrei e Vesuvio, zona 56); *dip-slip* e *strike-slip* destro lungo faglie NW-SE (Etna, zona 73).
- i. Zone con comportamento cinematico indefinito. Sono le zone alpine poste in territorio svizzero e legate alla ampia fascia di deformazione del bordo della placca europea; la necessità di tracciare le zone in questa area è dovuta al verificarsi di eventi che possono causare danneggiamento in territorio italiano. Dal punto di vista del modello sismotettonico le conoscenze disponibili non hanno consentito di collocarle in un ambito preciso con la stessa attendibilità delle zone italiane. I meccanismi attesi sono da considerarsi genericamente di regime compressivo.

3. Significato e limiti delle zone sismogenetiche ZS4

3.1 Definizione

Nelle valutazioni di *hazard* che utilizzano l'approccio Cornell (Cornell, 1968) ogni zona sorgente, rappresentata da un poligono, viene assunta come omogenea; all'interno di essa i terremoti possono verificarsi in ogni punto con la medesima probabilità. E' bene sottolineare quindi che le ZS concepite in questa prospettiva rappresentano una combinazione ragionata di elementi geologici e sismologici e non, viceversa, un *contour* di elementi geologici nel quale si innesta, successivamente, un catalogo sismico. In altre parole, geometria delle zone e ratei di sismicità sono entrambi elementi costitutivi della zonazione.

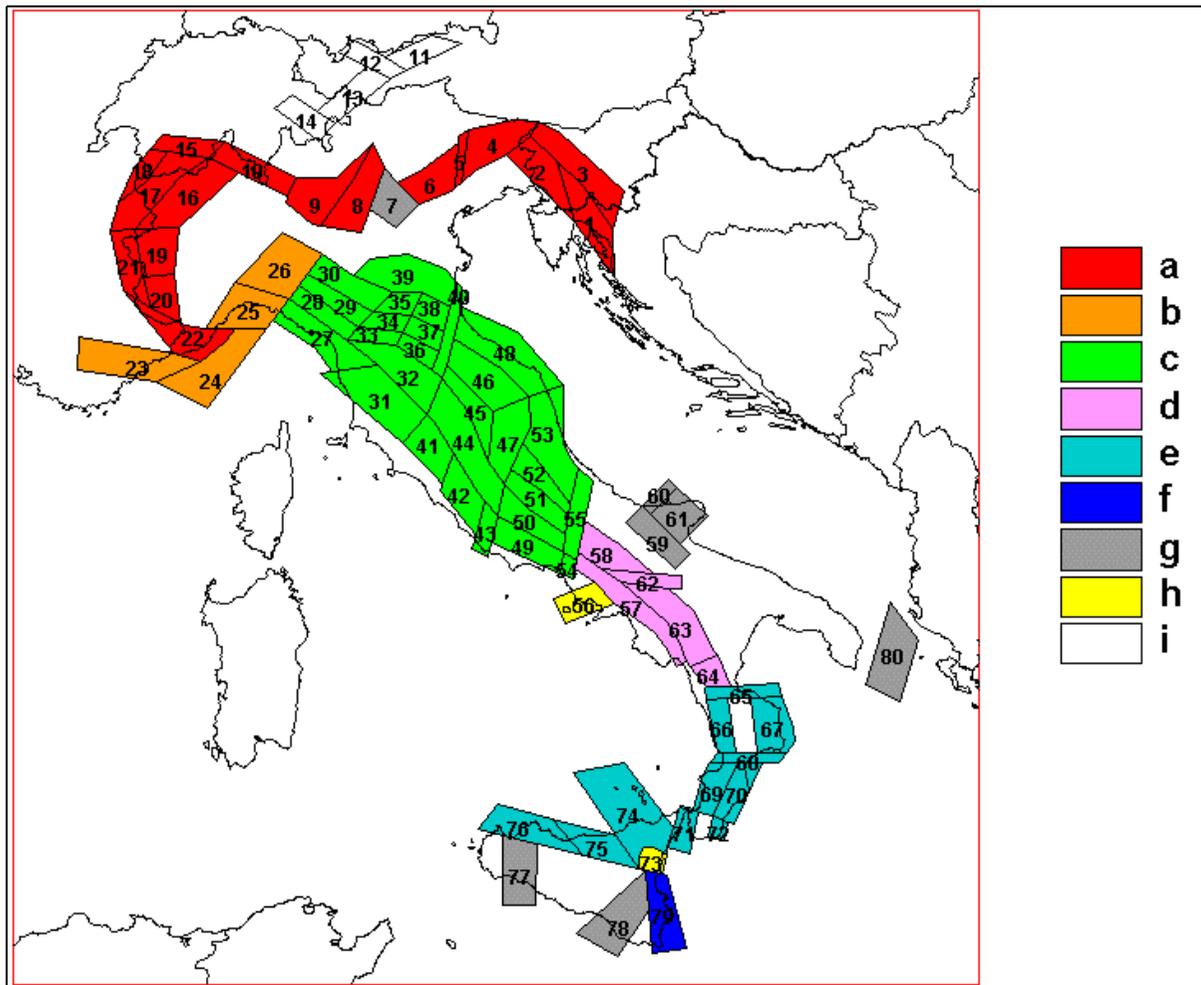


Fig. 4 - Carta della zonazione sismogenetica ZS4. Per la spiegazione della legenda si veda nel testo.

L'assunzione che terremoti di magnitudo medio-alta possano verificarsi con la stessa probabilità in un punto qualsiasi di una certa zona rappresenta, ovviamente, una sovrasemplificazione. Ciascuna ZS di ZS4, infatti, è caratterizzata da un sistema di strutture sismogenetiche consistente al proprio interno in termini di geometria e cinematica e coerente con i sistemi attivi delle zone adiacenti. Ciascuna zona rappresenta in sostanza il contour della proiezione in superficie di un sistema di sorgenti di terremoti; essa contiene quindi uno o più segmenti di faglie maggiori, responsabili degli eventi di più alta energia, e numerose faglie minori associate, responsabili degli eventi di più bassa energia. In questo senso i ratei di sismicità di ciascuna zona, comunque vengano calcolati, rappresentano valori che spesso mediano fra caratteristiche di rilascio dell'energia anche molto diverse fra loro.

La sovrasemplificazione che è stata introdotta assumendo zone al loro interno omogenee ha rappresentato dunque un prezzo coscientemente pagato per procedere in tempi ragionevoli a valutazioni di *hazard* relative all'intero territorio nazionale che tenessero conto in qualche modo delle informazioni allora disponibili.

Va infine osservato che, di fatto, nella prospettiva adottata ZS4 identifica 80 zone indipendenti ciascuna dall'altra e che il catalogo sismico, costruito in stretta connessione con la zonazione, può essere inteso come la somma di 80 sottocataloghi indipendenti (più uno riferito alla zona di *background*).

3.2 Dimensione e numero delle zone

L'operazione di "spalmatura" che viene effettuata nelle procedure di tipo Cornell fa sì che, a parità di terremoti riferiti a una zona sorgente, i valori dei descrittori dello scuotimento atteso in un sito, in un certo intervallo temporale, varino sensibilmente al variare della dimensione dell'area sorgente (si veda ad esempio Rebez e Stucchi, questo volume). La determinazione della dimensione delle zone richiede quindi un'attenta calibrazione.

Il criterio adottato nel determinare la larghezza delle zone è stato quello di mediare tra terremoti maggiori, che potrebbero essere contenuti in poligoni più stretti, e terremoti minori, ma comunque superiori alla soglia del danno, che di regola descrivono zone più larghe. In alcuni casi l'estensione della zona fino a comprendere alcuni terremoti, di localizzazione peraltro incerta, avrebbe portato a dimensioni troppo elevate; questi casi sono stati risolti mantenendo la larghezza delle ZS entro termini contenuti e consigliando l'assegnazione di alcuni terremoti ad una determinata ZS mediante il parametro T_a del catalogo NT4.1 (Camassi e Stucchi, 1997).

Circa la lunghezza, il criterio seguito è stato quello geometrico-cinematico (continuità o meno delle strutture e omogeneità di comportamento cinematico) integrato dalle conoscenze disponibili sulla distribuzione spazio-temporale della sismicità.

Il numero di zone nelle quali è stato diviso il territorio nazionale è la diretta conseguenza dell'applicazione di questi criteri. Rispetto a dimensione e numero delle zone proposte da ZS4 si sono avute, da parte della comunità scientifica, obiezioni di segno opposto.

Da una parte alcuni utenti, preoccupati del basso numero di eventi disponibili per effettuare valutazioni statistiche in determinate zone, avevano suggerito accorpamenti di più zone. Nei fatti, operazioni che comportano l'accorpamento di più zone sismogenetiche di piccola estensione in poligoni di dimensioni maggiori possono apparire, prima vista, come un'utile semplificazione di un modello troppo articolato e, tutto sommato, non esente da grosse incertezze. E' da tener presente, tuttavia, che, come si è detto, l'effetto "spalmatura dei terremoti" nelle procedure di tipo Cornell influisce pesantemente sui risultati. In caso di accorpamenti non giustificati dalla geologia e dalla sismicità questo effetto avrebbe potuto portare ad una sensibile sopravvalutazione dell'*hazard* in aree a sismicità moderata e ad una sottovalutazione in aree ad elevata sismicità.

Dall'altra parte è stato obiettato che alcune zone proponevano una immagine troppo ampia della zona sorgente, e determinavano pertanto una distribuzione dei valori di scuotimento atteso al sito troppo smussata (valori troppo alti in periferia e non abbastanza alti al centro). Questi problemi possono essere parzialmente superati con l'adozione, in sede di calcolo, di distribuzioni non uniformi di probabilità all'interno delle sorgenti.

4. Conclusioni

La zonazione sismogenetica ZS4 deve essere intesa come uno strumento strettamente concepito per e dedicato alla valutazione della pericolosità sismica con metodo convenzionali. Nel momento in cui è stata compilata ha utilizzato quanto di meglio disponibile dal GNDT in materia di dati geologici e sismologici e di know-how nella valutazione dell'*hazard*.

In quel periodo la comunità scientifica internazionale non disponeva di criteri o *guidelines* riconosciuti e accettati per il disegno delle zone sismogenetiche. Questa indeterminazione, presente in larga misura ancora oggi, è alla base di notevoli disomogeneità nei risultati di valutazione dell'*hazard* effettuate in riferimento alle stesse aree e anche a partire da dati di base sostanzialmente simili.

Come tutte le operazioni di questo tipo, la compilazione di ZS4 ha comportato un numero notevole di scelte e di compromessi, che a suo tempo non è stato possibile descrivere con la necessaria esaustività. Il compito del progetto 5.1.1 è stato di avviare i lavori per una nuova zonazione che si basi in primo luogo su la gran messe di dati nuovi sulle sorgenti dei terremoti che si sono resi disponibili a partire dal 1996 e in secondo luogo sulla definizione di criteri e procedure il più possibile trasparenti.

Bibliografia

- Camassi R, e Stucchi M. (1997): NT 4.1.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno. G.N.D.T., Rapporto interno, Milano, 95 pp..
- Cornell C.A. (1968): Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**, 1583-1606.
- Giardini D. (ed.) (1999): The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) 1992-1999. *Annali di Geofisica*, special volume, 42, 6, pp. 957-1230.

- ING (1996): Bollettino sismico 1980-1995, Istituto Nazionale di Geofisica, Roma (computer file).
- Livernore R.A., Smith A.G., (1985): Some boundary conditions for the evolution of the Mediterranean region. In Geological Evolution of the Mediterranean Basin, Raimondo Selli Commemorative Vol. (eds. Stanley, D.J. and Wezel F.C.) (Springer-Verlag, New York), pp. 83-98.
- Meletti C., Patacca E., Scandone P., (2000a): Construction of a seismotectonic model: the case of Italy. *Pageoph*, **157**, 11-35.
- Meletti C., Slejko D., Vaccari F., (2000b): Confronti tra le stime di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzate in ambito GNDT. In questo volume.
- Rebez A., Stucchi M. (2000): Influenza della superficie delle zone sismogenetiche sul calcolo della pericolosità sismica. In questo volume
- Scandone P., Patacca E., Meletti C., Bellatalla M., Perilli N., Santini U. (1992): Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana. *Atti convegno GNDT*, **1**, 119-135.
- Slejko D., Peruzza L. and Rebez A.; (1998): Seismic hazard maps of Italy. *Annali di Geofisica*, **41**, 183 - 214.