

Sintesi delle conoscenze sulla sismotettonica della Liguria occidentale ed influenza sui parametri di hazard

C. Eva¹, P. Augliera², E. Eva³, S. Solarino¹, D. Spallarossa²

¹ *DipTeRis, Università di Genova (e-mail: eva@dipteris.unige.it)*

² *GNDT c/o DipTeRis, Università di Genova*

³ *ING c/o DipTeRis, Università di Genova*

1 Introduzione

Le ricerche condotte dall'U.R. dell'Università di Genova hanno riguardato diversi aspetti legati soprattutto alla valutazione delle potenzialità di utilizzo dei dati strumentali nell'analisi sismotettonica e della loro influenza sulle stime di hazard. Sono state così analizzate le caratteristiche del declustering di cataloghi sismici (Augliera et al., 1996), la possibilità di utilizzare le forme d'onda dei sismogrammi per la definizione di strutture sismogenetiche (Cattaneo et al., 1997; Cattaneo et al., 1999a), lo studio delle dimensioni della sorgente e delle leggi di scala per gli eventi delle Alpi Occidentali (Lanza et al., 1996), le determinazioni delle variazioni dei tassi di sismicità delle zone sismogenetiche all'inserimento dei dati di cataloghi strumentali, i meccanismi focali dei terremoti strumentali più recenti (Eva et al., 1998) ed il campo dello stress regionale (Eva et al., 1997; Eva & Solarino, 1998).

Uno degli aspetti di cui forse sino ad ora non si era ancora trattato riguarda l'influenza sulle stime dell'hazard, dell'inserimento di strutture attive nelle zone sismogenetiche ed il collegamento ad esse dei principali terremoti storici.

A tal fine è stata presa in considerazione un'area, comprendente la Liguria Occidentale ed il Mar Ligure, in cui si sono concentrati gli studi dell'U.R. di Genova. In particolare sono state approfondite alcune conoscenze sulla struttura della piattaforma e scarpata continentale del Mar Ligure Occidentale. Inoltre l'analisi della sismicità strumentale, rilevata dalla rete sismica dell'Italia Nord-Occidentale, ha consentito una più specifica correlazione tra gli eventi sismici e le strutture.

Appare importante ricordare che il principale terremoto storico verificatosi in questa zona è rappresentato dall'evento del 23 Febbraio 1887 ($M_s=6.4$, catalogo parametrico NT4.1, da cui sono state prese le magnitudo M_s riportate nel presente lavoro; Camassi & Stucchi, 1997), la cui ubicazione è ancora incerta (ma, in accordo con il piano macrosismico, potrebbe avere epicentro in mare). Un altro evento di notevole importanza risulta essere il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 ($M_s=5.9$), la cui posizione è controversa poiché non trova un chiaro riscontro in nessuna delle strutture "attive" presenti nell'area. Incertezze esistono anche per i terremoti verificatisi in Mar Ligure nel 1963, di cui una delle due scosse principali viene riportata nel catalogo NT4.1 con $M_s=5.9$.

Uno dei problemi primari per una corretta analisi della pericolosità sismica dell'area è apparsa quella di poter localizzare e quindi associare in modo univoco il terremoto del

1887, probabilmente evento massimo per l'area, ad una struttura sismogenetica. A tale scopo si è cercato di ottenere una soluzione di tipo sismotettonico che da un lato fosse supportata da evidenze di tipo geologico-strutturale e dall'altro trovasse una sua collocazione nel contesto della sismicità recente dell'area, nell'ipotesi che la sismicità attuale, anche di bassa energia, possa essere indice delle strutture responsabili anche dei grandi terremoti.

Il presente lavoro quindi, partendo dalla revisione della sismicità della Liguria Occidentale ed utilizzando i dati geologico-strutturali rilevati sia tramite la geologia di superficie sia da profili sismici a riflessione off-shore, ha permesso di eseguire più corrette correlazioni tra sismicità e strutture e da ciò formulare alcune ipotesi sulla localizzazione dell'evento del 1887. In conclusione verranno messi a confronto due risultati di analisi di pericolosità che evidenziano come, in alcuni casi, spostamenti di epicentri di terremoti significativi possano modificare le stime di hazard.

2 Sismicità della Liguria Occidentale

Per l'analisi della sismicità attuale sono stati considerati tutti i dati rilevati nel periodo 1983-1999 dalla rete sismica regionale, gestita dell'Università di Genova (Eva *et al.*, 1992, pagina web <http://www.dipteris.unige.it/geofisica/>), e da quelle francesi localizzate lungo il margine occidentale delle Alpi Occidentali che monitorano costantemente l'attività sismica dell'area in esame. Ai dati registrati da queste reti sono stati anche aggiunti quelli di reti temporanee che avevano operato sul territorio per il rilievo della microsismicità associata a strutture sismogenetiche o supposte tali, per periodi più o meno lunghi. Tutti i dati registrati sono stati raccolti in un unico database e rianalizzati secondo criteri omogenei. In totale per l'area considerata sono stati localizzati oltre 7000 eventi con $1.5 < M_l < 5.0$. Per le analisi sismotettoniche, da questi sono stati estratti solo quelli di migliore qualità, ovvero quei terremoti che presentavano degli errori massimi di localizzazione (verticali e orizzontali) minori di 5 km e che fossero localizzati con almeno sei stazioni. Questo limiti sono sembrati sufficienti per garantire un accettabile grado di omogeneità tra i dati da utilizzare nelle correlazioni strutture-sismicità.

La Figura 1 riporta la distribuzione della sismicità per l'area dell'estremo ponente ligure. Da essa si possono evincere alcuni aspetti peculiari: le aree di maggiore attività sono circoscritte alla parte centrale del Mar Ligure e ad una o più fasce in corrispondenza della scarpata e del piede di scarpata continentale. In terra, il più significativo allineamento, con andamento NW-SE, si estende dalla costa sino al limite meridionale del Massiccio dell'Argentera.

Le localizzazioni indicano una maggiore superficialità (mediamente $h < 7$ km) degli eventi in terra mentre mostrano degli approfondimenti sino a 15-20 km in prossimità del margine continentale (Cattaneo *et al.*, 1999b).

La sismicità storica di quest'area mette in evidenza la congruità di possibili correlazioni con la microsismicità recente. Con riferimento al catalogo NT4.1, pur nella

considerazione dei bassi livelli di completezza per i periodi precedenti al 1750, si può notare che i principali eventi risentiti sono localizzati lungo costa con valori di intensità medio-bassi ed “isosisme” totalmente aperte verso Sud, ciò chiaramente è indice di terremoti marini di dubbia localizzazione. Gli eventi rilevanti più recenti (sequenza del luglio 1963) invece furono localizzati (Bossolasco & Eva, 1965) in quel cluster di attività che viene a trovarsi a circa 60-70 km dalla costa ligure, nella parte centrale del Mar Ligure.

Di più facile correlazione, pur nell'indeterminatezza dei terremoti più antichi, appaiono forse gli eventi localizzati in terra. Essi possono essere associati alla fascia di attività che si estende dalla costa sino al Massiccio dell'Argentera. Ciò quindi sta a dimostrare che la microsismicità registrata negli ultimi vent'anni, almeno per l'area in esame, può rappresentare un indicatore delle principali strutture attive.

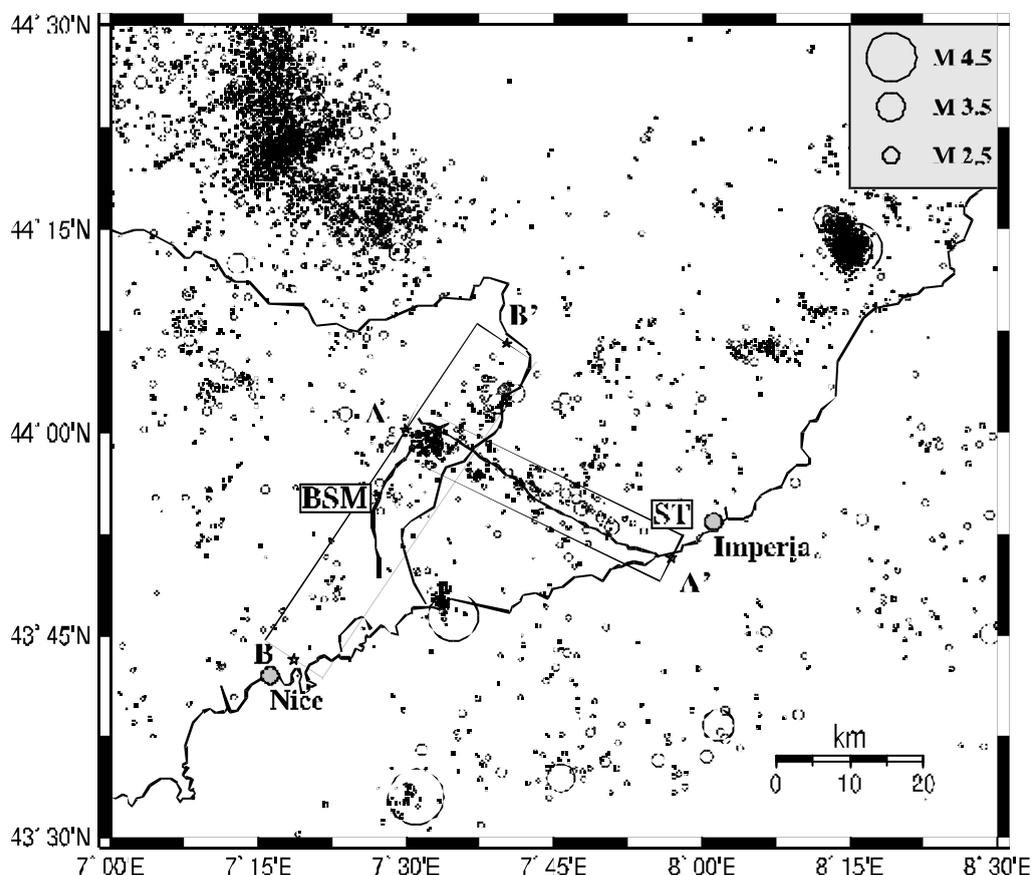


Fig. 1 - Mappa della sismicità strumentale per il periodo 1983-1999. ST indica il sistema di faglie Saorge-Taggia e BSM il sistema Briel-Sospel-Monaco.

3 Le strutture a mare

Le caratteristiche morfologiche e morfotettoniche del bacino del Mar Ligure e del suo margine continentale sono state studiate per diversi anni tramite rilievi sismici eseguiti durante campagne oceanografiche sia italiane che francesi. La maggior parte dei profili

sismici sono stati ottenuti con tecniche monocanale a differente potere di penetrazione (sparker 1-6 KJ, subbottom and air/water guns). Più recentemente, nel quadro dei progetti CROP-mare e ECORS sono state avviate delle campagne di sismica a riflessione multicanale, i cui risultati sono, per lo meno per il settore costiero di nostro interesse, non ancora disponibili.

La maggior parte delle informazioni che verranno di seguito presentate sono state ottenute tramite due campagne (Maligu I e II) eseguite nell'ambito di una collaborazione tra il Gruppo di Sismologia di Genova e il Laboratoire de Geodynamique Sous-Marine de Villefranche sur Mer.

Durante queste crociere sono state eseguite due serie di profili perpendicolari e longitudinali alla costa tra Imperia e Ventimiglia. I profili hanno costituito un reticolato di osservazione quasi regolare con maglie di circa 1.5 miglia di lato che hanno ricoperto tutto il margine continentale e una fascia consistente della piana batiale (Eva et al., 1993; Chamillon et al. 1994) (Fig. 2).

Secondo le analisi dei profili, la struttura della scarpata continentale del Mar Ligure, che presenta notevoli pendenze, è caratterizzata da un sistema di faglie a gradino (step faults), dovute ai processi distensivi che hanno interessato l'intera area nei periodi pre-Pliocenici e causarono la migrazione del blocco Corso-Sardo verso SE. Come mostrato in Figura 3, le strutture più vecchie vengono intersecate da un sistema di faglie più recenti perpendicolare alla costa. Queste faglie, talora con pareti quasi verticali, delimitano canyons che incidono profondamente il margine continentale. Questo rappresenta un'interferenza di una successiva fase distensiva, orientata E-W, che origina dei mini-graben che probabilmente interessano gli strati crostali più superficiali.

Al di là di questi due sistemi di faglie, che sono legati alle parti più superficiali, i profili sismici mettono in evidenza (Fig.3) che il sistema di faglie più significativo è quello legato al piede del margine continentale. Questo sistema di faglie ad andamento quasi verticale pone in contatto una crosta continentale con coperture sedimentarie che raggiungono spessori di alcune migliaia di metri (3-4 km). Tali accumuli sedimentari presentano i massimi spessori in corrispondenza dei canyon sottomarini. Sia i sedimenti Plio-Quaternari che le evaporiti superiori mostrano un piegamento al piede del margine. La dimensione di questa flessione indica che lo spessore dei sedimenti può essere messo in relazione con il fenomeno di subsidenza che ha interessato la regione, dovuto alla risalita di domi salini.

Le informazioni raccolte dal progetto CROP-mare, il cui profilo 11 risulta perpendicolare alla costa ligure e passa in prossimità di Ventimiglia, mettono in evidenza che il sistema di faglie posto al piede della scarpata interessa la totalità della crosta superiore e parte di quella inferiore della parte continentale e rappresenta uno svincolo estremamente netto tra la parte continentale e quella oceanica del Mar Ligure (Finetti 1999, com. pers.).

Tutto il margine appare suddiviso in blocchi tra loro tiltati e disposti "en echelon" e nei loro spigoli vengono ad inserirsi i potenti depositi di sedimenti plio-pleistocenici.

Dal punto di vista tettonico è interessante rilevare la diversità di orientazione assunta dalle strutture a terra rispetto a quelle a mare. In terra, i lineamenti “attivi” presentano delle orientazioni N120° e mostrano indizi di attività sino al Quaternario, mentre sul margine continentale i sistemi di faglia, mediamente orientati N 160°, sono legati a faglie trasversali, perpendicolari alla costa, creati durante il periodo di rifting. Tutto ciò sembra indicare una poco marcata interazione tra i sistemi a mare e quelli in terra.

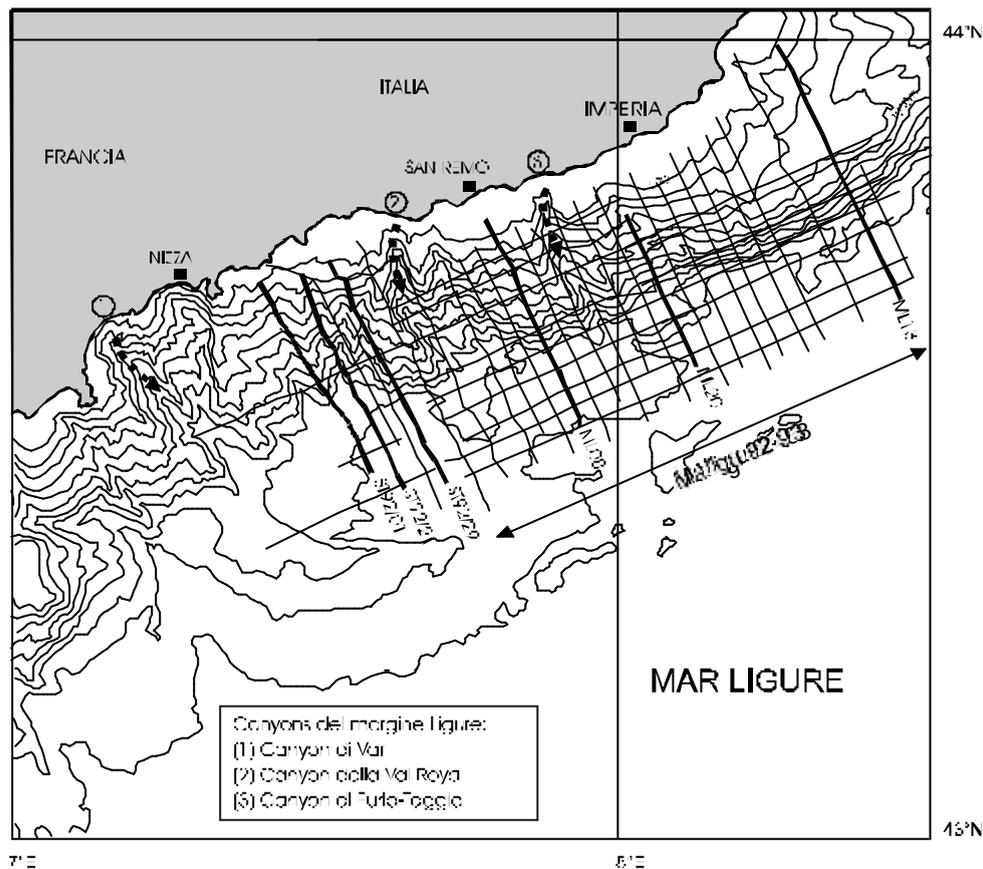


Fig. 2 - Posizione dei profili di sismica a riflessione effettuati durante le campagne oceanografiche Maligu I e II (Eva et al., 1993)

E' da sottolineare che la sismicità recente appare concentrarsi al piede del margine continentale e, in particolare, gli eventi maggiori si vanno a collocare in corrispondenza dei nodi dei due sistemi di faglia presenti (Augliera et al., 1996). Qui i meccanismi focali dei terremoti studiati indicano piani nodali coerenti con l'andamento di entrambi i sistemi, con una componente dominante di stress compressivo orientato prevalentemente NW-SE (Eva e Solarino, 1998). La coesistenza di soluzioni trascorrenti e di sovrascorrimento indicherebbe che il margine è soggetto a movimenti di tipo transpressivo. Questo ha fatto pensare che tutto il margine possa essere attualmente soggetto ad uno stress compressivo

orientato quasi NW-SE, completamente inverso ai moti distensivi che hanno interessato tutto il periodo di rifting del Mar Ligure (Bethoux *et al.*, 1988)

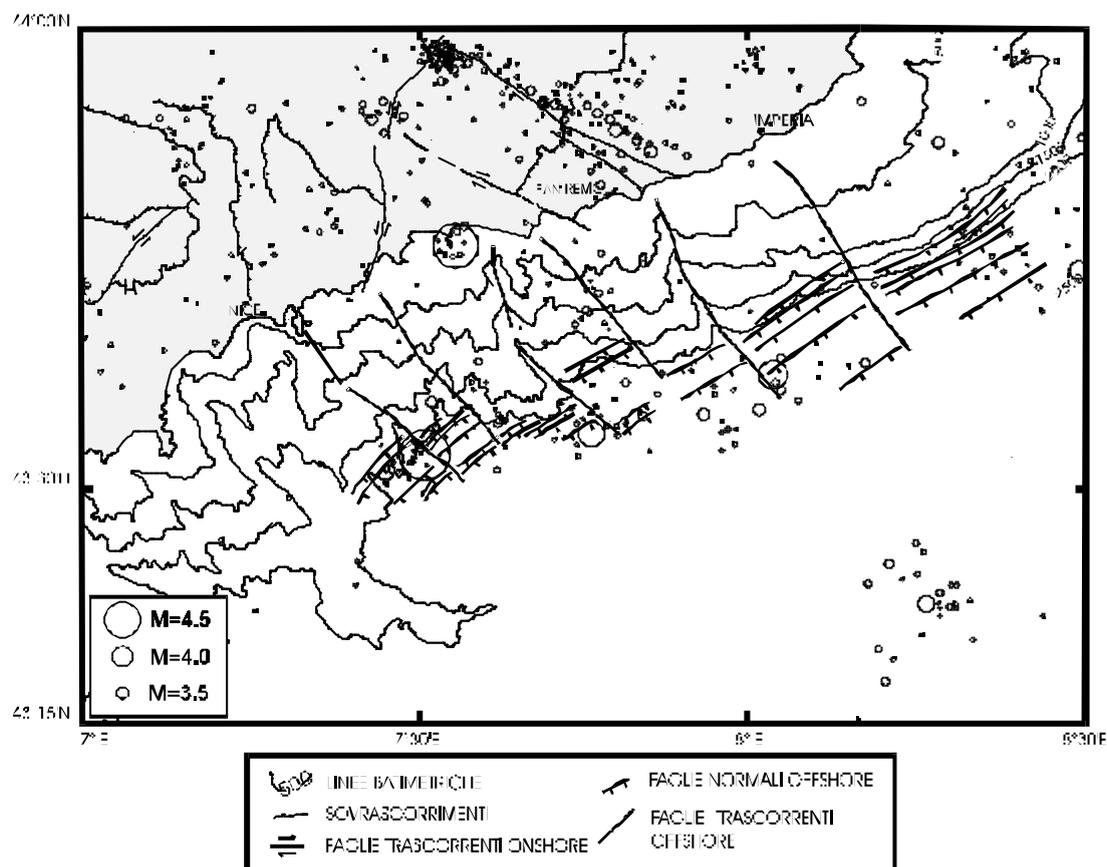


Fig. 3 - Mappa strutturale semplificata del margine Nord-Occidentale del Mar Ligure e mappa della sismicità.

4 I sistemi a terra e la linea Saorge-Taggia

La Saorge-Taggia (ST) è un complesso fascio di faglie, con orientazione Nw-SE a trascorrenza destra (Giammarino *et al.*, 1978) (Fig. 1). Questo sistema si estende dal Mar Ligure sino ad intersecare, verso nord, la faglia Breil-Sospel-Monaco (BSM), con trascorrenza sinistra, considerata lo svincolo orientale dell'arco di Nizza.

La dinamica attuale della zona continentale prossima al confine francese, imputabile al Plio-Quaternario, è determinata da numerosi sistemi di faglie attive, di cui la linea Breil-Sospel-Monaco, attiva dal Miocene medio-superiore, e la Saorge-Taggia, attiva dal Pliocene (Campredon *et al.*, 1977) rappresentano le principali espressioni.

Durante quest'ultimo periodo un regime di tipo trascorrente con σ_1 orientato mediamente in direzione N-S interessa tutto l'arco alpino meridionale, determinando un

insieme di sistemi in trascorrenza che deve essere messo in relazione con il movimento verso nord del blocco sardo-corso (Campredon *et al.*, 1977; Ritz, 1991).

La sismicità storica dell'area, come estratta dal catalogo NT 4.1 (Camassi & Stucchi, 1997), tende a concentrarsi nella parte meridionale della linea Saorge Taggia in prossimità del Mar Ligure. I valori di intensità sono mediamente inferiori al VII grado nella parte centrale della linea ST e superiori a tale valore nella parte più a sud. In particolare, il terremoto del 1831 e la sua replica principale, noti come terremoti di Bussana e di Taggia, rispettivamente di intensità pari a VI e VIII, sono stati localizzati nel settore SE della Saorge-Taggia. Le piccole dimensioni delle aree mesosismiche e le forti attenuazioni dell'intensità presentate dai terremoti qui localizzati sono indice di una piccola profondità dei fuochi sismici.

La sismicità strumentale (1985-1999), che è caratterizzata da scosse di bassa energia e da brevi sequenze, viene ad ubicarsi prevalentemente lungo i due lineamenti BSM e ST e si nota una forte concentrazione a NE della BSM e nel punto di intersezione tra i due sistemi di faglia (Fig. 1). Anche se nel periodo considerato, la magnitudo degli eventi è compresa tra 1.5 e 3.5 ed i massimi valori di energia corrispondono ai main shock di alcune sequenze, risulta molto evidente la correlazione tra la microsismicità e l'andamento della ST (Spallarossa *et al.*, 1997).

Si può dire, quindi, che la linea ST rappresenta un esempio di quasi perfetta sovrapposizione tra l'attività sismica recente e le evidenze strutturali di tale lineamento; i meccanismi focali, in generale, confermano la trascorrenza destra con orientazione NW-SE del piano di faglia e definiscono una immersione verso NE con inclinazione quasi verticale; nel settore settentrionale la direzione ed immersione degli assi P e T sembrano indicare una maggiore componente di tipo trassensivo (Fig. 4).

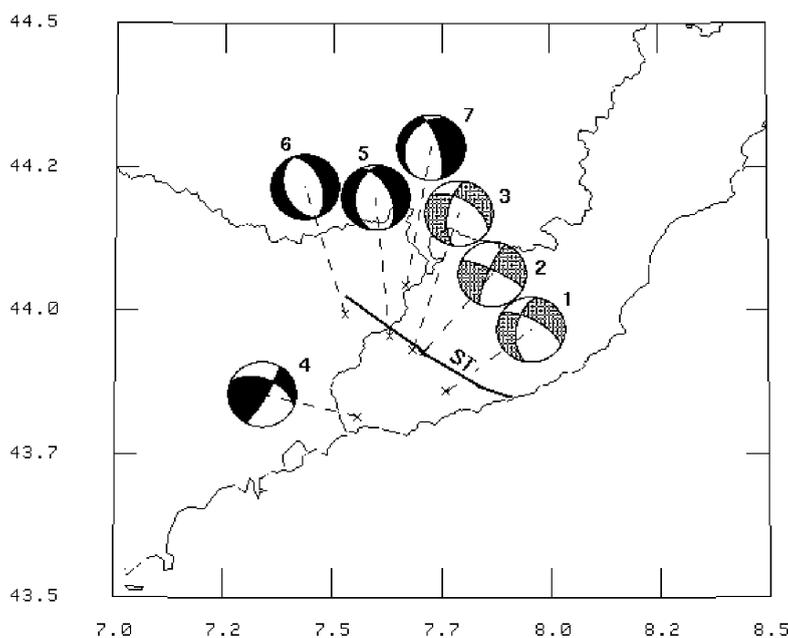


Fig. 4 - Mappa dei meccanismi focali dei principali terremoti verificatisi lungo la linea ST (Spallarossa *et al.*, 1997).

Può essere rilevante osservare che la linea ST non rappresenta l'unica struttura attiva, infatti l'evento di maggiore energia (21/04/1995 Md=4.9) rilevato in prossimità di Ventimiglia, ha interessato un'area spostata verso SW rispetto alla ST dove, dalle evidenze di superficie esiste una piccola faglia parallela a quest'ultima (evento n. 4 di Fig. 4). La soluzione focale e lo studio della sorgente (Courboulex *et al.*, 1998) confermano una corrispondenza con questa faglia indicando un meccanismo di sovrascorrimento con un'importante componente trascorrente; la faglia orientata NW-SE indica un più probabile movimento in direzione SE.

5 Associazione alle zone sismogenetiche degli eventi sismici principali

Come precedentemente discusso i due eventi principali che hanno interessato la Liguria occidentale sono il terremoto del Nizzardo del 1564 e quello del Mar Ligure del 1887. Entrambi gli eventi, per diversi aspetti, presentano delle difficoltà di localizzazione che possono mettere in discussione la loro appartenenza ad una zona sismogenetica piuttosto che ad un'altra. Nel primo caso l'area mesosismica abbraccia una zona piuttosto vasta e lascia parecchi margini di incertezza sull'assegnazione dell'epicentro. Nel secondo caso, tutto sta ad indicare che l'evento è in mare ma non si riesce a determinarne, anche se alcuni tentativi sono stati effettuati (Capponi *et al.*, 1980; Eva & Rabinovich, 1997), con sufficiente approssimazione la posizione focale.

Pertanto, sulla base di quanto visto precedentemente, i due terremoti sono stati associati rispettivamente al tratto terminale della ST, alla sua intersezione con la Breil-Sospel-Monaco, ed al fascio di strutture attive presenti al piede della scarpata continentale poco a sud di Imperia. Queste, dimensionalmente, appaiono le uniche strutture capaci di generare eventi di magnitudo comparabile a quella riportata dalla catalogazione.

6 Valutazione della pericolosità

Al fine di valutare in quale modo le stime di hazard potessero essere influenzate dalla nuova disposizione degli epicentri si è calcolato l'hazard sismico regionale. Per fare un test di sensibilità sono stati quindi utilizzati: due cataloghi sismici identici di cui uno teneva conto dello spostamento dei due terremoti; due zonazioni sismogenetiche di cui una rappresentava quella definita del GNDT e l'altra teneva conto dell'inserimento di una nuova zona sismogenetica comprendente l'area posta direttamente a Nord della zona 23 e confinante con la 22. Per entrambe le zonazioni veniva applicata la legge di attenuazione di Sabetta & Pugliese (1996), e successivamente veniva utilizzato il metodo di Cornell (SEISRISK III, 1987) per il calcolo dell'hazard sismico.

I risultati ottenuti, per un grigliato omogeneo con maglia di 0.015° che si sovrappone alle due zonazioni utilizzate, sono posti a confronto nelle due Figure 5 e 6. Le due figure mettono in risalto la notevole instabilità dei valori di PGA determinati lungo la

costa ligure.

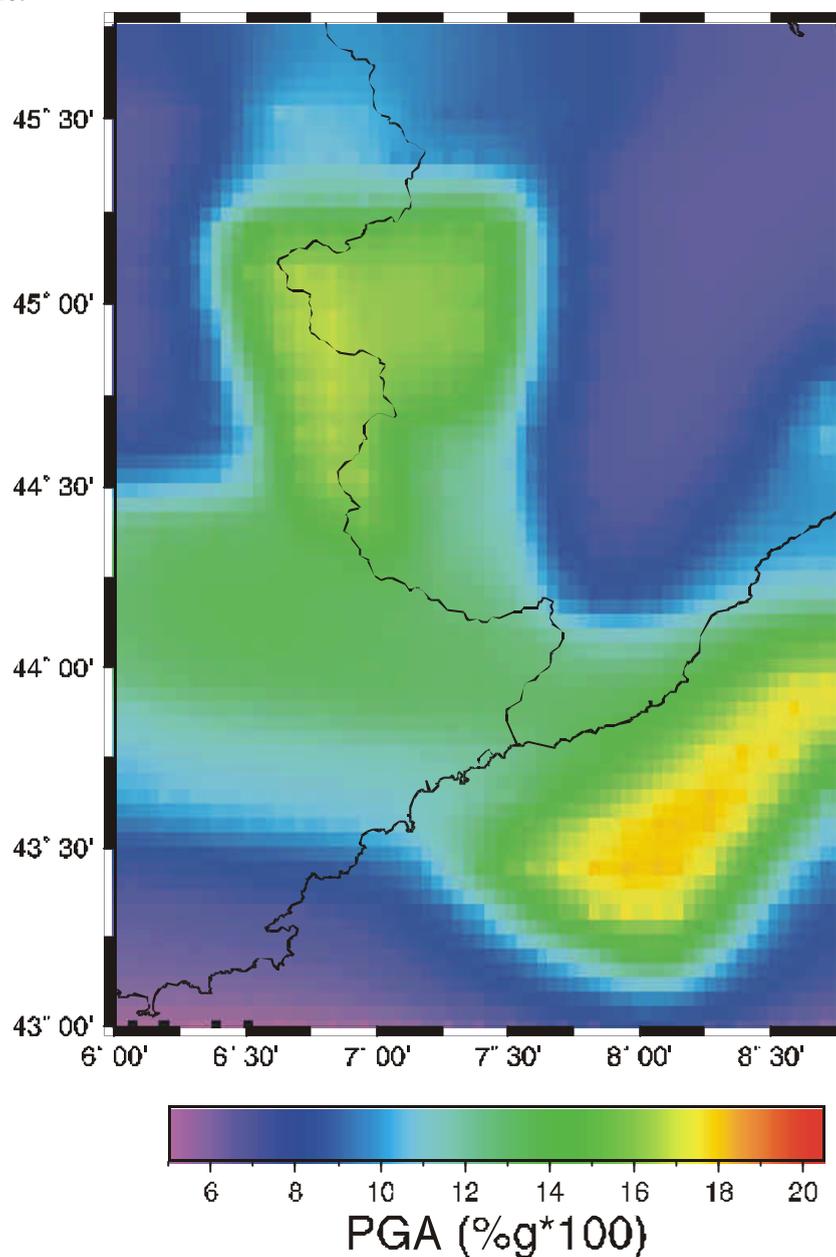


Fig. 5 - Accelerazione di picco per il periodo di ritorno di 475 anni. Stima ottenuta utilizzando localizzazioni alternative per gli eventi del 1887 (Mar Ligure) e del 1564 (Nizzardo)

7 Conclusioni

I risultati ottenuti evidenziano che una migliore localizzazione dei terremoti storici può in taluni casi derivare dall'approfondimento di aspetti sismotettonici. La necessità di tale approfondimento è, ovviamente, più stringente nelle aree costiere, ove gli epicentri marini vengono spesso associati con le aree di massimo risentimento. Va sottolineato inoltre che,

anche in assenza di una dettagliata conoscenza delle strutture sismogenetiche, la microsismicità, specie se monitorata con un elevato grado di risoluzione e per un tempo sufficientemente lungo, può dare un significativo contributo sia alla delimitazione di strutture attive sia al miglioramento delle analisi sui tassi di sismicità. Sulla base delle prove eseguite, questi due parametri risultano estremamente importanti nella scelta delle zone e strutture sismogenetiche da utilizzare ai fini dei computi di hazard, specie in aree a medio-bassa sismicità.

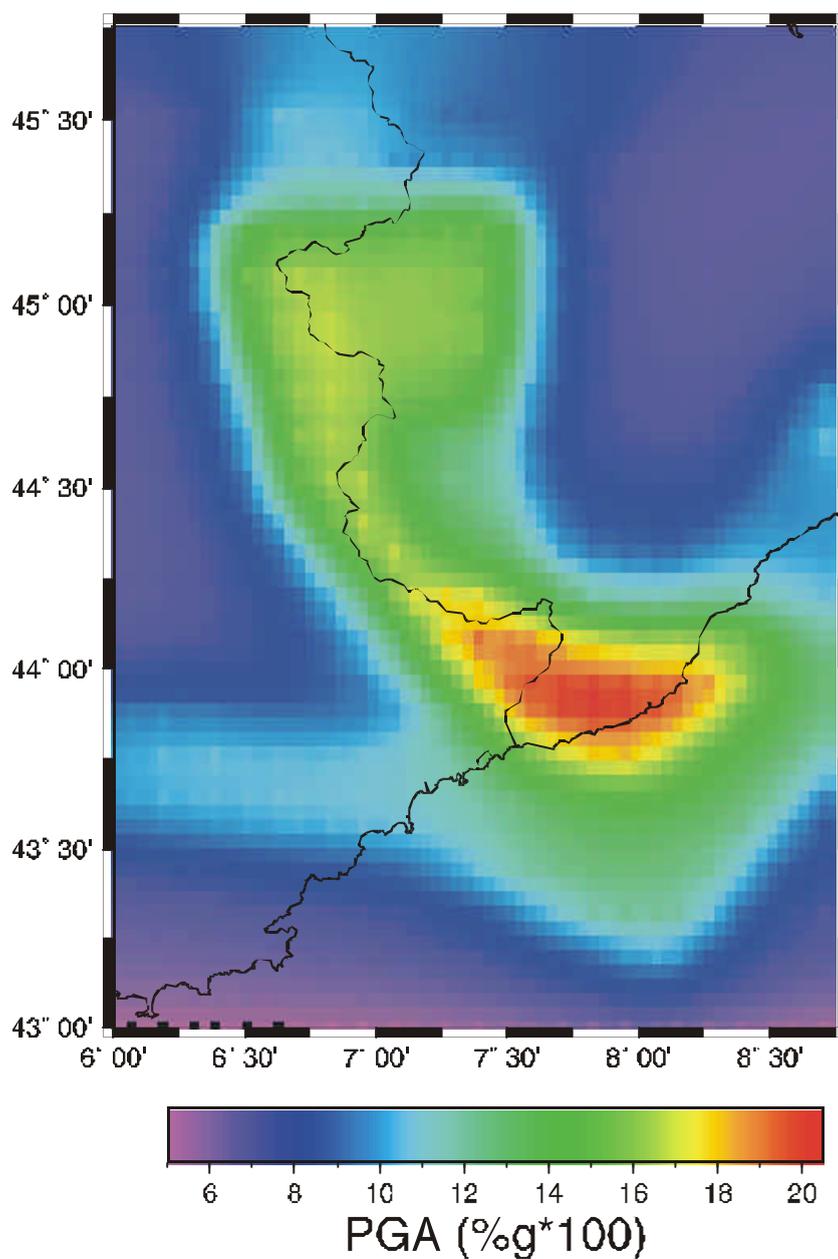


Fig. 6 - Accelerazione di picco per il periodo di ritorno di 475 anni. Stima ottenuta utilizzando le

Bibliografia

- Augliera P., Spallarossa D., Stucchi M. (1996): Confronto tra algoritmi di declustering: applicazione ai cataloghi NT e PFG. Workshop “Verso la definizione delle caratteristiche dei terremoti attesi”. Milano, 10-11 Ottobre 1996.
- Augliera P., Bethoux N., Deverchere J., Eva C. (1992): Il Mar Ligure: nuove evidenze sismotettoniche. *Atti 11° Conv. Naz. GNGTS-CNR*, Roma 9-11/12/1992: 91-94.
- Bender B., Perkins D.M. (1987): Seisrisk III: a computer program for seismic hazard estimation, *U.S. Geol. Surv., Bull.* 1772, 48 pp.
- Bethoux N., Cattaneo M., Delpech P.Y., Eva C., Rehault J.P. (1988): Mécanisme au foyers des séismes en mer ligure et dans le Sud des Alpes occidentales: résultats et interprétation. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 307: 71-78.
- Bossolasco M., Eva C. (1965): Il terremoto del 19 luglio 1963 nel Mar Ligure. *Geofis. e Meteor.*, **14**: 6-18.
- Capponi G., Cattaneo M., Merlanti F. (1985): The Ligurian Earthquake of february 23, 1887. PFG-CNR, *Atlas of isoseismal maps of Italian Earthquakes*: 100-103.
- Camassi R., Stucchi M (1997): NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno. Web page: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/NT/home.html>
- Cattaneo M., Augliera P., Spallarossa D., Eva C. (1997): Reconstruction of seismogenetic structures by multiplet analysis: an example of Western Liguria, Italy. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **87**: 971-986.
- Cattaneo M., Augliera P., Spallarossa D., Lanza V. (1999a): A waveform similarity approach to investigate seismicity patterns. *Natural Hazards* , **19** (2/3) : 123-128.
- Cattaneo M., Augliera P., Parolai S., Spallarossa D. (1999b): Anomalous deep earthquakes in Northwestern Italy. *Journal of Seismology* , **3** (4) : 421-435.
- Chaumillon E., Deverchere J., Rehault J.P., Gueguen E. (1994): Reactivation tectonique et flexure de la marge continentale ligure (Mediterranee Occidentale). *C.R. Acad. Sci. Paris*, **319**: 675-682.
- Courboux F., Deschamps A., Cattaneo M., Costi F., Deverchere J., Virieux J., Augliera P., Lanza V., Spallarossa D. (1998): Source study and tectonic implications of the 1995 Ventimiglia (border of Italy and France) earthquake ($M_L=4.7$). *Tectonophysics* , **290** (3/4): 245-257.
- Comprendon R., Franco M., Giannerini G., Gigot P., Irr F., Lanteaume M., Spini H, Tapoul J.F. (1977) : Les deformation de conglomérats pliocenes de l'arc de Nice. *C.R. Somm. Soc. Geol. Fr.*, **2**: 75-77.
- Eva C., P. Augliera, M. Cattaneo, S. Pastore, A. Tomaselli (1992): Sismotettonica dell'Italia Nord-Occidentale. *Atti del Convegno GNDT*, Pisa 25-27 Giugno 1990, **1**, Zonazione e riclassificazione sismica: 35-51.
- Eva C., Rabinovich, A.B. (1997): The February 23, 1887 tsunami recorded on the Ligurian coast, Western Mediterranean. *Geophys. Res. Lett.* , **24** : 2211-2214.

- Eva E., Chaumillon E., Deverchere J. (1993): Thickness of post-messinian sediments along the western Ligurian margin. *Atti 12° Conv. Naz. GNGTS-CNR*, Roma 24-26/11/1993: 549-558.
- Eva E., Solarino S., Eva C., Neri G. (1997): Stress tensor orientation derived from fault-plane solutions in the South-Western Alps. *J. geophys. Res.* , **102**: 8171-8185.
- Eva E., Solarino S. (1998): Variations of stress directions in the western Alpine arc. *Geophys. J. Int.* , **135**: 438-448.
- Eva E., Pastore S., Deichmann N. (1998). Evidence for ongoing extensional deformation in the western Swiss Alps and thrust faulting in the south western Alpine foreland. *Journal of Geodynamics* , **26** (1) : 27-43.
- Giammarino S., Giuffrè A., Cortelesi D., Scappini G. (1978): Dati preliminari sulla neotettonica di parte del Foglio 102 (San Remo) In: *Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia*. PFG-CNR, Pubbl. **155**: 381-390.
- Lanza V., Spallarossa D., Cattaneo M., Bindi D., Augliera P. (1999): Source parameters of small events using constrained deconvolution with empirical Green's functions. *Geophys. J. Int.* , **137** (3): 651-662.
- Ritz J.F. (1991): Evolution du champ de contraintes dans les Alpes du Sud depuis la fin de l'Oligocene. Implication sismotectoniques. Thèse de Doctorat, Univ. Montpellier II, 128 pp.
- Sabetta F., Pugliese A. (1996): Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motion, *Bull. Seism., Soc. Am.*, **86**: 337-352.
- Spallarossa D., Eva E., Solarino S., Eva C. (1997): La linea Saorge-Taggia: esempio di correlazione tra elementi tettonici e sismicità. *Il Quaternario* , **10**, 343-348.