

GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI
PROGRAMMA QUADRO 2000-2002

TEMA DI RICERCA: Tema 2 del Programma Quadro 2000-2002:
*SIMULAZIONE DI EVENTI SISMICI E SCENARI
DI DANNO IN AREE URBANE*

TITOLO DEL PROGETTO: *SCENARI DETTAGLIATI E
PROVVEDIMENTI FINALIZZATI ALLA PREVENZIONE SISMICA
NELL'AREA URBANA DI CATANIA*

**RELAZIONE SULL'ATTIVITÀ SVOLTA
NEL PRIMO ANNO (01/07/2000 – 30/06/2001)**

COORDINATORE SCIENTIFICO DEL PROGETTO
Prof. Ing. Michele Maugeri, Ordinario di Geotecnica
Università di Catania, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale
Viale A. Doria, 6; 95125 CATANIA – Italy
Tel. 095.7382205; Fax 095.7382247
e-mail: mmaugeri@dica.unict.it

1. PREMESSA

Il comitato di valutazione ha approvato il finanziamento del Progetto di Ricerca: scenari dettagliati e provvedimenti finalizzati alla prevenzione sismica nell'area urbana di Catania, riducendone tuttavia l'importo a carico del GNDT a £. 1.000.000.000 per il triennio. A seguito di tale decisione il Progetto è stato riformulato per un importo complessivo nel triennio di £. 1.600.000.000, di cui £. 1.000.000.000 a carico del GNDT e £. 600.000.000 per Borse di Studio a carico del Comune.

Nell'ottobre del 2000 è stato firmato il contratto di ricerca tra l'Istituto Nazionale di Geofisica (ora INGV) e l'Istituto di Strade Ferrovie ed Aeroporti dell'Università di Catania. Il contratto di ricerca prevedeva un finanziamento complessivo di £. 1.000.000.000, di cui £. 310.000.000 sono stati assegnati per l'attività del primo anno, con decorrenza retroattiva al 01/07/2000.

La somma corrispondente all'anticipo del 25% da corrispondere alla firma del contratto e quella pari al 35%, da assegnare entro il 2000, è stata di fatto versata al coordinatore all'inizio di dicembre 2000, per complessivi £. 186.000.000; essendo pervenuta tale somma dopo il termine di chiusura dei mandati di pagamento eseguibili dall'Università di Catania, non è stato possibile accreditare alle varie Unità di Ricerca le somme di loro pertinenza. All'inizio dell'anno 2001 l'Istituto di Strade Ferrovie ed Aeroporti ha cessato di esistere confluendo nel nuovo Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale. Tale Dipartimento non ha ancora la piena funzionalità amministrativa per cui non è stato fino ad oggi in grado di eseguire i mandati di accredito della somma spettante a ciascuna delle Unità di Ricerca. Tuttavia, tutte le Unità di Ricerca hanno compiutamente iniziato l'attività ed hanno fatto pervenire al Coordinatore brevi rapporti (circa una pagina) dell'attività svolta nel primo semestre dal primo luglio al 31 dicembre 2000.

La prima riunione per il coordinamento dell'attività di ricerca si è svolta presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Catania, sede del Coordinatore, in data 04/12/2000. A tale riunione, che è durata l'intera giornata, hanno partecipato tutti i Coordinatori delle Unità di Ricerca o loro delegati, ad eccezione della Unità di Ricerca dell'osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste (OGS), che a seguito di specifica richiesta era stata esentata dal Coordinatore alla partecipazione alla riunione.

Nel corso di tale riunione il Coordinatore ha illustrato gli obiettivi del Progetto nel triennio e nel primo anno di attività, sottolineando come un aspetto qualificante del Progetto sia quello di considerare non solo il rischio legato al singolo edificio ma anche quello di valutare il rischio del tessuto urbano nel suo complesso; altro aspetto peculiare per la valutazione del rischio nella città di Catania è quello legato alla presenza di cavità di tipo naturale e/o antropico, all'interno delle quali sono anche presenti beni archeologici e monumentali. Su tali argomenti si è convenuto di organizzare un dibattito pubblico, con la partecipazione delle organizzazioni professionali e degli enti destinatari del successivo trasferimento dei risultati.

A tal fine in data 16/03/2001 si è svolto presso l'Aula Magna della Facoltà di Ingegneria un Convegno sul tema: "Verso una città sicura: strumenti tecnici e normativi per la riduzione dei rischi in un'area ad elevata sismicità". Tale Convegno è stato organizzato in collaborazione con il Comitato Ordini Professionali della Provincia di Catania (che raggruppa gli Ordini degli: Ingegneri, Geologi, Commercialisti etc.), nonché sotto il patrocinio del Comune di Catania. Al convegno hanno partecipato, le autorità Regionali, Provinciali e Comunali ed i rappresentanti degli Ordini Professionali. Le relazioni sono state tenute dai partecipanti al progetto di ricerca, nonché dai rappresentanti degli Ordini Professionali e delle organizzazioni imprenditoriali.

Nell'Aprile del 2001 sono stati presi contatti con il Gruppo di Lavoro sull'isolamento sismico (GLIS) dell'Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica (ANIDIS) per collaborare alla realizzazione di un filmato sulle tecnologie antisismiche innovative. Tale filmato sarà presentato e distribuito alle organizzazioni professionali interessate.

Nel Luglio del 2001, e perciò dopo la fine del primo anno di attività è stata accreditata la restante somma del 40% pari a £. 124.000.000. Tale somma è in corso di accreditamento alle Unità di Ricerca.

È tuttavia da evidenziare che il Comune di Catania non ha ancora provveduto ad accreditare la somma di £. 600.000.000 per borse di studio, che pertanto non sono state ancora bandite.

2. ATTIVITÀ DELLE UNITÀ DI RICERCA NEL PRIMO SEMESTRE

L'attività dell'**Unità di Ricerca n. 1** (Responsabile Scientifico M. Maugeri) è stata articolata secondo vari gruppi di lavoro (GL) di cui si riporta sinteticamente l'attività ed è altresì documentata dalle pubblicazioni riportate nell'apposito elenco.

Il Gruppo di Lavoro n.1 Geofisica (U.R. n.1-GL1), responsabile Alberto Marcellini si è occupato degli aspetti teorici legati ad un modello probabilistico basato su parametri forniti da codici di calcolo di sismogrammi sintetici; tale Gruppo di Lavoro potrà avere piena funzionalità solo dopo l'elaborazione di un adeguato numero di accelerogrammi sintetici, perciò sarà attivo essenzialmente a partire dal secondo anno di ricerca.

Il Gruppo di Lavoro n.2 Geotecnica (U.R. n.1-GL2), responsabile Michele Maugeri, si è occupato di vulnerabilità del territorio, della vulnerabilità delle opere di sostegno e delle fondazioni superficiali, nonché della fragilità sismica connessa alla amplificazione locale in siti ove sono ubicati edifici monumentali, con particolare riferimento alle chiese. Per quanto riguarda la vulnerabilità del territorio, preliminarmente è stato esaminato lo scenario di rischio geotecnico sismico per la Sicilia Orientale. Sono stati altresì messi a punto modelli per l'analisi delle frane causate da terremoti. Sono state altresì individuate due potenziali frane che riguardano le località di Monte Po e San Giorgio. Per quest'ultima, è stata operata una modellazione di tipo pseudo-statico dei fenomeni deformativi in corso e della loro possibile evoluzione in caso di sisma. Sono state messe a punto procedure per la microzonazione dei movimenti del terreno sulla base della valutazione della amplificazione sismica locale. Tali procedure sono state preliminarmente applicate alla città di Fabriano danneggiata dal terremoto dell'Umbria-Marche del 1997-98, al fine di valutare la rispondenza con la zonazione del danno effettivamente verificatosi. Al fine di valutare in una maniera più realistica gli effetti dell'amplificazione sismica locale, sono state eseguite prove di colonna risonante e di taglio ciclico per l'analisi del comportamento non lineare del terreno. È stata indagata inoltre la vulnerabilità delle opere di sostegno mediante prove sperimentali su tavola vibrante. Sulla base dei risultati di tali prove, sono stati messi a punto modelli dinamici di comportamento dei terreni, con l'obiettivo di prevedere il comportamento sismico di opere di sostegno in vera grandezza, dal quale dipende, unitamente al comportamento sismico dei pendii, la vulnerabilità del sistema viario. Sono state messi a punto modelli per l'analisi del rischio sismico di frana in pendii costituiti da terreni non coesivi saturi considerando anche l'incremento di pressione neutra, che può condurre a fenomeni di "Lateral flow", che si sono manifestati nel recente terremoto del 1999 verificatosi in Turchia. Sono state altresì eseguite prove su tavola vibrante per la modellazione del comportamento delle fondazioni superficiali al fine di valutare in modo più realistico il fenomeno di interazione terreno-struttura per edifici in vera grandezza, e di individuare le possibili tipologie di intervento per il miglioramento sismico delle fondazioni. Le prove su tavola vibrante sono state altresì eseguite per valutare sperimentalmente l'amplificazione sismica in superficie di un deposito non coesivo. I risultati ottenuti da tale sperimentazione sono stati confrontati con quelli forniti da un codice di calcolo monodimensionale sviluppato dai ricercatori dell'Università di Catania, afferenti alla ricerca. Infine è stata analizzata la pericolosità geotecnica sismica nella città di Catania con particolare riferimento alle località in cui sono ubicati gli edifici di rilevanza storico-culturale. È stato valutato il rischio geotecnico sismico di circa cento chiese, connessa alle condizioni locali del terreno di fondazione. In modo più approfondito sono stati studiati i siti dove sorgono la Chiesa di S. Nicola La Rena e la Chiesa della Purità.

Il Gruppo di Lavoro n.3 Cavità (U.R. n.1-GL3), responsabile Emanuele Lo Giudice, è stato molto attivo, avendo proceduto in collaborazione con il Centro di Speleologia Etneo (CSE) all'ispezione della cavità sottostante una palazzina all'interno dell'area del Porto di Catania, nonché all'ispezione di alcune cavità poste al di sotto della piazza Duomo, una delle quali contiene le Terme Achillee, nonché una cavità nella zona di via Plebiscito, nel passato adibita anche a rifugio antiaereo. Le cavità del sottosuolo del centro urbano di Catania sono state distinte in cavità naturali e cavità artificiali. Queste ultime sono state suddivise in cisterne o pozzi e gallerie di emungimento; cave generate da attività estrattiva di "ghiara" o "agghiara"; cavità e strutture archeologiche o storiche. Dall'analisi di tali cavità è stato individuato un elevato livello di pericolosità e di rischio in relazione alle strutture esistenti nel centro urbano nonché in relazione alla conservazione dei beni archeologici e storici presenti all'interno delle cavità o ad esse sovrastanti.

Il Gruppo di Lavoro n.4 Infrastrutture Stradali (U.R. n.1-GL4), responsabile Salvatore Cafiso, si è occupato essenzialmente dell'impostazione metodologica e della selezione e reperimento dei riferimenti bibliografici sia nazionali sia internazionali. È stata definita la cartografia di base per l'individuazione e catalogazione del sistema viario della provincia di Catania in un Sistema Informativo Territoriale. Poiché Catania rappresenta sia un'area urbana ad alto rischio sismico e quindi punto di destinazione dei soccorsi esterni ma anche un punto di origine verso i centri minori della Provincia, in quanto centro di riferimento delle attività logistiche della protezione civile provinciale, sono state individuate le reti stradali extraurbane che garantiscono i collegamenti dell'area urbana di Catania con gli altri centri abitati della Provincia e con i principali centri di riferimento per la Protezione Civile a livello Regionale.

Il Gruppo di Lavoro n.5 Sismicità Storica (U.R. n.1-GL5), responsabile Emanuela Guidoboni, è stato interessato dal Coordinatore allo studio del periodo di ritorno dei terremoti di scenario. Tale aspetto potrebbe essere più rilevante di quello connesso allo studio dei danni subiti da alcuni monumenti e/o edifici monumentali in occasione dei forti terremoti verificatisi in passato nella città di Catania. Per quanto riguarda la sismicità archeologica è stata avviata una collaborazione con la Dott.^{ssa} Mariagrazia Branciforti della Unità Operativa presso la Soprintendenza ai Beni Culturali ed Ambientali di Catania.

L'Unità di Ricerca n.2 (U.R. n.2), responsabile Giuseppe Oliveto, si è occupata della formulazione di tecniche per la valutazione puntuale della resistenza sismica e della vulnerabilità di edifici in cemento armato costruiti in assenza di normativa antisismica. Più in particolare, sulla base dei dati progettuali e/o di valutazioni qualitative delle caratteristiche dei materiali (conglomerato cementizio ed acciaio), è stato costruito un modello tridimensionale di un edificio in cemento armato; sullo stesso sono state condotte analisi dinamiche lineari tese alla determinazione delle caratteristiche dinamiche ed alle analisi statiche non lineari, tese alla valutazione della capacità di resistenza ultima e della dissipazione di energia. I risultati delle suddette analisi sono stati utilizzati per valutare quantitativamente la vulnerabilità dell'edificio, con riferimento al terremoto atteso, con riferimento alla proposta di normativa CNR-GNDT del 1985 ed all'Eurocodice 8. La capacità di resistenza sismica ultima è stata valutata con due metodi alternativi di cui uno suggerito dalla Federal Emergency Management Agency (FEMA) ed un altro originale appositamente elaborato. La suddetta resistenza sismica è stata valutata in termini di accelerazione massima del terreno per i tre tipi di suolo specificati dalle normative. La vulnerabilità è stata invece determinata per i tre livelli di sismicità specificati dalla proposta di normativa CNR-GNDT e per i tre tipi di suolo prima considerati.

L'Unità di Ricerca n.3 (U.R. n.3), responsabile Giuseppe Dato, si è occupata dell'analisi di vulnerabilità sismica della struttura urbana di Catania, intesa come insieme di relazioni tra ambiti costruiti (attrezzature ed aree attrezzate per la produzione, lo scambio ed il "consumo" di beni e

servizi) e spazi urbani di collegamento (rami). Ciò allo scopo di definire i motivi prevalenti di sovraesposizione della popolazione (in ciascuno spazio urbano vuoto) in dipendenza delle attività esercitate negli ambiti costruiti (pieni). Sono state all' uopo individuate, le principali tipologie di attività economiche, e definite specifiche schede di valutazione, come riportato a scopo dimostrativo nelle apposite schede compilate. I punteggi assegnati alle cinque categorie di giudizio (anno di costruzione del manufatto dov'è allocata l'attività, n.ro di utenti/ora, funzione della strada, concomitanze di analoghe attività nel raggio di 300 m., vulnerabilità complessiva), pur seguendo scale di vario passo, hanno il limite superiore di 50, che è anche indice di massimo rischio. Per quanto riguarda la valutazione della vulnerabilità complessiva si è tenuto conto dei seguenti fattori: organizzazione delle strutture verticali (elementi significativi sono la presenza e l'efficacia dei collegamenti fra pareti ortogonali); natura della strutture verticali (materiali utilizzati e loro stato); posizione dell'edificio e tipo di fondazioni; distribuzione degli elementi resistenti; regolarità della pianta; regolarità in elevazione; orizzontamenti; copertura (spingente o portante); particolari (presenza di appendici o aggetti); stato di fatto ed evidenti interventi di miglioramento o manutenzione effettuati; accorpamenti. Colori digradanti riportati su apposite mappature consentono la lettura sinottica della localizzazione dei manufatti dove si svolgono le attività, dell'entità di frequentazione specifica, dei valori espositivi e di rischio che ne derivano e dei caratteri di vulnerabilità edilizia, in relazione anche alle particolari funzioni assegnate agli spazi urbani (di attraversamento strategico, o a traffico locale).

L'Unità di Ricerca n.4 (U.R. n.4), responsabile Giuseppe Lombardo, ha studiato la risposta sismica e la valutazione di scenari dettagliati di danno nell'area urbana della Città di attraverso la realizzazione dei seguenti obiettivi:

- indagini geologico-geofisiche per un'accurata definizione dei parametri sorgente dei terremoti caratteristici dell'area (1693 e 1818), con definizione sperimentale del coefficiente Q e successiva generazione di sismogrammi sintetici.
- rilevamento geologico di dettaglio dell'area urbana di Catania, con sondaggi geognostici e stendimenti di sismica a rifrazione (ove necessari), al fine di ottenere profili stratigrafici dettagliati per i primi 30 m di terreno.
- realizzazione di circa 300 misure di microtremore, da analizzare con tecniche di rapporti spettrali, nonché simulazioni, con metodologie numeriche classiche e nuove tecniche, volte a definire l'amplificazione del moto del suolo e le risposte di sito anche in presenza di eterogeneità a piccola scala (lenti a bassa velocità, cavità sotterranee).
- registrazione di dati sismologici mediante l'utilizzo di 5-6 stazioni digitali multicomponenti a larga banda per valutare le risposte di sito.
- verifica dei risultati ottenuti mediante le indagini sul noise e le varie modellazioni, tramite sia l'analisi dei dati relativi al danneggiamento provocato da terremoti storici e recenti, sia l'elaborazione dei dati registrati dalle stazioni installate.

Come già precisato nelle precedenti relazioni, va ribadito che, la significativa contrazione dei finanziamenti assegnati e la successiva redistribuzione all'interno delle varie unità componenti il progetto, hanno fatto sì che il finanziamento attribuito sia stato complessivamente di £. 23.000.000, di cui a tutt'oggi è disponibile solo il 60%. Si è resa quindi necessaria una drastica rivalutazione della quantità degli obiettivi pianificati per il primo anno del progetto di ricerca. I componenti l'U. R. 4 hanno di conseguenza ritenuto opportuno concentrare gli sforzi su un approccio metodologico realizzato su aree campione all'interno dell'area urbana di Catania.

Lo stato di avanzamento del presente programma può essere quindi così sintetizzato:

1) sono proseguite le simulazioni dello “strong ground motion” prodotto nell’area urbana da diversi terremoti di scenario, confermando in parte i risultati già pubblicati. Sono state terminate le analisi ed interpretazioni di un dataset di registrazioni di microtremiti, i cui risultati sono stati oggetto di pubblicazione.

2) sono state realizzate ed analizzate numerose nuove campionature dei microtremiti, su siti diversi sia litologicamente che per la presenza di particolari strutture geologiche o cavità, e sono state realizzate misure in alcuni edifici storici e di civile abitazione.

3) è in fase di realizzazione un rilievo geologico di dettaglio, in una parte dell’area del centro storico di Catania.

4) sono state installate, in collaborazione con ricercatori dell’INGV, cinque stazioni sismiche multicomponenti a larga banda ed è in fase avanzata l’elaborazione ed interpretazione dei dati acquisiti.

I risultati relativi ai dati raccolti di cui ai punti 2) e 4) sono in fase di stampa. E’ inoltre in corso di realizzazione l’integrazione dei dati geologici e geofisici, raccolti con le suddette tecniche, al fine di elaborare un breve profilo, che interessa una parte del centro storico della città. Il profilo, per motivi contingenti, interessa solo una piccola parte del centro urbano ed evidenzierà le caratteristiche geologiche dei primi 30 metri e le relative risposte di sito.

I componenti dell’U.R. auspicano che si avvii al più presto una discussione all’interno delle varie unità partecipanti al progetto di ricerca, volta a rivedere gli obiettivi in vista della continuazione del programma e di una eventuale richiesta di nuovi e significativi finanziamenti.

L’Unità di Ricerca n.5 (U.R. n.5), responsabile Giuseppina Immè, si è dedicata alla raccolta di dati bibliografici ed alla messa a punto di codici di calcolo. Per quanto riguarda il primo punto, particolare rilevanza è stata data all’analisi delle informazioni elaborate nell’ambito della prima fase del “Progetto Catania”, coordinata da E. Faccioli. Inoltre si è operata una raccolta di notizie storiche relative agli eventi sismici del 1693 e del 1818. In merito al secondo punto, sono state implementate e testate opportune routines atte a: determinare le proprietà di dispersione delle onde superficiali contenute in accelerogrammi; simulare sismogrammi completi in strutture elastiche ed anelastiche di tipo 1-D; invertire le curve di dispersione sperimentali mediante procedure altamente non lineari, combinando opportunamente i metodi “Monte Carlo” e “trial and error”, al fine di determinare le proprietà (velocità V_s e spessori dei diversi strati) delle sezioni sismo-stratigrafiche oggetto d’analisi; simulare il processo di rottura su faglia estesa approssimando quest’ultima ad una sorgente di superficie corrispondente al piano di faglia da cui ha origine la nucleazione principale. E’ stata adottata l’approssimazione della somma di un numero finito di sorgenti puntiformi, opportunamente ritardate nel tempo secondo i tempi di propagazione della rottura e pesate in modo da tenere conto della modalità di rilascio energetico lungo la faglia.

L’Unità di Ricerca n.6 (U.R. n.6), responsabile Carlo Gavarini, si è occupata della stesura di un Codice di Pratica per l’adeguamento sismico degli edifici in c.a., costruiti prima del 1981, quando ancora Catania non era ancora stata dichiarata zona sismica. Tale Codice di Pratica è di interesse strategico in quanto la maggior parte del patrimonio edilizio della città di Catania è stato costruito in assenza di norme sismiche perciò si rende necessario un miglioramento sismico delle strutture. Un primo documento contenente i criteri per la redazione del Manuale dal titolo: “LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PROGETTI ESECUTIVI CONCERNENTI INTERVENTI DI PROTEZIONE SISMICA DI EDIFICI IN CEMENTO ARMATO DI CATANIA” è stata presentata alla riunione del 4 dicembre 2000.

L'Unità di Ricerca n.7 (U.R. n.7), responsabile Gaetano Zingone, ha sviluppato l'attività di ricerca sui temi: a) l'individuazione di edifici monumentali; b) l'esecuzione di prove di identificazione strutturale.

Per quanto riguarda il tema a), è stato effettuato il censimento delle opere monumentali appartenenti all'area urbana di Catania. Sulla base dei dati raccolti e tenuto conto che la tipologia di maggiore diffusione è rappresentata dalle Chiese, si è ritenuto opportuno focalizzare l'attenzione su questa classe di opere, che certamente, a meno di valutazioni più accurate, presentano maggiore vulnerabilità in ragione delle caratteristiche intrinseche dell'organismo strutturale. Fra la molteplicità di Chiese presenti sono state individuate quelle che presentano maggiore rischio. Su queste Chiese è in atto la raccolta di materiale bibliografico per attingere informazioni sulla geometria strutturale, sui materiali impiegati, su eventuali danni subiti in passato a causa di precedenti eventi sismici, sugli interventi effettuati. A tal fine si è fatto riferimento agli archivi degli enti pubblici di competenza. Inoltre, a completamento delle informazioni reperibili attraverso il materiale cartaceo esistente, saranno effettuati opportuni rilievi in sito. L'acquisizione delle suddette informazioni è fondamentale per attivare la procedura di valutazione quantitativa della vulnerabilità, basata su modelli di calcolo quanto più possibile completi e quindi caratterizzati da: un'adeguata geometria strutturale; adeguate leggi costitutive per i materiali; idonee leggi per la definizione delle azioni esterne. Per l'acquisizione e la catalogazione delle suddette informazioni, si è reso necessario mettere a punto una scheda calibrata sulle Chiese del patrimonio monumentale della città di Catania: in particolare la scheda sintetizza la geometria, le caratteristiche dei materiali impiegati, lo stato di degrado. La scheda consente di acquisire dati di carattere generale riguardanti l'intera struttura e di carattere locale, relativamente al comportamento delle singole unità strutturali (macroelementi). L'elaborazione dei dati introdotti nella scheda consente anche di determinare un indice di vulnerabilità rappresentato da un numero compreso nell'intervallo 0-1. In tal modo sarà possibile classificare le Chiese esaminate e quindi approfondire le indagini di dettaglio rivolgendosi a campioni di maggiore vulnerabilità.

Per quanto riguarda il tema b), per la valutazione della vulnerabilità si richiedono idonei modelli di calcolo per la formulazione dei quali è opportuno fare ricorso alle moderne tecniche d'identificazione strutturale. Attraverso tali tecniche infatti, seppur coi limiti che esse presentano, è possibile pervenire a modelli di calcolo di maggiore rispondenza rispetto a quelli basati sulle sole caratteristiche geometriche e meccaniche dedotte attraverso prove di laboratorio. L'identificazione strutturale richiede prove di carattere vibrazionale in sito per il rilievo della risposta della struttura in termini di spostamenti, accelerazioni e velocità. I parametri che definiscono il modello di calcolo possono essere calibrati in modo che, a parità di input, il modello suddetto restituisca la stessa risposta. Tali prove, richiedendo un notevole impegno organizzativo ed economico, non potranno essere effettuate su un numero esteso di campioni. Per quanto attiene i metodi di calibrazione dei parametri relativi ai modelli di calcolo, si sta in atto mettendo a punto una procedura rivolta nel contempo sia ai parametri che definiscono la rigidità strutturale che a quelli che definiscono le modalità di dissipazione di energia. Le tecniche presenti in letteratura consentono infatti allo stato attuale di valutare soltanto i parametri correlati alla rigidità strutturale. Secondo la procedura in elaborazione, nella stima di tali parametri si ipotizza che l'input esterno utilizzato durante le prove vibrazionali (rumore ambientale) possa essere modellato come un rumore bianco gaussiano, cioè caratterizzato da una densità spettrale di potenza costante.

Non è stato possibile dare corso al tema b), che prevede delle prove in sito di carattere vibrazionale e la disponibilità di somme adeguate, in ragione del ritardo con cui sono stati trasferiti i fondi concessi. Si è ritenuto opportuno pertanto proseguire l'attività di ricerca cominciando ad affrontare i problemi relativi al punto B7 riguardanti "La valutazione della vulnerabilità e/o della resistenza sismica di edifici monumentali". Ciò non ha comportato alcun sovvertimento circa gli obiettivi prefissati in quanto i risultati ottenuti in questa fase costituiscono elementi essenziali per una più attenta e mirata esecuzione delle prove di identificazione che saranno al più presto eseguite.

L'attività di ricerca per il primo anno si riferisce sostanzialmente alla valutazione della vulnerabilità e/o della resistenza sismica degli edifici monumentali.

In assenza di dati sperimentali, che dovranno essere reperiti attraverso prove dinamiche in sito, ci si è limitati ad affrontare il problema, utilizzando gli elementi in possesso, al fine di:

- definire una classificazione tipologica delle 70 chiese prese in considerazione;
- determinare i livelli di vulnerabilità di primo approccio con riferimento alla classificazione effettuata.

Con riguardo alla classificazione tipologica, i dati assunti a base del procedimento sono stati quelli geometrici e tutti gli altri elementi caratterizzanti il tipo di chiesa, deducibili dai grafici e dai dati riportati nelle schede di rilevamento compilate dal personale afferente ai LSU.

Si è così riusciti a definire un numero ridotto di classi di appartenenza.

Con riferimento alle suddette classi ed utilizzando le schede di vulnerabilità, oggetto dell'attività di ricerca svolta nel 1° semestre, si è riusciti a definire i livelli di pericolosità sismica di ciascuna chiesa e stabilire quindi una scala di priorità.

I risultati cui si è pervenuti si ritengono particolarmente utili per la scelta dei campioni e del campione (in base al costo dell'operazione da eseguire e dei fondi assegnati) su cui effettuare le prove di carattere meccanico: prove non distruttive per il rilevamento delle caratteristiche resistenti dei materiali; prove vibrazionali per il rilievo delle caratteristiche dinamiche.

Con riferimento al secondo aspetto contemplato al punto B7, correlato alla resistenza sismica degli edifici in esame, l'attività di ricerca è stata indirizzata all'analisi dei problemi di base che condizionano il comportamento e l'efficacia degli interventi migliorativi ad effetto antisismico, oggetto degli obiettivi finali di cui al punto B13.

Precisamente l'indagine è stata rivolta:

- allo studio dei fenomeni di delaminazione tra la muratura e gli elementi di rinforzo;
- alla individuazione di interventi migliorativi compatibili con le esigenze di tipo conservativo e reversibile, dettati dagli interessi architettonici dell'opera.

Per quanto attiene i fenomeni di delaminazione, il problema è stato affrontato sia per via teorica che sperimentale, rivolgendo particolare attenzione al rinforzo di murature in conci di calcarenite, mediante l'impiego di tessuti in fibre di carbonio (CFRP).

Dal punto di vista teorico e facendo ricorso ad una discretizzazione agli elementi finiti, si è riusciti ad inquadrare il problema al fine di potere valutare l'incidenza dei vari parametri in gioco con riguardo alla lunghezza utile di ancoraggio ed al valore del carico critico che determina il distacco.

Collateralmente sono state effettuate delle prove di laboratorio sottoponendo dei provini di calcarenite rinforzati con CFRP, a trazione diretta e trazione per flessione.

I risultati ottenuti per via sperimentale verranno utilizzati per istituire un utile raffronto con i risultati teorici. L'indagine, piuttosto complessa e che si intende estendere ad un congruo numero di prove, è tutt'ora in corso.

Con riguardo alla individuazione di interventi migliorativi ad effetto antisismico sono stati presi in considerazione:

- l'impiego di vincoli ad effetto provvisorio da collocare in corrispondenza degli appoggi delle capriate o torri di copertura per assicurare un intimo collegamento tra le pareti di solito molto snelle ed interessate da un elevato indice di aperture;
- l'impiego di controventi costituiti da funi di acciaio speciale di piccolo diametro;
- la realizzazione di cordoli perimetrali a confinamento delle pareti in muratura.

Di questi vari tipi di intervento, l'analisi intrapresa è stata prevalentemente orientata allo studio dei fenomeni connessi al comportamento globale e ai fenomeni di interazione localizzati attraverso opportune metodologie di calcolo agli E.F.

L'Unità di Ricerca n.8 (U.R. n.8), responsabile Giuliano Panza, dovrà sviluppare i tasks A-13, A-14 ed A-15.

Nella prima fase del progetto era prevista una stretta collaborazione con l'U.R. 5, a cui l'U.R. n.8 doveva fornire il supporto tecnico-informatico necessario. L'U.R. 5 doveva effettuare la simulazione del processo di rottura su faglia estesa approssimando la sorgente, costituita dalla scarpata ibleo-maltese (che dai risultati ottenuti dal "Progetto Catania" (Coordinatore E. Faccioli) ha originato il terremoto del 1693), con una sorgente con superficie corrispondente al piano di faglia da cui ha origine la nucleazione principale. A tal fine, l'UR 8 ha sviluppato e/o perfezionato i programmi di calcolo per la generazione delle onde sismiche (Panza et al., 2001) a partire da una sorgente estesa. In particolare sono stati seguiti due approcci.

1) La sorgente estesa viene approssimata come una superficie corrispondente al piano di faglia da cui ha origine la nucleazione principale; i sismogrammi vengono calcolati nell'approssimazione della somma di sorgenti puntiformi col metodo della somma multimodale. Alla stazione i sismogrammi sono ottenuti sommando i segnali, relativi a ciascuna sorgente puntiforme, opportunamente ritardati nel tempo secondo i tempi di propagazione della rottura e pesati in modo da tenere conto delle modalità del rilascio di energia lungo la faglia.

2) Viene applicata una modellazione semplificata della sorgente estesa appropriata per effettuare studi parametrici per caratterizzare il moto atteso al bedrock. Il metodo proposto si basa sulla modellazione di una linea di sorgenti e presenta al suo interno una componente stocastica che consente di costruire uno spettro (di ampiezza e di fase) della funzione di sorgente che tiene conto sia del processo di rottura che degli effetti di direttività. In tal modo è possibile svolgere in maniera speditiva uno studio parametrico del moto del suolo (nel dominio dei tempi e delle frequenze) considerando le influenze relative associate ai parametri di sorgente (geometria, modalità di rilascio etc.). Tale modellazione della sorgente estesa è stata testata congiuntamente alle tecniche di calcolo di sismogrammi sintetici in mezzi anelastici lateralmente eterogenei, consentendo la caratterizzazione teorica degli effetti di sito tramite tecniche numeriche. Il supporto tecnico-informatico predisposto viene mantenuto operativo ed a disposizione dell'U.R. 5.

Task A-3

Nel territorio comunale di Catania affiorano terreni di natura sia sedimentaria che vulcanica, di età compresa tra il Pleistocene inferiore-medio e l'Olocene. I terreni prevalenti sono costituiti da diverse formazioni: sabbie e conglomerati (Formazione delle Terreforti); colate laviche che interessano gran parte dell'abitato della città di Catania e vengono attribuite, nella quasi totalità, ai prodotti eruttivi del Mongibello Recente, le rimanenti vulcaniti affioranti sono invece ascrivibili ai centri eruttivi alcalini antichi; sabbie costiere costituenti la spiaggia della Playa (sabbie medio-fini piuttosto uniformi); limi ed argille costituenti le alluvioni attuali e recenti che occupano gran parte della piana di Catania; terreni di riporto presenti su tutto il territorio con spessori maggiori nelle vicinanze delle aree urbanizzate. Il bedrock è posto a circa 60m di profondità ed è costituito dalle argille grigio-azzurre, il cui grado di plasticità aumenta con la profondità.

Al fine di caratterizzare i litotipi più rappresentativi, nella città di Catania sono state condotte indagini sismiche in quattro siti: Spiaggia della Playa (sabbie costiere), S. Giorgio Alto (Formazione delle Terreforti), Nesima Superiore (lave del 1669 del Mongibello Recente) ed ex quartiere San Berillo (lava Larmisi appartenente alle vulcaniti del Mongibello Preistorico). Sulla base dei risultati sin qui acquisiti (Nunziata et al, 1999, Romanelli e Vaccari, 1999; Romanelli et. al, 1998) si pensa di studiare a Catania altre particolari situazioni geologiche, tipo la presenza di cavità nel sottosuolo, che possono causare effetti di amplificazione locale. Ciò richiederà misure sismiche superficiali da correlare anche a misure in foro di tipo down-hole.

Misure delle velocità sismiche di taglio saranno effettuate in corrispondenza di siti geologicamente rappresentativi del sottosuolo della città di Catania. La scelta di tali siti sarà concertata con la U.R. 1 – Gruppo di Lavoro Geotecnica (GL2). I segnali sismici verranno generati con l’impatto sul terreno di una massa di circa 30kg e acquisiti con geofoni verticali ad 1.0 e 4.5 Hz. I profili in profondità di velocità V_s verranno ottenuti dallo studio della dispersione delle velocità di gruppo delle onde di Rayleigh generate con l’impatto. L’analisi dei segnali verrà effettuata con il metodo FTAN basato sull’analisi bidimensionale tempo-frequenza del segnale che permette la separazione dei singoli modi di propagazione partendo dal segnale completo. Questo metodo è particolarmente efficace nelle aree urbane perché è sufficiente un solo ricevitore. Per l’inversione della curva di dispersione in termini di profili di velocità V_s verrà utilizzato il metodo non lineare Hedgehog. Un modello strutturale, che non è noto, è caratterizzato da un insieme di parametri (velocità sismiche di taglio e di compressione e densità degli strati) e la sua determinazione si ottiene attribuendo dei valori numerici ai parametri. Cambiando alcuni parametri in modo sistematico, si calcolano le velocità di fase e/o di gruppo. Queste velocità teoriche vengono poi confrontate con quelle sperimentali. Se l’errore sull’intero set di dati è minore di un valore definito a priori sulla base della qualità dei dati e se, ad una data frequenza, per nessuna velocità calcolata lo scarto dalla corrispondente velocità misurata è maggiore di un errore assegnato che dipende dall’accuratezza delle misure, il modello viene accettato come soluzione.

Infine, è possibile avere una stima grossolana del fattore di qualità Q attraverso il confronto dei sismogrammi sperimentali con quelli sintetici completi calcolati, con la tecnica della somma dei modi, per valori estremi di Q . Questo approccio è applicabile quando vengono eccitati non solo il modo fondamentale ma anche i modi superiori. Infatti il confronto tra dati sintetici e sperimentali è basato sull’ampiezza relativa del modo fondamentale e dei modi superiori e rimuove la condizione, quasi mai soddisfatta, di avere ricevitori ben calibrati in ampiezza.

La realizzazione delle misure è subordinata al supporto finanziario da parte della U.R. 1 (Prof. Maugeri), necessario per rendere operativo il gruppo che fa capo alla Dr. Nunziata.

L’Unità di Ricerca n.9 (U.R. n.9), responsabile Enrico Priolo, ha sviluppato la ricerca su due temi distinti. Tema 1 (F. Pettenati): Inversione di piani quotati macrosismici aggiornati, per la migliore individuazione della sorgente. Inversioni non vincolate con il modello KF di alcuni eventi sismici della Sicilia sud-orientale mediante l’esplorazione di tutte le soluzioni derivanti dal calcolo combinatorio (grid search). Studio di una tecnica di inversione con l’uso degli algoritmi genetici. Tema 2 (E. Priolo): Simulazione di eventi sismici e risposta locale a Catania e nelle aree limitrofe. Modellazione della registrazione del terremoto di Augusta del 13 dicembre 1990 presso la stazione ENEA-ENEL di Catania. Simulazione della risposta sismica di alcuni siti strumentati nei Comuni di Catania e Paternò. Interpretazione ed analisi integrata di dati di rumore sismico per la valutazione della risposta di sito.

Nell’ambito del primo tema sono stati ottenuti per il primo anno i risultati di seguito riportati.

Nel Progetto Catania del Piano Triennale precedente (Sirovich et al., 2000), sono state proposte le inversioni per la sorgente, con il modello KF; (Pettenati et al., 1999) di alcuni degli eventi sismici principali della Sicilia sud-orientale, con parametri vincolati su ipotesi di sorgente e dati geologici/geofisici proposti in letteratura. In questo Progetto sono state sperimentate, sugli stessi eventi e su altri scelti, inversioni non vincolate mediante l’esplorazione di tutte le soluzioni derivanti dal calcolo combinatorio (grid search). È allo studio anche una tecnica di inversione con l’uso degli algoritmi genetici, che verrà applicata nelle fasi successive del progetto. Tale tecnica è curata fondamentalmente da F. Gentile.

Il terremoto di Modica (23.01.1980) è un evento di modesta entità: $M_s=4$, $M_s=4.3$ (Catalogo

NT4.1, Camassi e Stucchi, 1997), ma viste le caratteristiche macrosismiche (posizione e forma dell'area mesosimica) era stato considerato quale possibile indizio significativo della presenza di una sorgente alternativa alla struttura Ibleo Maltese, come causa dei terremoti distruttivi del 9 e 11 gennaio 1693 (sorgente EBT78, vedi: Sirovich and Pettenati, 1999, 2001). Per tale motivo si sperimenta il metodo di inversione con la KF anche su tale evento.

Il piano quotato usato è quello proposto da Patané e Imposa (1987) (adottato dal Cat. NT4.1), con la sola eccezione dei siti di Pozzallo e Ispica. A questi siti è stato assegnato il grado di intensità MSK "51/2". Nel trattamento proposto per le inversioni dei dati macrosismici, in questo caso di indicazioni tipo V-VI, è stato scelto di arrotondare al grado più alto i gradi intermedi. Data l'anomala indicazione del grado "51/2" e data anche la posizione chiave dei siti nel piano quotato, sono state condotte inversioni su due piani quotati: piano A con intensità per Pozzallo e Ispica uguale a 6; piano B con intensità per Pozzallo e Ispica uguale a 5.

Le due soluzioni concordano circa su un meccanismo misto, prevalentemente dip-slip, con direzione circa per NS, dip pseudo-verticale. I risultati sono riassunti nelle tabelle A e B. Dal confronto delle due soluzioni, si nota come l'incertezza sui valori di intensità di Pozzallo e Ispica condiziona l'orientazione della sorgente. Infatti, nel valutare la posizione dell'epicentro, la soluzione sul piano quotato A, comporta uno spostamento verso NE dell'epicentro e una rotazione antioraria dello strike di circa 15°, rispetto la soluzione per il piano quotato B.

Viene confermata perciò approssimativamente una direzione compatibile con EBT78 e col quadro strutturale dell'area, ma non con il tipo di meccanismo della Linea Scicli etc. (prevalentemente trascorrente). Ricordiamo che per la EBT78 è stato ricavato un movimento misto (angolo di rake di 210°, +34° -43° per la porzione SW, Sirovich and Pettenati, 1999; 225°, +15°, -22° per la porzione NE, Sirovich and Pettenati, 2001).

Tabella A: soluzione sul piano quotato A

Coordinate e momento sismico:	parametri geometrici	parametri cinematici
lat. epic.=36°.84N	strike=171°	mach N+=0.63
lon. epic.=14°.84E	rake = 62° ± 180°	mach N-=0.71
M ₀ =1.2 · 10 ²² dyne cm	dip = 90°	V _s = 3.24km/sec
	prof=24 km	
residui (Σr ²)=37	L+=1km - L- =1km	

Tabella B: soluzione sul piano quotato B

Coordinate e momento sismico:	parametri geometrici	parametri cinematici
lat. epic.=36°.78N	strike=6°	mach N+=0.77
lon. epic.=14°.78E	rake = 112° ± 180°	mach N-=0.73
M ₀ =1.2 · 10 ²² dyne cm	dip = 87°	V _s = 3.4km/sec
	prof=26 km	
residui (Σr ²)=45	L+=1km - L- =3km	

Quanto al terremoto del 13.12.1990, esso è un evento significativo nel quadro sismologico dell'area catanese, anche se di magnitudo inferiore a 6 (M_s=5.3 NT4.1, M_l=5.8; vedi Tab.4 riassuntiva in Sirovich and Pettenati, 2001). L'epicentro strumentale si trova nella zona interessata dalla struttura Ibleo Maltese e le soluzioni focali lo interpretano come un meccanismo strike-slip orientato per NS o EW. I tentativi fatti precedentemente con la KF, convergono per una direzione di strike orientata EW. I risultati delle inversioni non vincolate, sono visibili nell'articolo appena pubblicato (Sirovich and Pettenati, 2001). Dai grafici rappresentanti gli spazi parametrici (strike-rake, per classi di dip), viene confermata l'ipotesi tipo strike-slip, con direzione EW, e dip sub-verticali.

Nell'ambito del secondo tema di ricerca sono stati ottenuti per il primo anno i risultati di seguito riportati.

E' stata effettuata l'interpretazione delle misure di rumore sismico effettuate dall'OGS durante la campagna del 1999. I risultati consistono in rapporti spettrali H/V calcolati per circa 50 siti. Oltre ad analisi di carattere puntuale per alcuni siti, sono state prodotte delle mappe contenenti la frequenza ed il valore di pseudo-amplificazione stimato nei siti misurati (Fig. 1). Le risposte di alcuni siti sono state interpretate alla luce delle indagini geotecniche disponibili. I risultati sono stati presentati a convegni (Priolo et al., 2000; Laurenzano et al., 2001) e sono in corso di pubblicazione (Priolo et al., submitted). E' in corso d'opera l'analisi integrata della risposta di sito, effettuata comparando i rapporti H/V stimati da misure di rumore sismico e quelli calcolati dalle modellazioni 2-D effettuate in passato per il terremoto distruttivo del 1693 (Priolo, 1999).

E' stata effettuata un'analisi più approfondita della risposta sismica presso il sito della stazione accelerometrica ENEA-ENEL di Catania, integrando i dati di rumore sismico, la registrazione del terremoto di Augusta del 1990, e le simulazioni del medesimo terremoto effettuate con il metodo degli elementi spettrali. E' stato ottenuto un buon accordo tra le forme d'onda (fino ad una frequenza massima di 6 Hz) ed i rapporti H/V calcolati sui tre data-set (Fig. 2). La frequenza fondamentale del sito (1.3-1.5 Hz) è ascrivibile ai primi due strati di alluvioni fini ed argille che interessano rispettivamente i primi 20 m argille e limi fini ed i successivi 20 m di argille azzurre. I risultati di questa indagine sono stati presentati a convegni (Priolo, 2001) e saranno pubblicati in breve.

Sono state effettuate modellazioni con il Wavenumber Integration Method (WIM) del terremoto di Augusta del 13 dicembre 1990 registrato dalla stazione accelerometrica ENEA-ENEL di Catania. Il metodo risolve la propagazione 3-D in una struttura crostale a strati piani paralleli. Lo scopo dello studio è di comprendere l'importanza del modello di struttura crostale nella predizione del sismogramma registrato. Sono state definite tre strutture, a strati piani, che partendo da una struttura media valida per tutta l'area della Sicilia Orientale, approssimano con crescente accuratezza la struttura irregolare definita per le simulazioni effettuate con il metodo degli elementi spettrali. I risultati mostrano che: 1) la struttura irregolare contribuisce in modo determinante a migliorare a qualità delle forme d'onda sintetizzate; 2) il modello di sorgente puntuale semplice è adeguato a riprodurre il sismogramma alla distanza epicentrale di circa 30 km; 3) i valori elevati di accelerazione registrati dalla stazione di Catania, anomali rispetto a quanto atteso, possono essere spiegati come effetto sul campo d'onda della struttura crostale e del sito.

E' stata effettuata la simulazione della risposta sismica di alcuni siti strumentati nel Comune di Paternò. Lo studio si prefigge innanzi tutto di migliorare la comprensione, attraverso la modellazione numerica, di come il campo d'onda sismico si modifica nel suo passaggio attraverso gli strati più superficiali di suolo. La base di dati di riferimento, con cui si compareranno i sintetici, è costituita da alcune registrazioni effettuate in superficie ed in pozzo dall'U.R. n. 1 dell'Università di Catania. Inoltre, con questa ricerca si vuole verificare l'effettiva capacità di alcune tecniche di modellazione in uso di riprodurre la propagazione del campo d'onda sismico attraverso gli strati di suolo superficiali di maggiore interesse ingegneristico e di predirne il potere di amplificazione.

Le modellazioni numeriche sono effettuate con il metodo 2-D agli elementi spettrali (SPEM 2-D). L'approccio seguito consiste nel modellare un terremoto di riferimento attraverso una sezione 2-D, cioè un piano verticale che passa attraverso la sorgente ed i siti d'interesse. Nelle modellazioni effettuate, la sorgente di riferimento rappresenta un terremoto medio ($M = 6.2$) con meccanismo normale localizzato lungo il segmento settentrionale della faglia Ibleo-Maltese ad una profondità di 8 km. Il transetto di calcolo ha un'orientazione di 110° N, e dimensioni di circa 45 km di lunghezza per 20 km di profondità. L'epicentro della sorgente si trova a circa 13 km dalla costa, che è assunta come origine del sistema di coordinate. L'abitato di Paternò si trova a circa 16-18 km dalla costa, in direzione NW nell'entroterra.

Sono stati modellati in modo dettagliato quattro siti del Comune di Paternò. Le caratteristiche di questi siti, fornite dall'U.R. n. 1 dell'Università di Catania, sono state semplificate in quattro colonne stratigrafiche per uno spessore pari a 24 m. Due siti rappresentano suoli argillosi (A e C) mentre gli altri due rappresentano suoli ghiaioso-sabbiosi (B e D). In particolare, le colonne A e C rappresentano un sito argilloso, con velocità piuttosto basse nei primi metri di suolo a matrice sabbiosa ($V_s \sim 100$ m/s) e più alte ($V_s \sim 320$ m/s) al fondo della colonna. Le colonne B e D rappresentano un sito di rifusa lavica a matrice sabbiosa (sabbia limosa argillosa con presenza di ciottoli di dimensioni variabili), con velocità delle onde di taglio che va dai 250 m/s in superficie ai 360 m/s in profondità.

I sismogrammi sono stati estratti, per ogni sito, lungo un set di circa 20 ricevitori posti a profondità crescenti, a partire dalla superficie e fino a circa 40 m di profondità. La Fig. 3 illustra alcuni dei risultati ottenuti per il sito A. Si può vedere chiaramente come la presenza dei suoli superficiali a bassa velocità provochi non solo un aumento delle ampiezze, ma abbia anche l'effetto di aumentare la durata. Si è verificato che per i siti argillosi (A e C) l'interfaccia con lo strato di argille azzurre interno alla colonna stessa ($z=10$ m) costituisce l'effettivo bedrock sismico, mentre per i siti ghiaioso/sabbiosi è più difficile delineare la presenza di un bedrock sismico. Per i siti argillosi l'amplificazione tra i valori di PGA calcolati alla base della colonna e la superficie (già corretta del fattore 2 di amplificazione in campo libero) è di circa 1.7, mentre i siti sabbiosi non producono amplificazioni significative.

La ricerca proseguirà con la comparazione dei risultati sintetici con i dati registrati in sito.

3. ATTIVITÀ DI COORDINAMENTO DELL'ATTIVITÀ DI RICERCA

L'attività di coordinamento ha riguardato il collegamento tra le varie unità operative, nonché il collegamento con gli enti destinatari dei risultati attesi dal progetto, tra i quali il Comune di Catania, il Genio Civile di Catania, la Soprintendenza ai Beni Culturali ed Ambientali di Catania, gli Ordini Professionali etc. È stato curato altresì il collegamento con altre iniziative di ricerca, riguardanti il territorio della città di Catania.

A quest'ultimo riguardo il Coordinatore del progetto, in collaborazione con l'UR5, farà riferimento anche ai dati acquisibili da un sismometro sottomarino che sarà installato nel "test site" del progetto NEMO dell'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare). Nell'ambito di quest'ultimo progetto, allo stato attuale, si è già provveduto all'acquisizione del cavo in fibre ottiche per la trasmissione dati e si prevede di passare alla fase di installazione in mare del cavo ottico nella primavera prossima. In particolare il cavo di lunghezza 27 km sarà posizionato in mare ad una profondità massima di 2000 m al punto del test site al largo del porto di Catania. Successivamente dovrebbe essere installato il sismometro sottomarino da parte dei ricercatori dell'INGV. La possibilità di acquisire le registrazioni sismiche in prossimità della faglia consentirà una più accurata modellazione del meccanismo focale. Inoltre la trasmissione di un segnale attraverso un cavo in fibre ottiche, consentirebbe al segnale, medesimo, di arrivare in anticipo sulle onde sismiche; in tal modo sarebbe possibile mettere a punto un sistema di allarme che disattivi tempestivamente alcuni sistemi ad alto rischio come ad esempio la rete di distribuzione del gas.

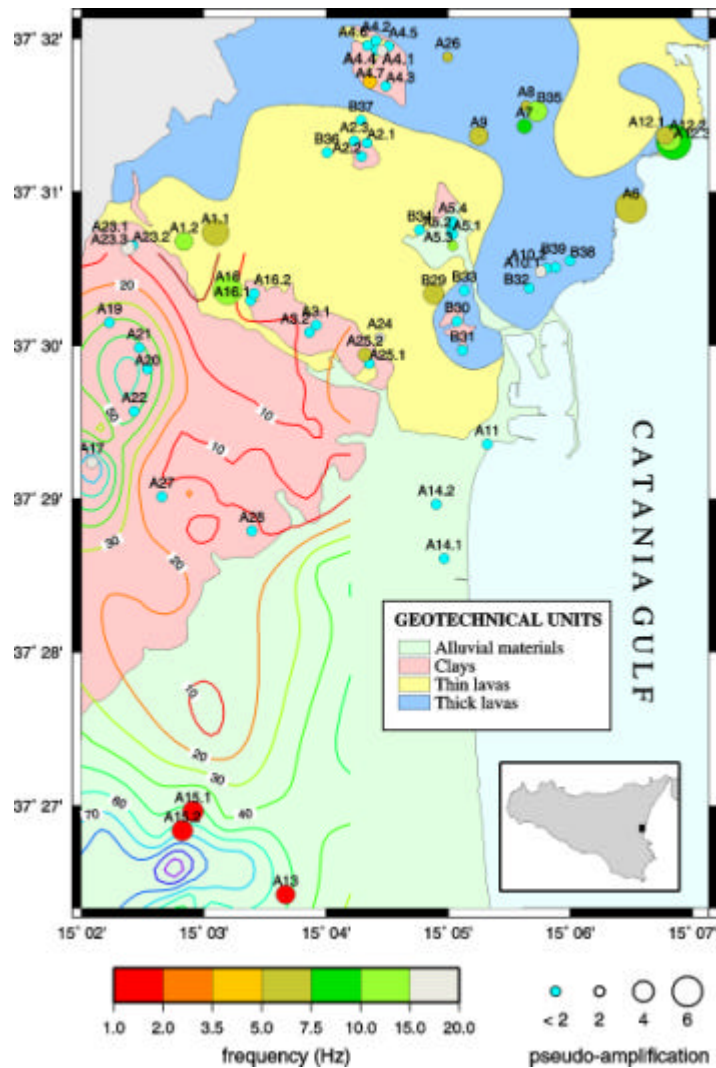


Figura 1 – Rapporti spettrali H/V nell’intervallo di frequenza 1-20 Hz stimati da misure di rumore sismico. L’ampiezza del rapporto e la frequenza fondamentale sono indicate rispettivamente dal diametro e dal colore dei pallini. I pallini blu e bianchi indicano rispettivamente i siti dove il valore di ampiezza del rapporto H/V è molto basso (< 2) o piatto. Lo sfondo rappresenta la mappa geotecnica semplificata (gentilmente fornita da E. Faccioli e V. Pessina). Le linee di contorno indicano la profondità del top della formazione delle argille azzurre, che è stata assunta come possibile bedrock sismico.

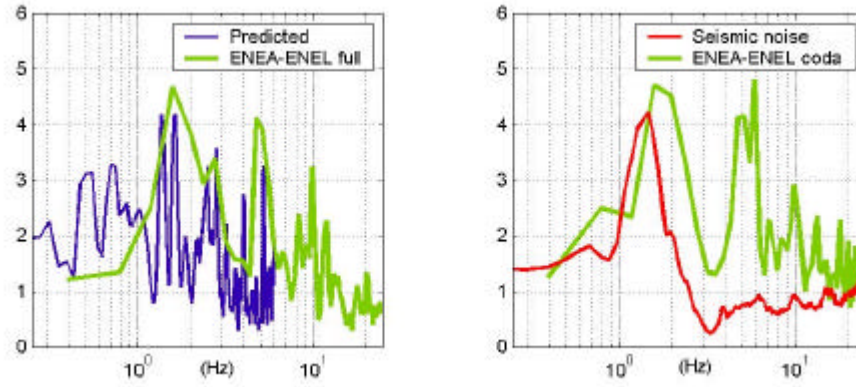


Figura 2 – Rapporti spettrali H/V calcolati presso la stazione accelerometrica ENEA-ENEL di Catania per il terremoto del 13 dicembre 1990. Rapporti calcolati rispettivamente dalla registrazione (in verde) su tutto il sismogramma (a sinistra) e sulla coda 20-45 s (a destra), dalla simulazione ad elementi spettrali 2-D (in viola), e dalle misure di rumore sismico ambientale (in rosso).

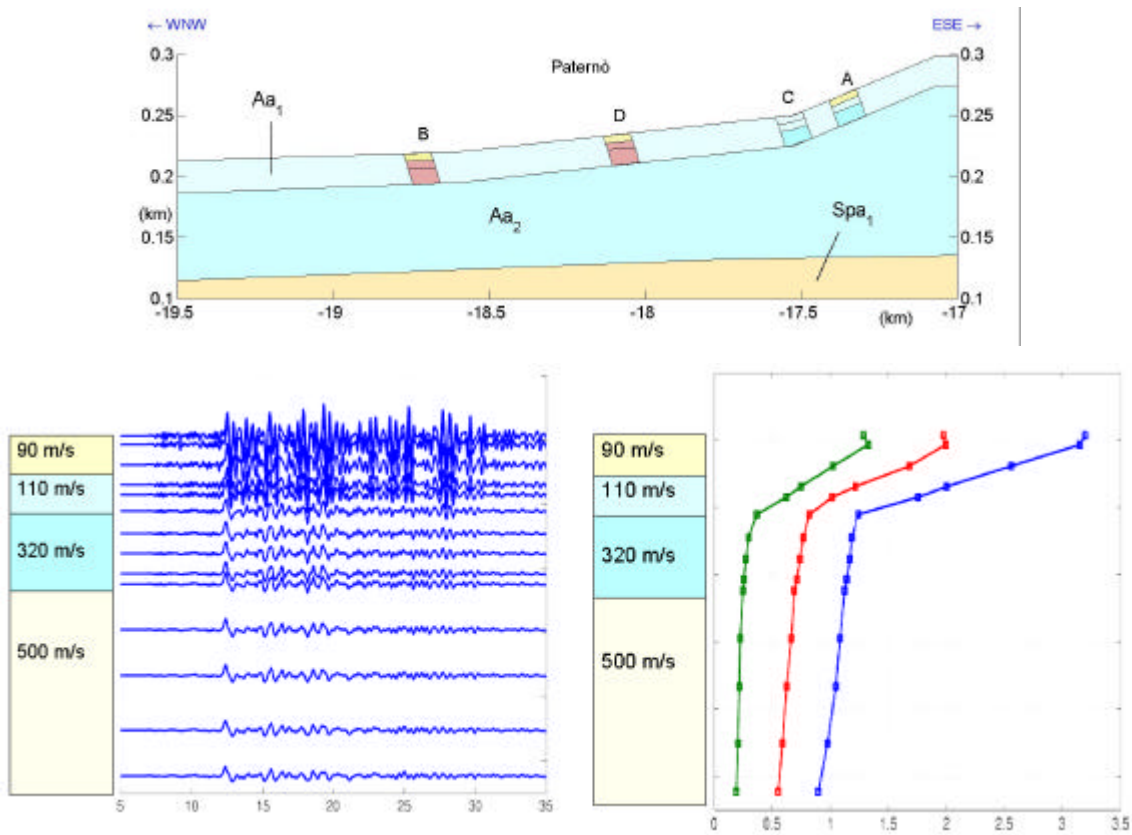


Figura 3 – Risposta sismica calcolata presso il sito A, di tipo argilloso. Dall'alto in basso, da sinistra verso destra: dettaglio della struttura del modello di calcolo presso Paternò; sismogrammi e valori di accelerazioni di picco calcolati a differenti profondità. Componenti orizzontale radiale (blu), orizzontale trasversale (verde) e verticale (rosso). A fianco di ogni pannello è raffigurata la stratigrafia caratteristica del sito, con il valore di V_S .

È prevista inoltre l'integrazione dei dati geologici e geofisici, al fine di elaborare un breve profilo, che interessa una parte del centro storico della città. Il profilo, per motivi contingenti, interesserà solo una piccola parte del centro urbano ed evidenzierà le caratteristiche geologiche dei primi 30 metri e le relative risposte di sito. Tali caratteristiche saranno integrate con quelle geotecniche al fine di pervenire ad una più accurata valutazione della risposta sismica locale.

Per la redazione del codice di pratica, per il miglioramento sismico delle costruzioni in cemento armato, coordinato dal Prof. Gavarini (UR n.6), su richiesta del medesimo, è stata costituita una Task Force. Tale gruppo di lavoro comprende una terna di Geologi, una di Geofisici ed una di Geotecnici, nonché una terna designata dall'Ordine degli Ingegneri ed una terna designata dall'Ordine degli Architetti. Per quanto riguarda la redazione del codice di pratica per il miglioramento sismico degli edifici in muratura, per il quale il Comune di Catania aveva stanziato un apposito finanziamento, è in corso una controversia legale il cui esito è differito nel tempo. Sarà pertanto attivata una collaborazione con l'Agenzia Nazionale di Protezione Civile, che nel frattempo ha ricevuto un apposito finanziamento per la redazione del suddetto codice di pratica. Gli obiettivi del progetto sono stati presentati agli enti locali interessati in occasione dell'assemblea del 17/02/2001 tenuta dagli Assessori alla Protezione Civile della Sicilia Orientale, tenuta presso l'Aula Magna della Facoltà di Ingegneria. A tale riunione sono intervenuti anche l'assessore regionale alla Protezione Civile On. Giuseppe Drago, il Direttore dell'Agenzia Nazionale di Protezione Civile, Prof. Barberi, ed il Ministro dell'Interno, Dott. Enzo Bianco. Infine per una più stretta collaborazione con gli enti locali preposti allo sviluppo ed alla salvaguardia del territorio, tra i quali in primo luogo il Comune di Catania, l'Ufficio del Genio Civile di Catania, la Soprintendenza ai Beni Culturali ed Ambientali della Provincia di Catania, gli Ordini Professionali degli Ingegneri e degli Architetti, l'Associazione Nazionale Costruttori Edili, l'Associazione degli Industriali ecc., è stato organizzato in data 16/03/2001 presso l'Aula Magna della Facoltà di Ingegneria un apposito Convegno, nel corso del quale, dopo i saluti del Rettore dell'Università di Catania, del Preside della Facoltà di Ingegneria, e del delegato del Presidente della Provincia di Catania: il Professore Maugeri ha presentato il progetto di ricerca illustrando gli interventi finalizzati alla prevenzione sismica nell'area urbano di Catania; il Prof. Campo ha riferito su città e territori a rischio-analisi e piani di prevenzione civile; l'ing. Cartarrasa ha riferito sulla sicurezza all'interno del sistema urbano; il Dott. Lo Giudice ed il Dott. Bonaccorso hanno trattato il tema delle cavità e della strutture ipogee nel centro urbano di Catania. Sono poi intervenuti il Dott. Maniscalco, del Comitato Gestione Progetto Poseidon, il Prof. Cascone, del Comitato Ordini Professionali della Provincia di Catania, l'Ing. Martella, ingegnere capo del Genio Civile di Catania, l'ing. D'Urso, esperto del Sindaco di Catania per la protezione civile, il Dott. D'Asero, del Comitato Ordini Professionali della Provincia di Catania, il Dott. Ipocoana, Presidente ANACI, il Dott. Cassar, Presidente ANCE, il Dott. Cassar, Presidente ANCE, il Dott. Giardina, Presidente Ordine Regionale degli Psicologi. Alla fine si è svolta una tavola rotonda a cui hanno partecipato il Prof. Maugeri, Coordinatore Nazionale del Progetto GNDT, il Prof. Sciacchitano, Presidente del Comitato Ordini Professionali della Provincia di Catania, il Prof. Eva, Presidente Nazionale difesa dai terremoti, l'On. Drago, Assessore alla protezione civile della Regione Siciliana. La tavola rotonda è stata moderata da Piero Maenza, giornalista Rai. Mediante tale Convegno è stato raggiunto l'obiettivo di poter meglio incidere sulla realtà locale, fissando di comune accordo con gli enti interessati le modalità di trasferimento ai professionisti, alle imprese ed alle maestranze, interessate alla realizzazione delle opere di intervento, le tecniche di adeguamento necessarie, anche di tipo innovativo.

ELENCO DEI LAVORI DELLE UNITÀ DI RICERCA PUBBLICATI

NELL'ANNO 2000, O IN CORSO DI PUBBLICAZIONE

UNITÀ DI RICERCA N.1 (RESPONSABILE MICHELE MAUGERI)

- **CASCONE E., LO GRASSO S., MAUGERI M. (2000):** "Dynamic model tests on L-shaped gravity retaining walls". 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 30 January - 4 February 2000, paper No.2445.
- **LO PRESTI D., CAVALLARO A., MAUGERI M., PALLARA O., IONESCU F. (2000):** "Modelling of hardening and degradation behaviour of clays and sands during cyclic loading". 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 30 January - 4 February 2000, paper No.1849.
- **CASTELLI F., CAVALLARO A., GRASSO S., MAUGERI M. (2000):** "Seismic geotechnical hazard of the city of Catania". Third Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, Istanbul, February 21-25, 2000.
- **CASTELLI F., MAUGERI M. (2000):** "Repair and strengthening of ancient building foundation in the historical centre of Acireale (Italy)". Third Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, Istanbul, February 21-25, 2000.
- **CAVALLARO A., COCINA S., GRASSO S., MAUGERI M. (2000):** "Pericolosità geotecnica sismica del patrimonio storico culturale della Città di Catania". Condizionamenti Geologici e Geotecnici nella Conservazione del Patrimonio Storico Culturale, Torino, 8-9 Giugno, 2000.
- **MAUGERI M., CASTELLI F. (2000):** "Geotechnical earthquake hazard Scenario for South-Eastern Sicily". Risk Analysis 2000, Computer Simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation, Bologna, 11-13 October, 2000.
- **BIONDI G., CASCON E., MAUGERI M., MOTTA E. (2000):** "Seismic response of saturated cohesionless slopes". Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Vol. 20 n° 1-4, pp. 209-215.
- **CALTABIANO S., CASCON E., MAUGERI M. (2000):** "Seismic stability of retaining walls with surcharge". Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Vol. 20, n° 5-8, pp. 469-476.
- **MAUGERI M., MUSUMECI G., NOVITA' D., TAYLOR C.A. (2001):** "Shaking table test of a failure of a shallow foundation subjected to an eccentric load". Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Vol. 20, n° 5-8, pp. 435-444.
- **BIONDI G., CASCON E., MAUGERI M. (2001):** "Seismic response of submerged cohesionless slopes". Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego, California, 26-31 March, 2001.
- **CASCONE E., LO GRASSO A.S., MAUGERI M. (2001):** "Dynamic model tests on gravity retaining walls with particular surcharge conditions". Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego, California, 26-31 March, 2001.
- **CAVALLARO A., GRASSO S., MAUGERI M. (2001):** "A dynamic geotechnical characterisation of soil at Saint Nicolò alla Rena Church damaged by the south eastern sicily earthquake of 13 december 1990". Lesson learned from recent strong earthquake, Earthquake Geotechnical Engineering, Satellite Conference to XVth ICSMGE, Istanbul 24 August, 2001.
- **CAVALLARO A., GRASSO S., MAUGERI M. (2001):** "Parametri geotecnici significativi per lo studio di pericolosità geotecnica sismica di un'area storica della città di Catania". X Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia", Potenza-Matera 9-13 settembre 2001.
- **BIONDI G., CASCON E., MAUGERI M. (2001):** "Una procedura per la valutazione delle

condizioni di stabilità sismica dei pendii costituiti da terreni incoerenti saturi”. X Congresso Nazionale “L’ingegneria Sismica in Italia”, Potenza-Matera 9-13 settembre 2001.

- **MASSIMINO M.R., MAUGERI M., NOVITA’ D., (2001):** “Valutazione degli effetti delle condizioni locali sulla risposta sismica di una fondazione mediante prove su tavola vibrante”. X Congresso Nazionale “L’ingegneria Sismica in Italia”, Potenza-Matera 9-13 settembre 2001.
- **BIONDI G., CASCONI E., MAUGERI M. (2001):** “Lateral spreading failure of sandy slopes”. SDEE 2001, Philadelphia, 7-10 ottobre (to appear).
- **BIONDI G., CASCONI E., MAUGERI M. (2001):** “Cyclic degradation effect on seismic response of clay slopes”. SDEE 2001, Philadelphia, 7-10 ottobre (to appear).
- **CASTELLI F., CAVALLARO A., GRASSO S. MAUGERI M. (2001):** “Soil response analysis for some monuments/buildings during the 13 december 1990 earthquake”. SDEE 2001, Philadelphia, 7-10 ottobre (to appear).
- **MASSIMINO M.R., MAUGERI M., NOVITA’ D., (2001):** “Validation of numerical rocking stiffness of a shallow foundation by means of shaking-table tests. SDEE 2001, Philadelphia, 7-10 ottobre (to appear).
- **MASSIMINO M.R., MAUGERI M., ZUCCARELLO S. (2001):** “The grade-2 microzonation of Sellano”. Italian Geotechnical Journal, vol.35, n.4. (to appear).
- **CAPILLERI P., MASSIMINO M.R., MAUGERI M., (2001):** “The grade-3 microzonation of Sellano”. Italian Geotechnical Journal, vol.35, n.4. (to appear).
- **GRASSO M., MASSIMINO M.R., MAUGERI M. (2001):** “Remedial works on the foundation on masonries buildings in Sellano ”. Italian Geotechnical Journal, vol.35, n. 4 (to appear).
- **DECANINI L., MAUGERI M., MOLLAIOLI F. (2001):** “Innovative approach to evaluate local site effects and the destructive potential of earthquake ground motion”. Italian Geotechnical Journal, vol.35, n.4 (to appear).
- **BONACCORSO R., LO GIUDICE E., (2001).** “Vulnerabilità al sisma delle cavità e delle strutture ipogee nel centro urbano di Catania. Convegno “Verso una città sicura:strumenti tecnici e normativi per la riduzione dei rischi in un’area ad elevata sismicità”. Aula Magna della Facoltà di Ingegneria, Catania 16 Marzo 2001 (to appear).

UNITÀ DI RICERCA N.2 (RESPONSABILE GIUSEPPE OLIVETO)

- **G. OLIVETO,** Seismic Resistance and Vulnerability of Reinforced Concrete Buildings not Designed for Earthquake Action, invited lecture at the “Graduate Studies Programme: Aseismic Design of Constructed Works”, Department of Civil Engineering, Engineering School, Aristotle University of Thessaloniki, 8th December 2000.
- **G. OLIVETO, I. CALIÒ & M. MARLETTA,** Seismic resistance and vulnerability of reinforced concrete buildings not designed for earthquake action in “Innovative Approaches in Earthquake Engineering”, WIT Press, 2001 (in corso di pubblicazione), UK, 90 pagine.

UNITÀ DI RICERCA N.4 (RESPONSABILE GIUSEPPE LOMBARDO)

- **AZZARA R., COCO G., CORRAO M., IMPOSA S., LOMBARDO G., ROVELLI A., 2000.** Identification of different near surface geology effects in the area of Catania (Italy). XXVII ESC General Assembly, Lisbon, Portugal, p. 103.
- **BARBANO M.S., COSENTINO M. RIGANO R., 2000.** Seismic history and hazard in some localities of southeastern Sicily. XXVII ESC General Assembly, Lisbon, Portugal, p. 46.
- **BARBANO M.S., RIGANO R., COSENTINO M., LOMBARDO G. 2001.** Seismic history and hazard in some localities of southeastern Sicily. Boll. Geofis. Teorica e Applicata, in print.

- **GIAMPICCOLO E., GRESTA S., MUCCIARELLI M., DE GUIDI G., GALLIPOLI M.R., 2001.** Information on subsoil geological structure in the city of Catania (Eastern Sicily) from microtremor measurements, *Annali di Geofisica*, 44, 1, 1-11.
- **IMPOSA S., LOMBARDO G., COCO G., CORRAO M. 2000** - Risposta sismica locale in relazione ai diversi litotipi affioranti in un settore della città di Catania. 19° Convegno Nazionale GNGTS Roma. Poster Section, 275-276.
- **LOMBARDO G., COCO G., CORRAO M., IMPOSA S., AZZARA R., CARA F., ROVELLI A., 2001.** Results of microtremor measurements in the urban area of Catania (Italy). *Boll. Geofis. Teorica e Applicata*, in print.
- **LOMBARDO G., DI PAOLA I. 2000** - Site response evaluation in the urban area of Catania (Italy): effects of natural and artificial cavities. ESC general assembly, Lisbon, Portugal, p.10.
- **LOMBARDO G., RIGANO R., VALENTI A., 2000.** Influenza delle strutture tettoniche nella valutazione degli effetti di sito. 19° Convegno Nazionale GNGTS Roma. Poster Section, 276-277.
- **MONACO C., CATALANO S., DE GUIDI G., GRESTA S., LANGER H., TORTORICIL. (2000).** The geological map of the urban area of Catania (Eastern Sicily): morphotectonic and seismotectonic implications. *mem. soc. geol. it.*, 55, 425-438.

UNITÀ DI RICERCA N.8 (RESPONSABILE GIULIANO PANZA)

- **NUNZIATA, C., COSTA, G., NATALE, M., & PANZA G.F. 1999.** Seismic characterization of the shore sand at Catania. *Journal of Seismology* 2: 1-12.
- **PANZA, G.F., ROMANELLI, F., VACCARI, F., 2001.** Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to the seismic zonation, *Advances in Geophysics*, Academic press, 43, 1-95.
- **ROMANELLI, F., NUNZIATA, C., NATALE, M. AND PANZA, G.F., (1998).** Site response estimation in the Catania area. The effects of surface geology on seismic motion, Irikura, Kudo, Okada & Sasatani (eds) 1093-1100.
- **ROMANELLI, F., AND VACCARI, F. 1999.** Site response estimation and ground motion spectral scenario in the Catania Area, *JOSE*, 3, 311-326.

UNITÀ DI RICERCA N.9 (RESPONSABILE ENRICO PRIOLO)

- **PRIOLO E., MICHELINI A. E LAURENZANO G., 2000.** Rapporti spettrali H/V di rumore sismico ambientale nel Comune di Catania. XIX Convegno GNGTS, Roma, 7-9 novembre 2000.
- **PRIOLO E. (2000).** Modellazioni numeriche del moto sismico del suolo e misure di rumore sismico ambientale a Catania. Corso CISM APT “La Riduzione del Rischio Sismico nella Pianificazione del Territorio (l’input sismico, le modellazioni, i valori di amplificazione)”, Lucca, 15-17 novembre 2000.
- **LAURENZANO G., PRIOLO E., AND MICHELINI A., 2001.** Seismic response from microtremors in Catania (Sicily, Italy). EGS 2001, XXVI General Assembly, Nice (France), March 25-30, 2001.
- **PRIOLO E., 2001.** Validation of ground motion modelling with experimental data: the site of the accelerometric station of Catania. EGS 2001, XXVI General Assembly, Nice (France), March 25-30, 2001.
- **SIROVICH, L. AND F. PETTENATI 2001.** Test of source-parameter inversion of the intensities of a 54,000 death shock of the seventeenth century in Southeast Sicily. *Bulletin Seismological Society of America*, 91, pp.792-811.
- **PRIOLO, E., MICHELINI, A., LAURENZANO, G., ADDÌA, R., AND PUGLIA, A., 2001.** Seismic response from microtremors in Catania (Sicily, Italy). *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, Special Issue on “Site response estimation from observed ground motion data”, Eds.: E. Priolo, A. Michellini, and L. Hutchings.

- **PRIOLO E., 2001.** Earthquake ground motion simulation through the 2-D spectral element method. *J. Comput. Acoustics*, 9(4) (in press).
- **PRIOLO E., 2001.** Ground Motion Using the 2-D Chebyshev Spectral Element Method. In: J. W. Bull (Ed.), *Numerical Analysis and Modelling in Geomechanics*. Spoon Press – Taylor and Francis Group Ltd., London (in press).