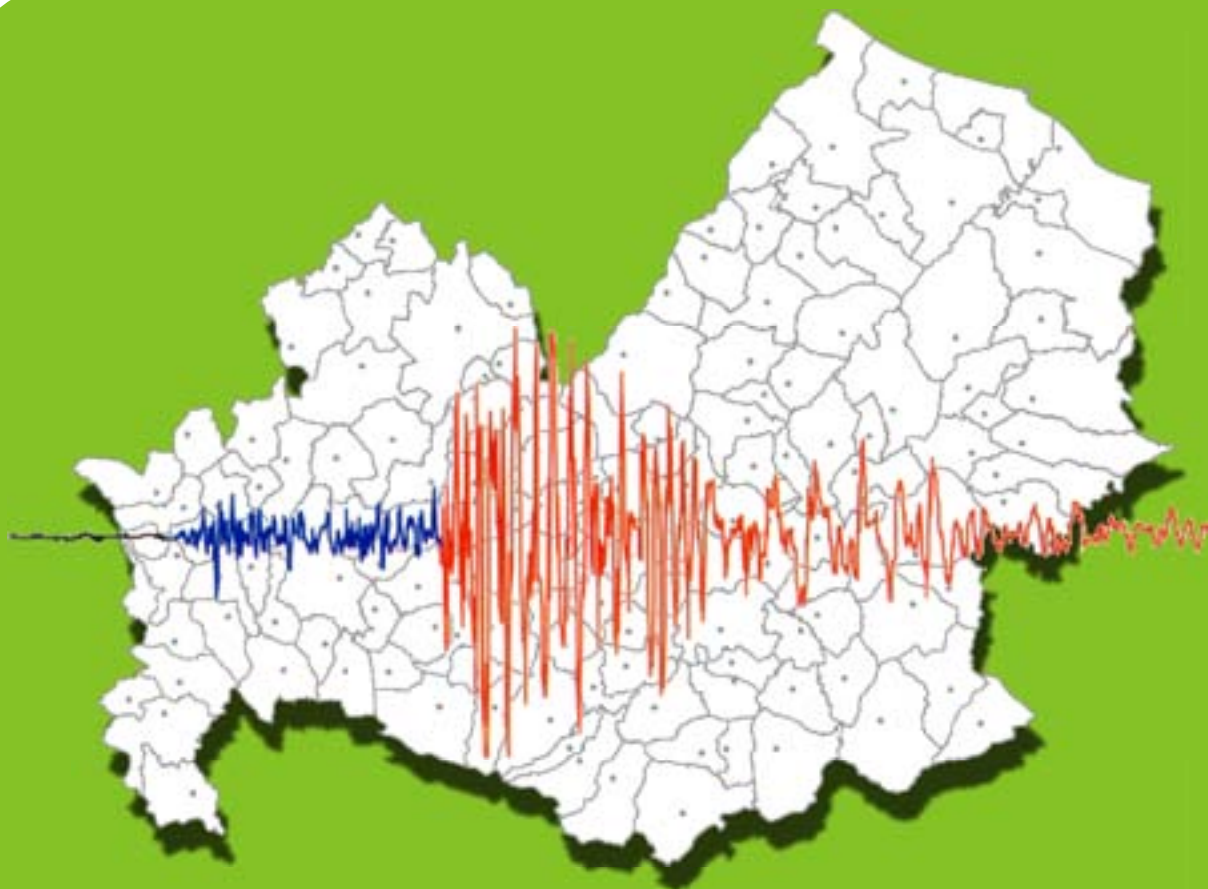




**Assessorato alla Protezione Civile**

**QUADERNI DI PROTEZIONE CIVILE**



**Cos'è il TERREMOTO ?**



**Osservatorio Vesuviano - I.N.G.V.**





**QUADERNI DI PROTEZIONE CIVILE**

**Cos'è il TERREMOTO ?**

*Testi a cura di:*

*per l'Osservatorio Vesuviano I.N.G.V.:*  
**Dott. Girolamo Milano**

*per la Regione Molise:*  
**Geom. Diego Antonecchia**  
**Geom. Elisa Corrado**  
**Arch. Barbara Fiammelli**  
**Geom. Daniele Montanelli**  
**Geom. Carmine G. Panichella**  
**Geol. Odilia Petrone**  
**Ing. Vincenzo Picciano**  
**Arch. Salvatore Rega**  
**Geom. Maurizio Tomeo**

*progetto e realizzazione grafica*  
**Geom. Daniele Montanelli**

*realizzazione vignette sulle norme comportamentali*  
**Sig. Florindo Petti**

*coordinamento ed editing*  
**Dott. Girolamo Milano**

---

Regione Molise Assessorato alla Protezione Civile  
Assessore **Dott. Filoteo Di Sandro**

Regione Molise Servizio per la Protezione Civile  
Via Mazzini 126, 86100 Campobasso - Tel. 0874/429869; Fax 0874/429872  
Dirigente Responsabile **Dott. Luigi Manfredi Selvaggi**

Ufficio Programmi Campobasso: **P.I. Vincenzo Marraccino** - Responsabile ad interim dell'Ufficio,  
Sig. Sebastiano Baccaro, Sig.ra Filomena Braccio, Ing. Umberto Capriglione, Sig. Giovanni Geremia,  
P.I. Paolone Pasquale, Geom. Carmine G. Panichella

Ufficio Collegamento di Isernia: **P.I. Vincenzo Marraccino** - Responsabile dell'Ufficio,  
Sig.ra Vincenza Caranci, Geom. Elisa Corrado, Geom. Tomeo Maurizio.

Centro Funzionale del Molise: **Geom. Diego Antonecchia** - Direttore Responsabile,  
Dott. Antonio Cardillo, Geom. Mauro Pellegrino, Geom. Nicola Pontarelli.

Osservatorio Vesuviano Sezione di Napoli I.N.G.V.  
Via Diocleziano 328, 80124 Napoli

## SOMMARIO

PREFAZIONE	pag. 5
INTRODUZIONE	pag. 7
PERCHE' I TERREMOTI?	pag. 9
IL TERREMOTO E LE FAGLIE	pag. 14
LE ONDE SISMICHE	pag. 16
L'ENERGIA DEL TERREMOTO	pag. 18
GLI STRUMENTI PER REGISTRARE IL TERREMOTO	pag. 22
I CATALOGHI SISMICI	pag. 24
DOVE ACCADONO I TERREMOTI IN ITALIA	pag. 26
IL MONITORAGGIO SISMICO	pag. 29
SISMICITA' NEL SANNIO-MATESE	pag. 31
GLI EFFETTI DEL TERREMOTO	pag. 37
COMPORTAMENTO DEGLI EDIFICI IN CASO DI SISMA	pag. 40
L'EDIFICIO ANTISISMICO	pag. 42
TIPOLOGIE STRUTTURALI DI UN EDIFICIO ANTISISMICO	pag. 43
L'EDIFICIO ANTISISMICO COME UNA "SCATOLA"	pag. 46
COME COMPORTARSI IN CASO DI TERREMOTO	pag. 47
PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA	pag. 55
DOMANDE RICORRENTI	pag. 59
GLOSSARIO	pag. 62
BIBLIOGRAFIA	pag. 65
SITI WEB D'INTERESSE	pag. 67



La paura e la drammaticità del terremoto che ha investito la nostra regione nel 2002 ha sollecitato in tutti noi un diverso approccio riflessivo di fronte alle catastrofi orientando i nostri atteggiamenti verso la creazione della cultura della prevenzione.

Pur nella consapevolezza che i fenomeni sismici rappresentano *calamità naturali* “inevitabili” è comune convincimento che una corretta conoscenza ed informazione in questo settore possa limitare i danni.

E' per questa ragione che l'Assessorato alla Protezione Civile della Regione Molise, in collaborazione con l'Osservatorio Vesuviano, ha promosso la pubblicazione di un *opuscolo informativo sul terremoto* che sintetizza ed inquadra nelle linee generali, le tematiche coinvolte dalla definizione della sismicità e del rischio nella nostra regione, le norme comportamentali ed una serie di domande ricorrenti al riguardo.

Ciò con l'obiettivo di far crescere e diffondere in tutta la popolazione, attraverso una corretta informazione, la conoscenza del fenomeno fisico e delle azioni di prevenzione per ridurre gli effetti del terremoto.

Questa prima iniziativa viene proposta nella speranza che possa risultare utile a tutti, certi che solo con una politica di prevenzione e una strategia che coinvolga la società in tutte le sue articolazioni si può cercare di evitare il ripetersi degli effetti catastrofici dei terremoti.

*Dott. Filoteo Di Sandro*  
*Assessore alla Protezione Civile*



I terremoti, come pure l'attività vulcanica, sono fenomeni naturali che al tempo stesso rappresentano gli effetti e le prove più evidenti della dinamica in atto nel nostro pianeta. A causa degli ingenti danni che possono provocare, essi costituiscono anche un notevole problema sociale, come testimonia il recente terremoto di San Giuliano di Puglia del 2002.

L'Italia è un Paese ad alto rischio sismico: oltre il 60% del territorio, di cui il 70% al Sud, è stato interessato da eventi sismici disastrosi. Relativamente all'ultimo secolo, oltre 120.000 sono state le vittime causate dai terremoti e i danni, relativamente agli ultimi 25 anni, sono quantificabili in circa 65 miliardi di Euro (oltre 120.000 miliardi di Lire).

Un terremoto, allo stato attuale delle conoscenze, è un fenomeno non prevedibile. La Ricerca Scientifica, se da un lato non è in grado di dire *“quando”*, può dire *“dove”* presumibilmente si verificherà un terremoto. Grazie agli studi compiuti negli ultimi anni, non solo sono note le aree sismogeneticamente attive, ma è possibile dare un'indicazione sul *“quanto forte potrebbe essere”* il terremoto che, presumibilmente, si verificherà in un'area. Le attuali normative del *“buon costruire”*, frutto anche della Ricerca Scientifica, contribuiscono non poco alla minimizzazione dei danni.

La corretta opera di divulgazione ed educazione alla conoscenza del fenomeno terremoto e dei suoi effetti, guidata dalla Comunità Scientifica, può fornire gli strumenti adeguati per fronteggiare eventuali emergenze facendo sviluppare, nelle popolazioni residenti in aree esposte a rischio quella *“cultura della prevenzione”*, che solo in parte è presente nella nostra cultura.

Il presente Opuscolo, indirizzato ad un pubblico di *“non addetti ai lavori”*, si propone di dare risposta alla crescente richiesta locale di corretta informazione sul terremoto che si è avuta a seguito dei recenti fenomeni sismici che hanno interessato il Molise. Esso è stato redatto con l'obiettivo di fornire informazioni per la conoscenza delle cause che generano un terremoto, gli effetti che produce e il comportamento da tenere nel caso che esso si verifichi. Infine, vuole essere un contributo affinché il Cittadino acquisisca la piena consapevolezza di considerare i terremoti fenomeni naturali con i quali è possibile convivere e i cui effetti sono fronteggiabili per minimizzare gli eventuali danni.

Girolamo Milano

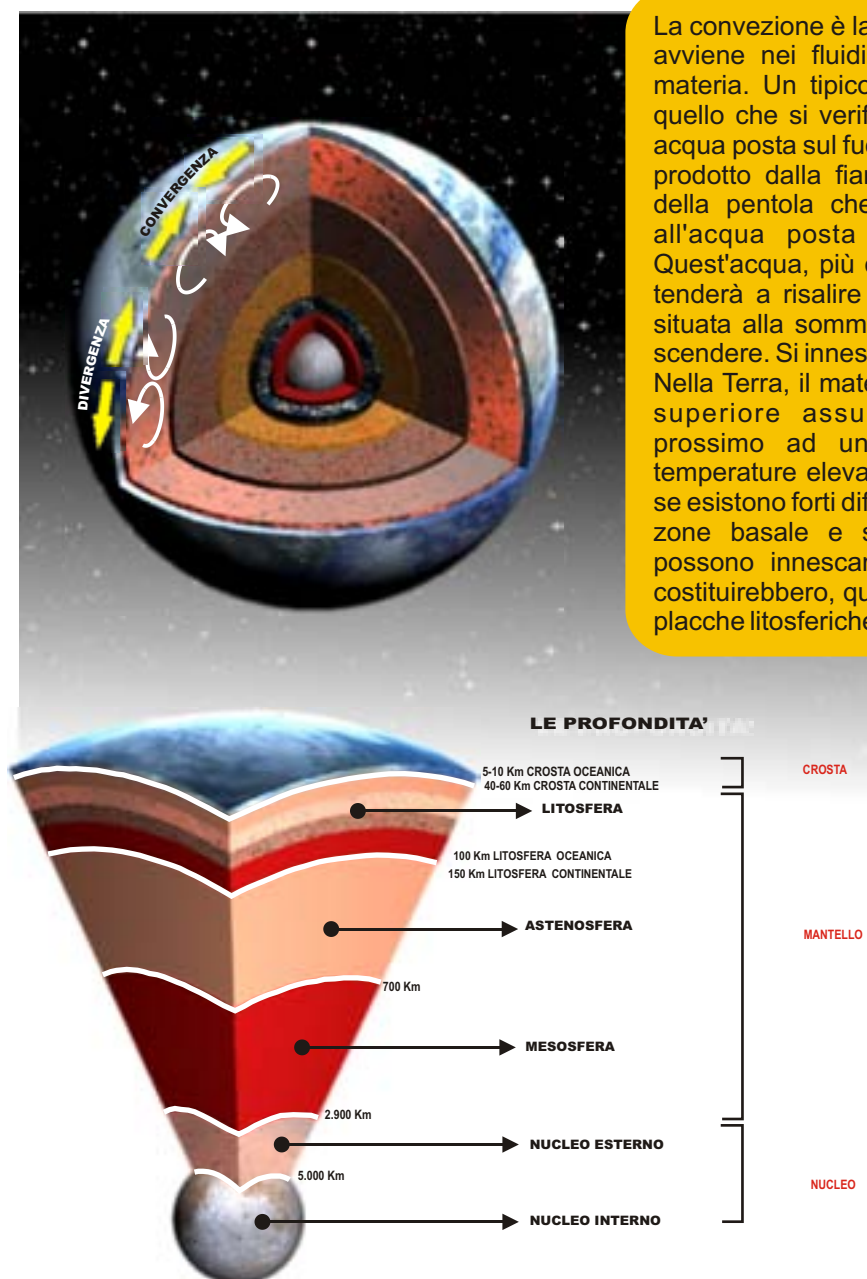




## PERCHE' I TERREMOTI?

I terremoti e l'attività vulcanica sono fenomeni naturali endogeni che rappresentano, al tempo stesso, gli effetti e le prove più evidenti della dinamica in atto nel nostro Pianeta. Per comprendere come e perché avvengono questi fenomeni è necessario, in accordo con la Teoria della *Tettonica delle Zolle*, sapere come è fatto il Pianeta su cui viviamo. La Terra ha una forma simile ad uno sferoide, la cui struttura è costituita da gusci concentrici ognuno con proprietà fisiche e chimiche differenti (Figura 1). La *litosfera*, che ingloba la *crosta* e parte del *mantello superiore*, è il guscio più esterno ed il materiale che lo compone ha comportamento rigido. Il guscio sottostante inglobante il resto del mantello, l'*astenosfera*, è caratterizzato da materiale facilmente deformabile perché è costituito da rocce prossime al punto di fusione. Il guscio più interno, infine, racchiude il *nucleo esterno* ed *interno* ed è caratterizzato da materiale incandescente.

Figura 1: COME E' FATTA LA TERRA



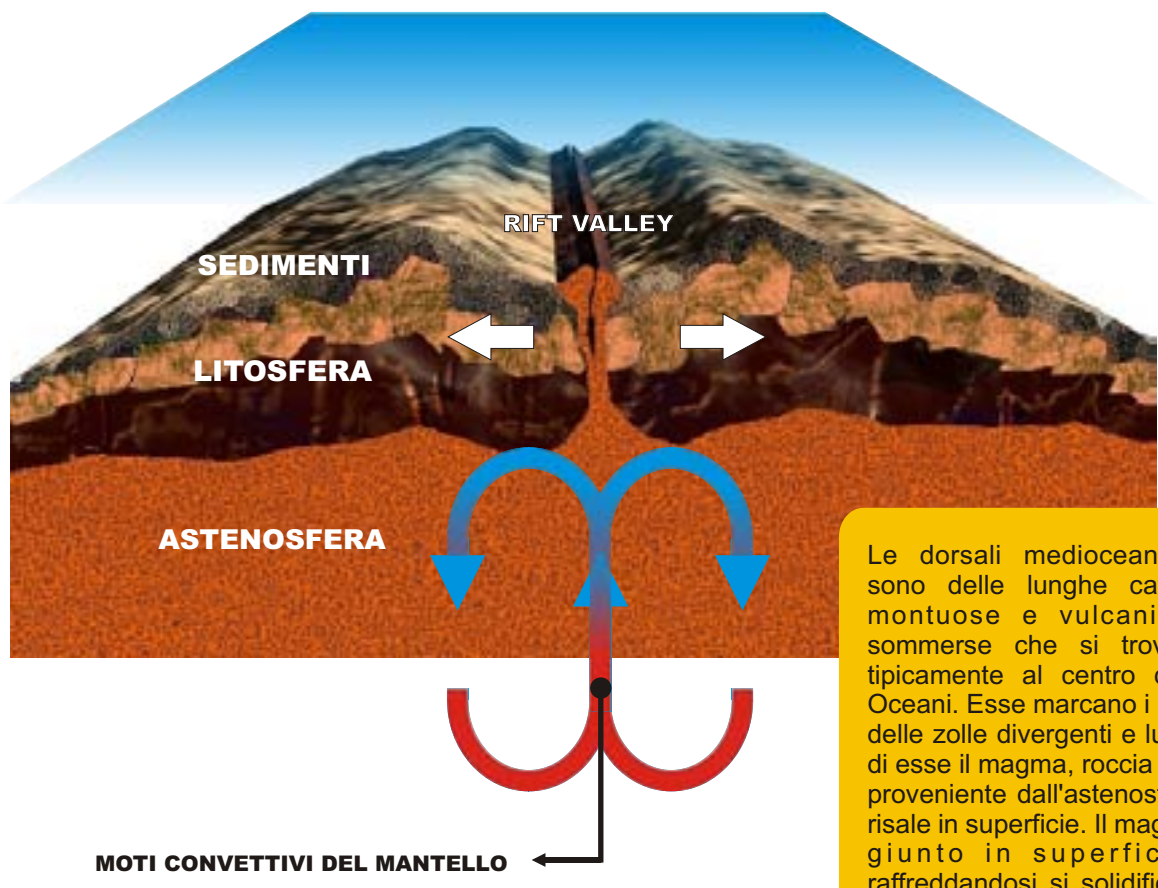
La convezione è la propagazione di calore che avviene nei fluidi mediante spostamento di materia. Un tipico esempio di convezione è quello che si verifica in una pentola piena di acqua posta sul fuoco. In questo caso, il calore prodotto dalla fiamma è trasferito alla base della pentola che a sua volta lo trasferirà all'acqua posta a suo diretto contatto. Quest'acqua, più calda di quella soprastante, tenderà a risalire mentre l'acqua più fredda, situata alla sommità della pentola, tenderà a scendere. Si innesca, così, un moto convettivo. Nella Terra, il materiale costituente il mantello superiore assume un comportamento prossimo ad un fluido se sottoposto a temperature elevate. Sotto queste condizioni, se esistono forti differenze di temperatura tra le zone basale e sommitale dell'astenosfera, possono innescarsi dei moti convettivi che costituirebbero, quindi, il motore che sposta le placche litosferiche.

La litosfera non è un tutt'uno ma è frammentata in circa quindici grosse parti e numerose piccole, dette *zolle*, che “galleggiano” sull'astenosfera. Per effetto di forze che si generano all'interno del mantello, ad esempio, i *moti convettivi*, queste zolle si muovono l'una rispetto all'altra con velocità media di qualche centimetro all'anno. Tale moto fa sì che esse vengano a contatto determinando, lungo le zone di collisione, un accumulo di energia elastica. I margini di contatto tra le diverse zolle sono di tre tipi: *divergenti*, *convergenti*, *trasformi* (Figura 2). Le zone di margini divergenti sono marcate dalle *dorsali oceaniche* (Figura 3). Lungo questi margini parte del materiale astenosferico risale verso la superficie e dopo raffreddamento forma nuova litosfera.

Figura 2: TIPI DI MARGINI FRA LE ZOLLE



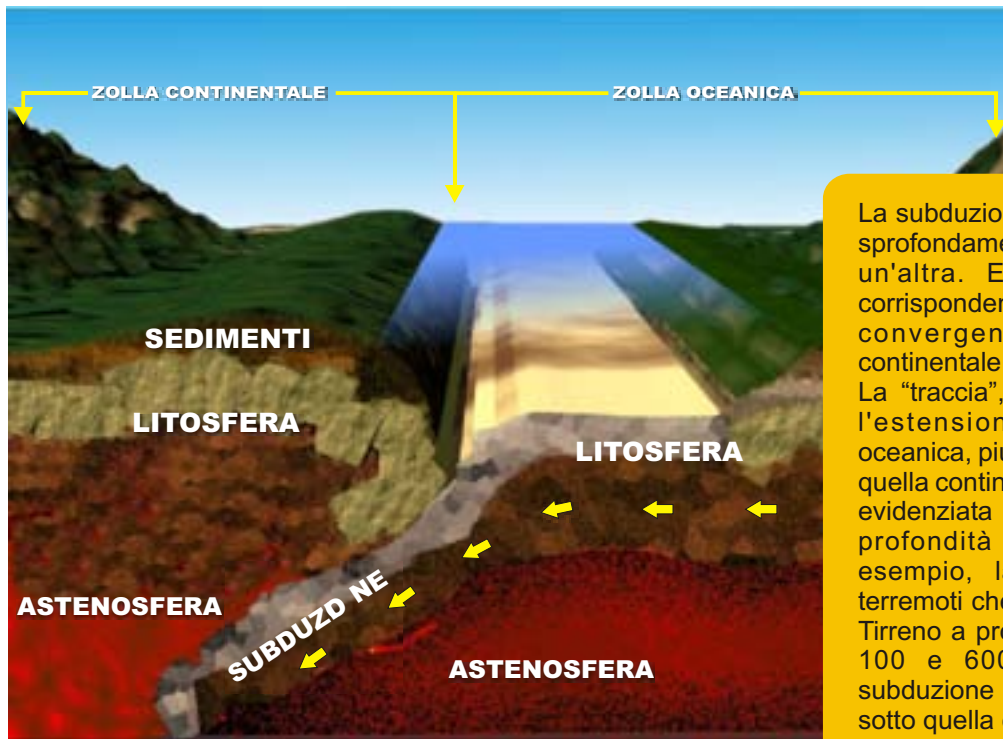
Figura 3: MARGINI DIVERGENTI



Le dorsali medioceaniche sono delle lunghe catene montuose e vulcaniche sommerse che si trovano tipicamente al centro degli Oceani. Esse marcano i limiti delle zolle divergenti e lungo di esse il magma, roccia fusa proveniente dall'astenosfera, risale in superficie. Il magma, giunto in superficie, raffreddandosi si solidifica e accresce la litosfera oceanica contribuendo, così, all'espansione dei fondali oceanici.

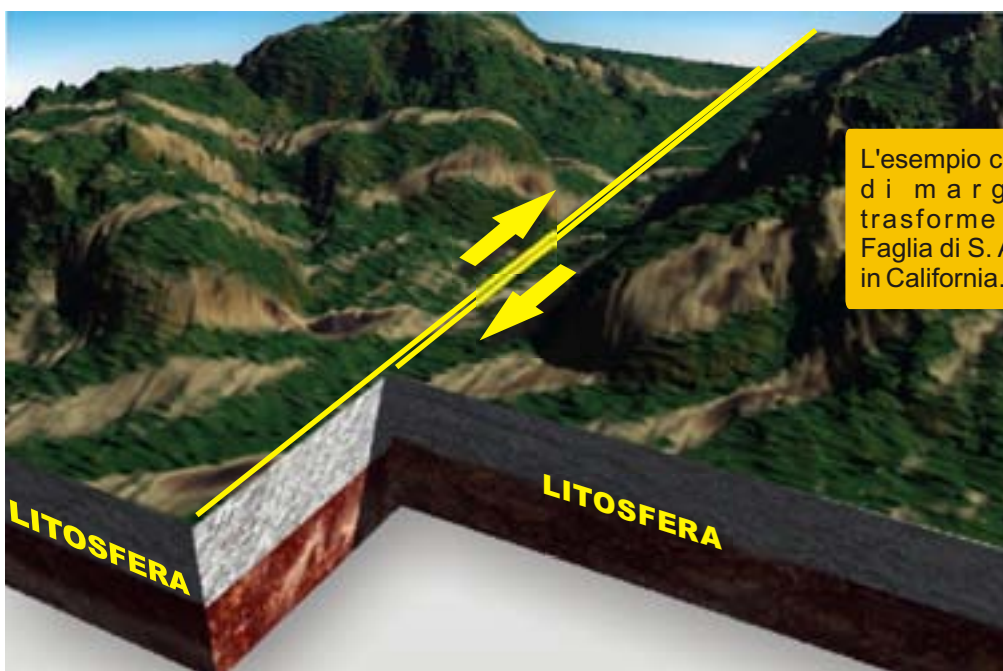
Le zone di margini convergenti (Figura 4) si creano quando due zolle si muovono nella stessa direzione ma con verso opposto. In questi casi una delle due zolle sprofonderà sotto l'altra immergendosi nell'astenosfera. Nei margini trasformati si ha uno scorrimento delle due zolle l'una rispetto all'altra senza formazione o distruzione di litosfera (Figura 5).

Figura 4: MARGINI CONVERGENTI



La subduzione è il meccanismo di sprofondamento di una zolla sotto un'altra. Esso si verifica in corrispondenza di un margine di convergenza tra una zolla continentale ed una zolla oceanica. La "traccia", cioè la geometria e l'estensione, della litosfera oceanica, più fredda e più densa di quella continentale, che subduce è evidenziata dalla distribuzione in profondità dei terremoti. Ad esempio, la distribuzione dei terremoti che si verificano nel Mar Tirreno a profondità comprese tra 100 e 600 km identifica la subduzione della zolla africana sotto quella euroasiatica.

Figura 5: MARGINI TRASFORMATI



L'esempio classico di margine trasformato è la Faglia di S. Andrea in California.

Lungo i margini di contatto delle zolle litosferiche è concentrata gran parte dell'attività sismica e vulcanica che si verifica sulla Terra. La distribuzione dei terremoti (Figura 6a) marca in modo netto i confini tra le varie zolle (Figura 6b). L'attività sismica è prevalentemente concentrata nella zona circum-Pacifica e lungo le zone di collisione continentale, ad esempio, quale quella dell'area mediterranea.

Figura 6a: DI STRIBUZIONE DEI TERREMOTI

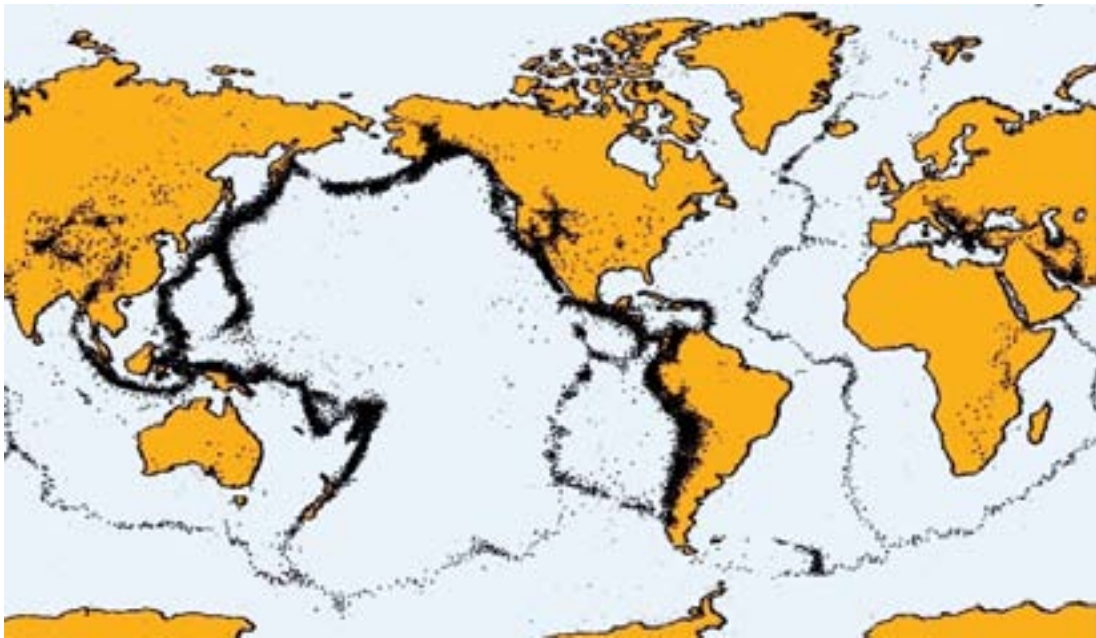
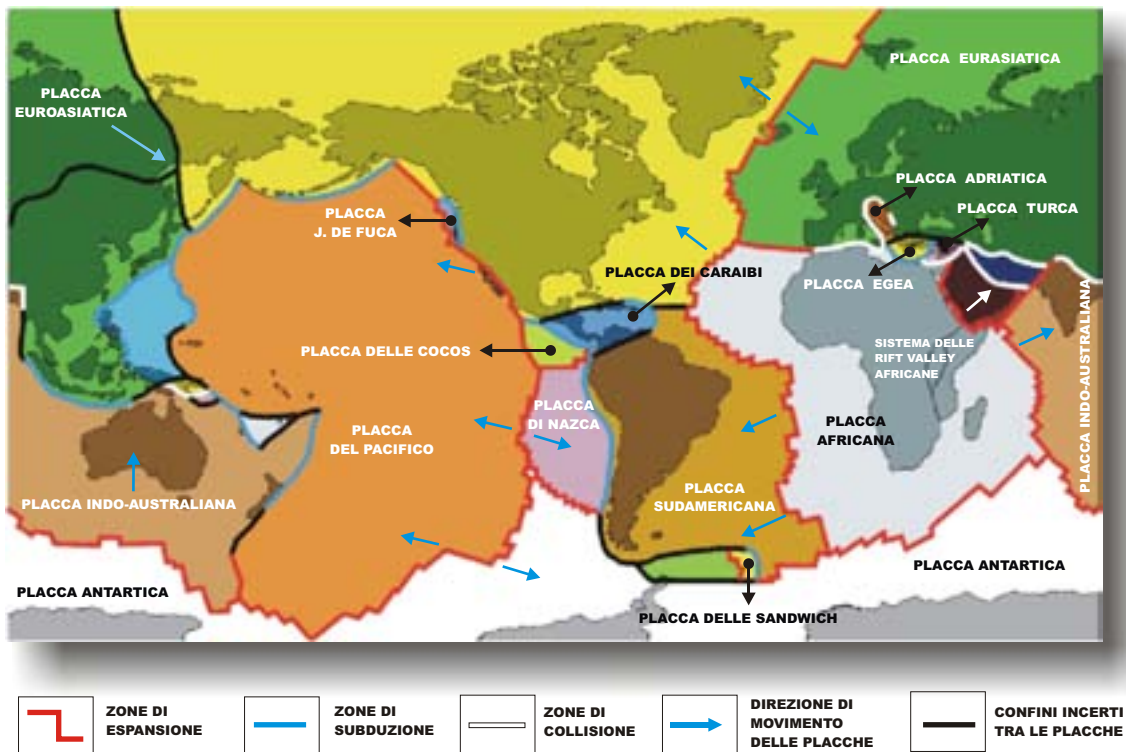
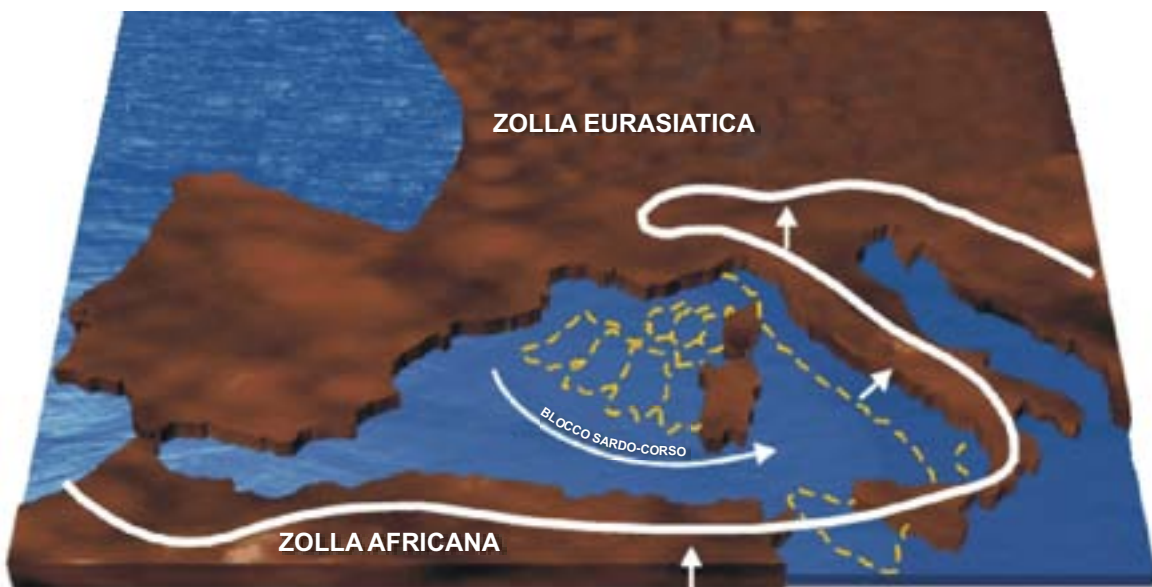


Figura 6b: DI STRIBUZIONE DELLE PLACCHE



Questa area rappresenta il margine tra la zolla Euro-Asiatica e la zolla Africana. L'attività sismica si allinea lungo una direttrice che, partendo dallo stretto di Gibilterra, raggiunge l'area delle Dinaridi, passando per le catene montuose dell'Africa Settentrionale, dell'Appennino e delle Alpi (Figura 7). La complessità dell'area mediterranea è probabilmente dovuta all'esistenza di una serie di microzolle interposte tra l'Africa ed Europa, con movimenti relativi parzialmente indipendenti da quelli delle due zolle principali.

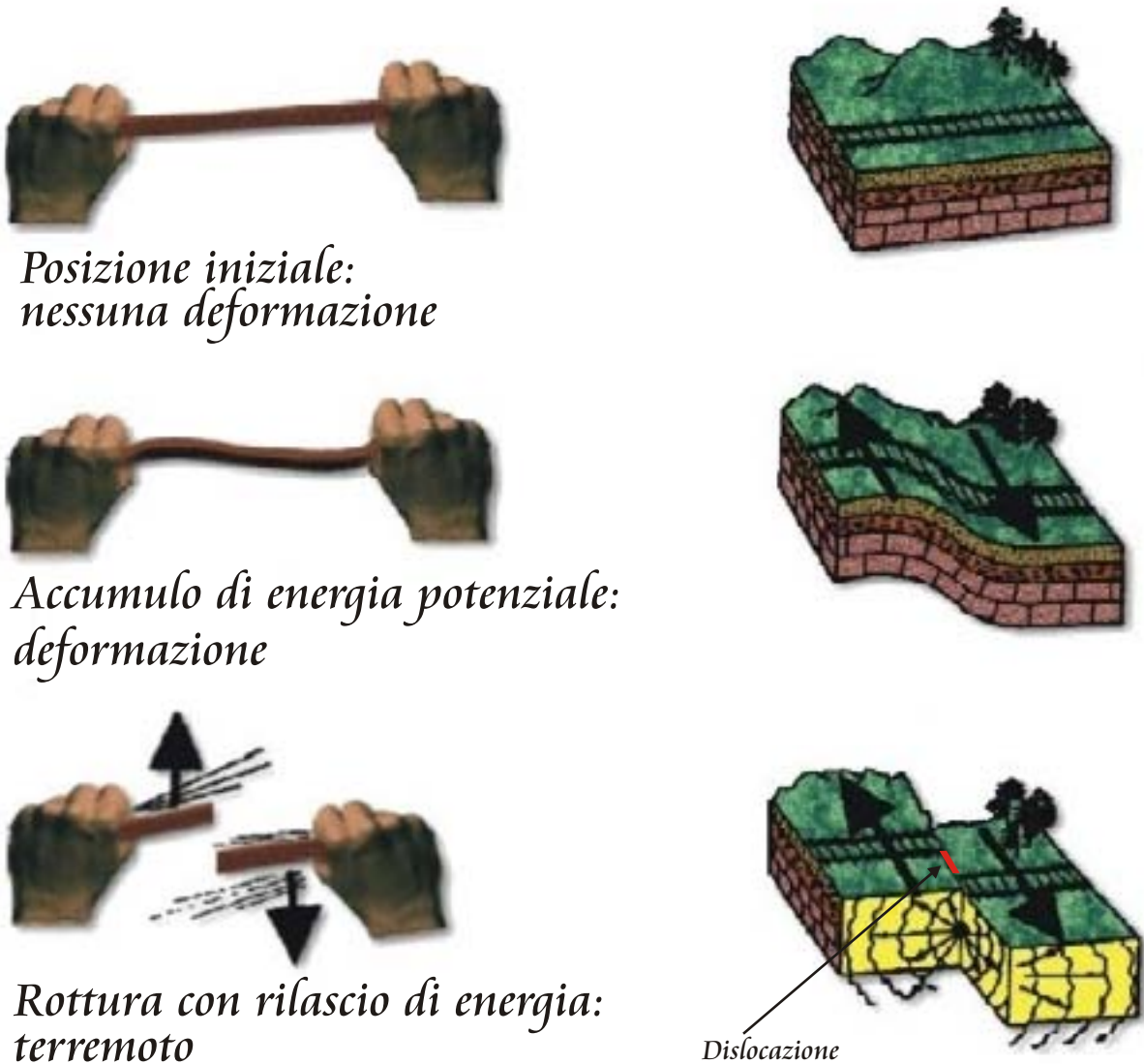
Figura 7: ZOLLE EUROASIATICA ED AFRICANA



## IL TERREMOTO E LE FAGLIE

Dal latino *terrae motu*, "movimento della terra", il terremoto è un rapido scuotimento del suolo causato dalla fratturazione delle rocce sottoposte a sforzo. Un terremoto può essere visto come una perdita di equilibrio delle masse rocciose costituenti la parte più esterna della Terra. Ma come avviene questa "perdita di equilibrio"? Le rocce costituenti la crosta terrestre se sottoposte a sforzi tenderanno a deformarsi accumulando energia. Questo processo di deformazione avviene in tempi lunghissimi e continua fino a quando l'energia accumulata per l'azione di questi sforzi supera il punto critico di resistenza delle rocce per cui si ha la loro frattura (Figura 8).

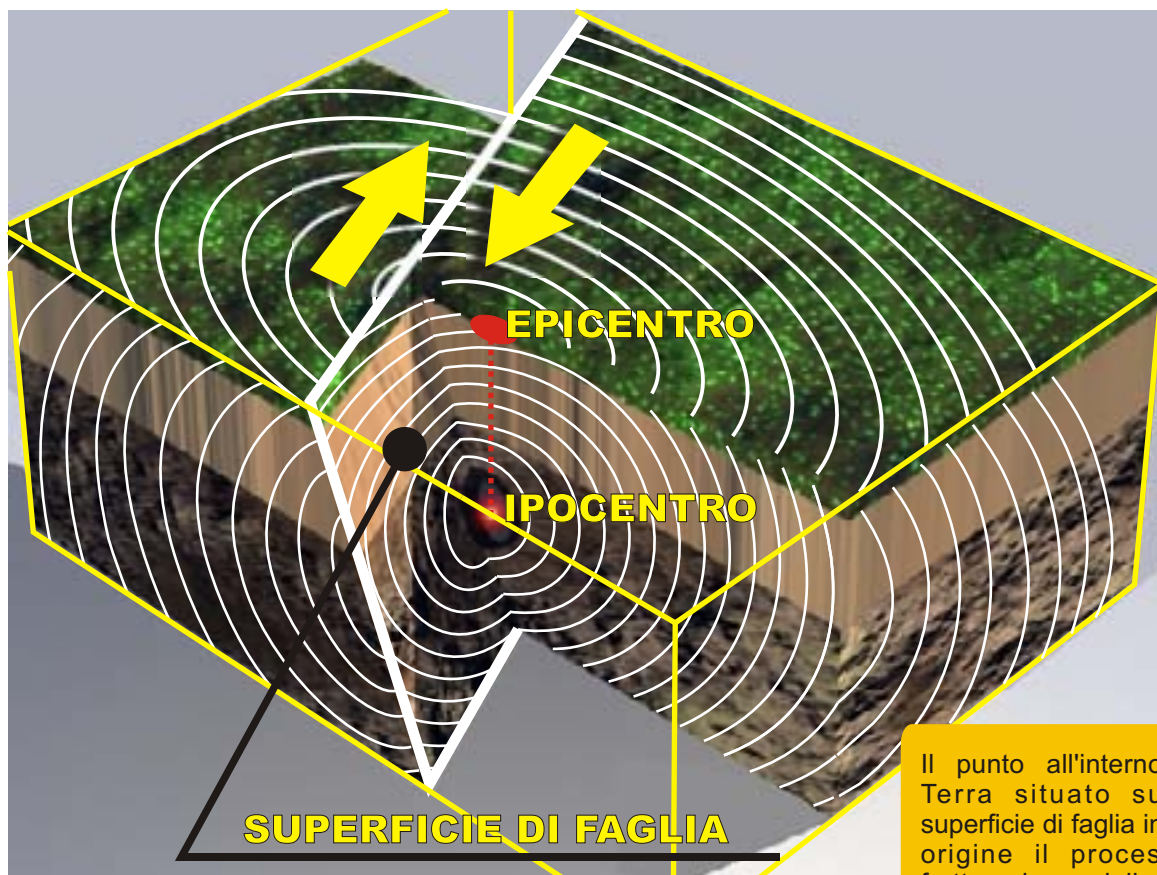
Figura 8: GENERAZIONE DI UN TERREMOTO



Il processo di fratturazione all'interno della crosta terrestre comincia in un punto, detto *ipocentro* (Figura 9), e si propaga lungo superfici che i sismologi chiamano *faglie*. Come conseguenza, le masse rocciose a cavallo di tali superfici si sposteranno rapidamente. Due punti che prima della fratturazione risultavano essere omologhi sulle due diverse facce della frattura, dopo il processo di fratturazione risulteranno spostati l'uno rispetto all'altro. L'entità di questo spostamento è detto *dislocazione* (Figura 8).

Nei grossi terremoti il processo di fratturazione può durare diversi secondi. Ad esempio, durante il terremoto dell'Irpinia del 1980 questo processo è durato circa 40 secondi perché il terremoto è stato prodotto dalla consecutiva rottura di tre segmenti di faglia. Nel terremoto del Molise del 31 Ottobre 2002, invece, nelle due scosse più forti questo processo è durato meno di 10 secondi.

Figura 9: EPICENTRO E IPOCENTRO



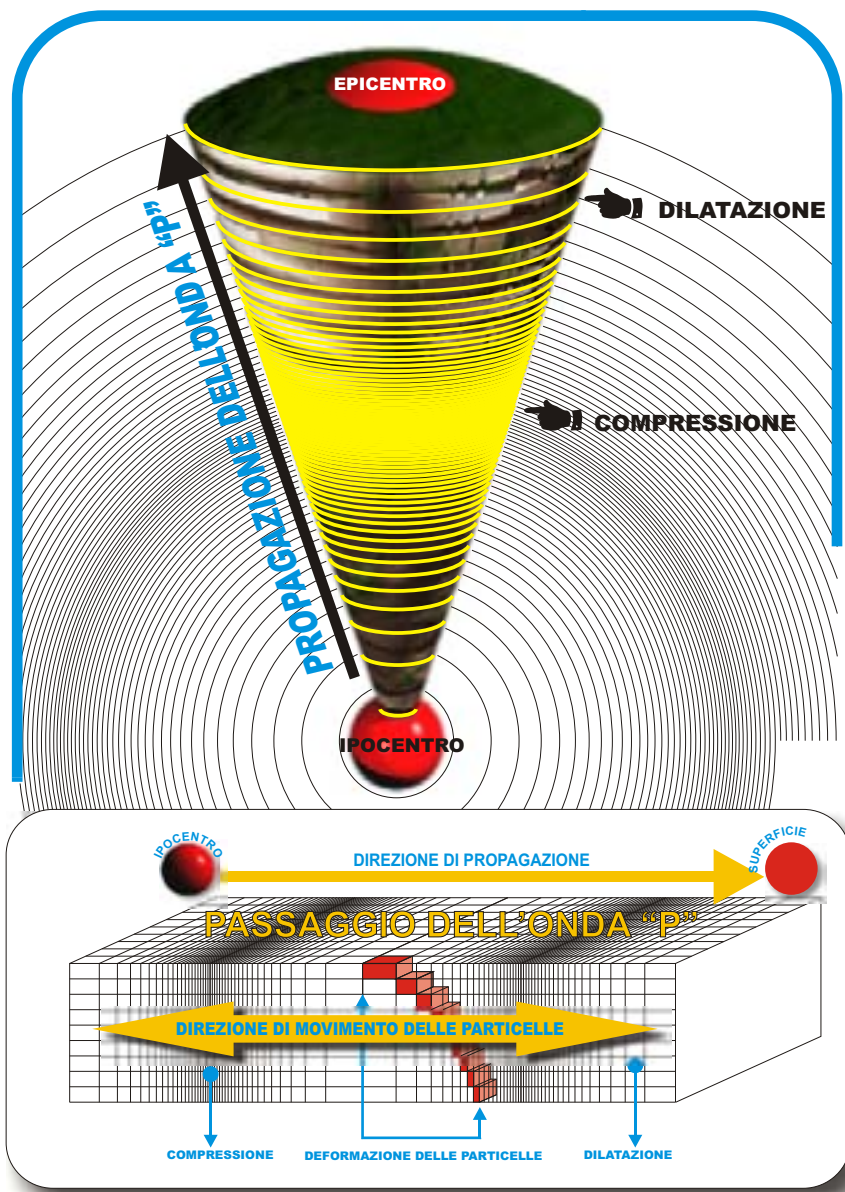
Il punto all'interno della Terra situato su una superficie di faglia in cui ha origine il processo di fratturazione delle rocce che provoca un terremoto è detto ipocentro. La proiezione dell'ipocentro sulla superficie terrestre, lungo la direzione verticale, è detto epicentro.



## LE ONDE SISMICHE

Parte dell'energia rilasciata durante il processo di fratturazione viene spesa per generare le *onde sismiche* che, raggiunta la superficie terrestre, creano lo scuotimento del suolo. Le onde sismiche originatesi all'ipocentro si propagano in tutte le direzioni. Il processo di fratturazione delle rocce che genera queste onde dura alcuni secondi, ma il tempo di propagazione dall'ipocentro alla superficie terrestre può essere anche di diversi minuti. Le onde sismiche si dividono in onde di *Volume* ed onde di *Superficie*. Le onde di Volume, denotate come *onde P*, primarie, ed *S*, secondarie, hanno diversa modalità di propagazione. Al passaggio di un'onda P le particelle che costituiscono il mezzo si deformano temporaneamente producendo compressioni e dilatazioni nella stessa direzione di propagazione dell'onda (Figura 10).

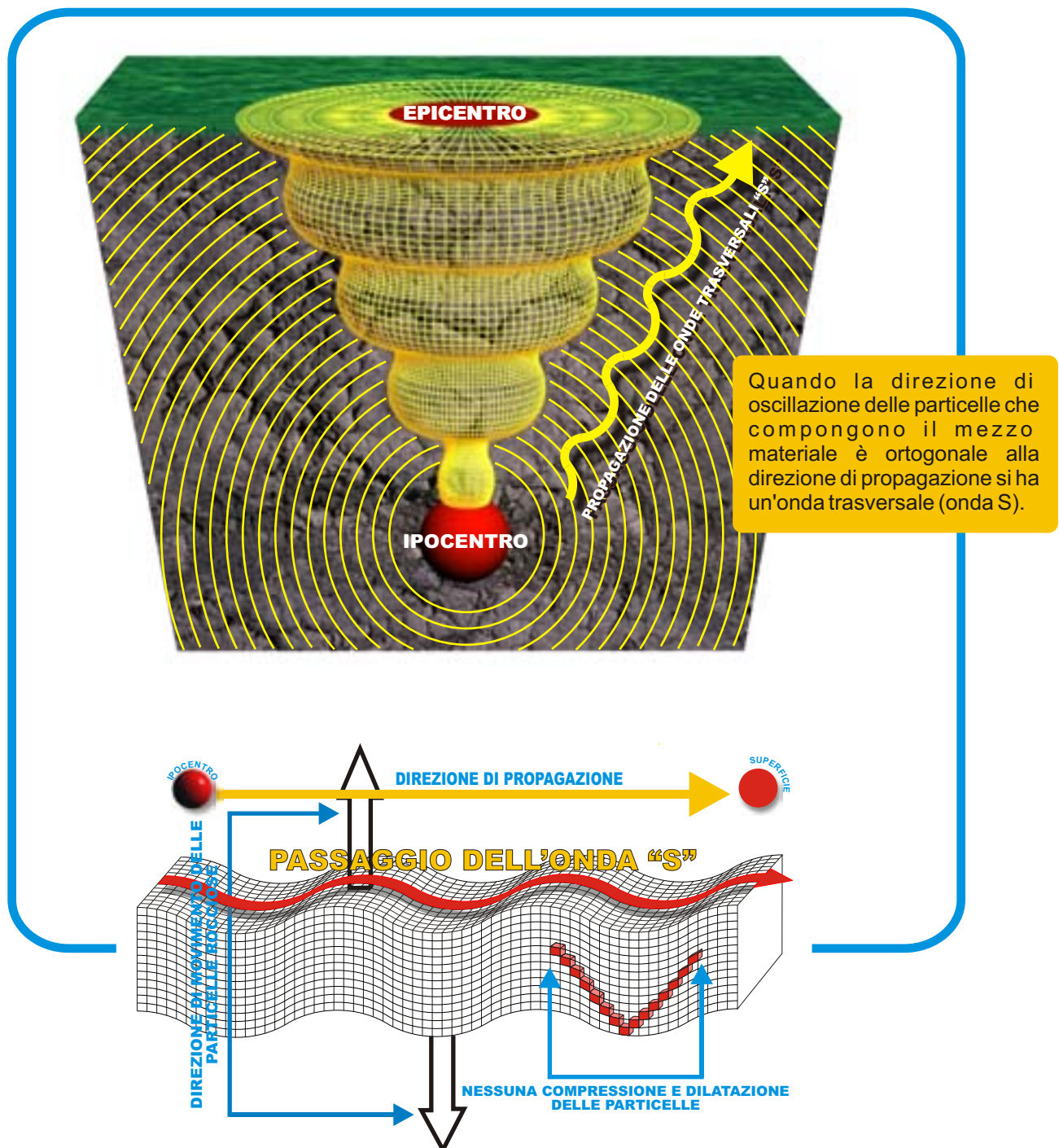
Figura 10: LE ONDE LONGITUDINALI "P"



Si definisce onda ogni oscillazione che si propaghi attraverso lo spazio o attraverso la materia. Una oscillazione produce una variazione di stato che avviene in un certo punto dello spazio mentre un'onda produce una variazione di stato in un certo istante. Quando la direzione di propagazione di un'onda, cioè la direzione in cui viene trasmessa la variazione di stato, coincide con la direzione di oscillazione delle particelle che compongono il mezzo materiale, si ha un'onda longitudinale (onda P). L'onda acustica è il classico esempio di onda longitudinale. La voce umana, ad esempio, fa vibrare le particelle che compongono il mezzo materiale, in questo caso l'aria, lungo la stessa direzione di propagazione dell'onda acustica emessa dalle oscillazioni delle corde vocali.

Al passaggio di un'onda S, invece, le particelle oscillano in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda (figura 11). Le due onde si propagano con velocità differente. Ad esempio, nella crosta terrestre la velocità media dell'onda P è circa 6,5 km/s, mentre la velocità media dell'onda S è circa 3,5 km/s. Al contrario delle onde P, le onde S non si propagano nei liquidi. L'ampiezza delle onde di volume decresce con l'aumentare della distanza dalla sorgente.

Figura 11: LE ONDE TRASVERSALI "S"



Le onde di Superficie si propagano lungo direzioni parallele alla superficie terrestre e anch'esse sono di due tipi: onde di *Rayleigh* e onde di *Love*. Le onde di Rayleigh sono visibili con una piccola esperienza da fare in casa, perché esse si propagano con le stesse modalità di quando si lancia un sasso in uno stagno. Al loro passaggio le particelle solide che costituiscono il terreno vibrano secondo orbite ellittiche e retrograde rispetto la direzione di propagazione (Figura 12). Le onde di Love, invece, al loro passaggio fanno vibrare il terreno lungo le direzioni trasversale ed orizzontale rispetto alla direzione di propagazione. L'ampiezza delle onde di superficie decresce meno rapidamente di quella delle onde di volume con l'aumentare della distanza dalla sorgente. Esse, inoltre, sono le più pericolose in quanto sono responsabili dei danni più rilevanti che possono aversi sui manufatti ubicati nell'area epicentrale a seguito di un forte terremoto.

Figura 12: LE ONDE DI SUPERFICIE



## L'ENERGIA DI UN TERREMOTO

Quando si verifica un terremoto è necessario stimarne la “forza”, o meglio, la sua energia. Nel 1935 il Sismologo C.F. Richter definì il parametro “*Magnitudo*” come misura oggettiva della quantità di energia elastica rilasciata durante un terremoto. La Magnitudo fu definita da Richter come il logaritmo in base dieci dell'ampiezza massima, misurata in micron, del movimento del suolo registrato da un sismografo standard nel corso di un terremoto avvenuto alla distanza epicentrale di 100 km. Questa definizione significa che la magnitudo di un terremoto può essere calcolata dall'ampiezza delle onde sismiche registrate dai sismografi. La magnitudo è espressa attraverso un numero puro e per ogni incremento di una unità di magnitudo corrisponde un incremento, in termini di energia, di 30 volte (Tabella 1). L'uomo avverte, se si trova in prossimità dell'area epicentrale, i terremoti con magnitudo maggiore di 2.5. I terremoti che possono provocare danni al patrimonio edilizio e vittime hanno, generalmente, Magnitudo superiore a 5.5.

Tabella 1: LA SCALA RICHTER

MAGNITUDO	CARATTERISTICHE
0	Sisma molto lieve
2,5 - 3	Scossa avvertita solo nelle immediate vicinanze dell'epicentro
4 - 5	Puo' causare danni localmente
5	L'energia sprigionata e' pari a quella della bomba atomica lanciata su Hiroshima nel 1945
6	Sisma distruttivo in un'area di circa 10 Km di raggio
7	Sisma distruttivo in un'area di circa 30 Km di raggio
7 - 8	Grande terremoto distruttivo magnitudo del terremoto di S. Francisco del 1906
8,4	Vicino al massimo noto; energia rilasciata pari a circa $2 \times 10^{25}$ ergs
8,6	Massimo valore di magnitudo noto, osservato tra il 1900 e il 1950. L'energia rilasciata dal sisma è circa tre milioni di volte superiore all'energia spigionata della prima bomba atomica lanciata su Hiroshima nel 1945

Per i terremoti che sono accaduti nel passato non si dispone delle registrazioni delle onde sismiche dai sismografi. In questi casi è possibile ottenere una stima del “quanto è stato forte un terremoto” sulla base degli effetti che il terremoto ha prodotto sul terreno, sulle costruzioni, sulle persone. Il parametro che quantifica la forza di un terremoto in base agli effetti che esso produce è l'*Intensità*. Essa è espressa con la scala MCS (Mercalli-Cangani-Sinberg), meglio nota come “Scala Mercalli” in onore del sismologo italiano che per primo propose una scala basata sugli effetti prodotti da un terremoto. La scala Mercalli è costituita da dodici gradi e l'Intensità diminuisce con l'aumentare della distanza epicentro - punto di osservazione. L'uomo avverte gli effetti a partire dal III grado (Tabella 2). Al XII grado corrispondono stravolgimenti sulla superficie terrestre quali, ad esempio, vistosissime deformazioni del suolo, alterazioni del regime idrico e distruzione di quasi tutte le opere dell'uomo.

La stima dell'Intensità di un terremoto è effettuata su base soggettiva dei danni che il terremoto produce e non attraverso la misura oggettiva dell'ampiezza del moto del suolo, come per la Magnitudo. Inoltre, i danni che un terremoto può produrre sono notevolmente influenzati dalla natura del terreno e dal tipo di antropizzazione presente nell'area di risentimento dell'evento. Ad esempio, un terremoto di Magnitudo 6 con epicentro in un'area desertica o alla profondità di 500 km come quelli che si verificano nel Mar Tirreno meridionale, ha intensità Mercalli pari a zero. La stima dell'Intensità dei terremoti storici è di fondamentale importanza per l'identificazione delle aree sismogenetiche, per la ricostruzione della storia sismica e la successiva valutazione del rischio sismico di un'area.

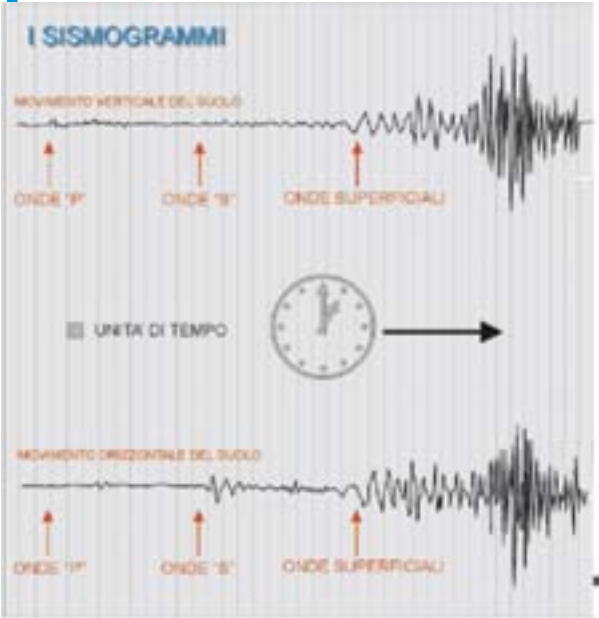
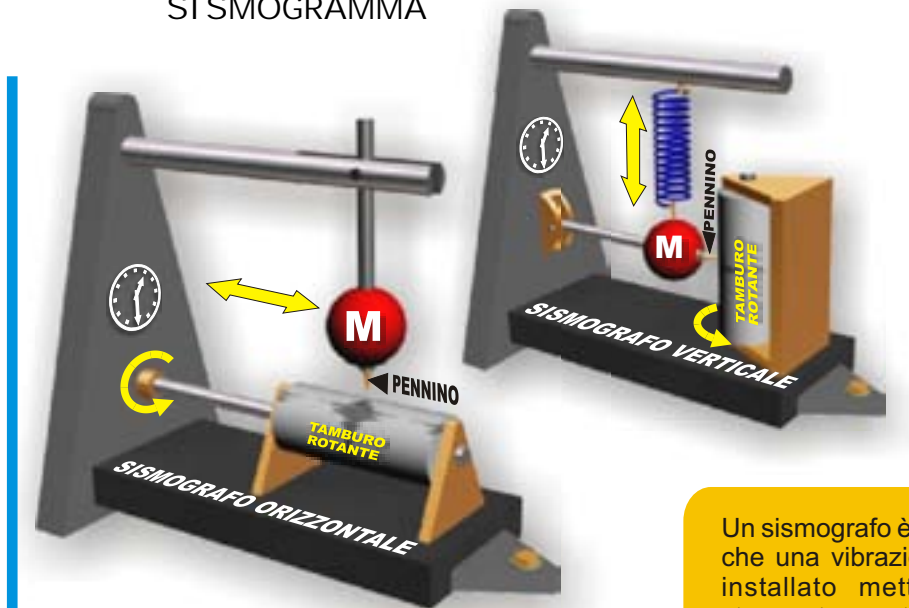
Tabella 2: LA SCALA MERCALLI CANCANI SIEBERG

Grado di Intensità	Caratteristiche	Descrizione degli effetti
I	Impercettibile	Rilevata solo dagli strumenti
II	Molto lieve	Avvertita quasi esclusivamente negli ultimi piani delle case da persone che si trovano in assoluta quiete
III	lieve	Avvertita da poche persone nelle abitazioni, con vibrazioni simili a quelle di una vettura veloce, senza essere riconosciuta come scossa tellurica
IV	moderata	Avvertita da molte persone all'interno delle case e da alcune all'aperto, senza destare spavento, vibrazioni simili ad un pesante autotreno; osservano lieve tremolio di suppellettili, scricchiolio di porte e finestre, tintinnio di vetri, qualche oscillazione di liquidi nei recipienti
V	Abbastanza forte	Avvertita da tutte le persone nelle case e da quasi tutti nelle strade, oscillazioni di oggetti sospesi e visibili movimenti di rami e piante; si hanno suoni di campanelli, irregolarità del moto dei pendoli, scuotimenti di quadri, scricchiolio di mobili, sbattere di porte e finestre; le persone che dormono si svegliano
VI	Forte	Avvertita da tutti con apprensione, forte sbattimento di liquidi, caduta libri, spostamento di mobili leggeri, suono di campane piccole, crepe di intonaci, possibile caduta di qualche tegola o comignolo
VII	Molto forte	Considerevoli danni per urto e caduta di suppellettili, anche pesanti, suono di grosse campane, l'acqua di canali si agita e intorbida il fondo, lievi frane in terreni ghiaioso-sabbioso; considerevole caduta di intonaci e stucchi, rottura di comignoli, distruzione di case vecchie o mal costruite
VIII	Distruttiva	Piegamento e caduta di alberi, caduta di mobili pesanti e solidi, distruzioni gravi agli edifici, caduta di ciminiere, campanili e muri di cinta, costruzioni di legno spostate, lievi fessure nei terreni bagnati
IX	Fortemente distruttiva	Distruzioni e gravi danni a circa il 50% degli edifici
X	Rovinoso	Distruzione di circa il 75% degli edifici, distruzione di ponti e dighe, lieve spostamento di rotaie, rotture di cemento dell'asfalto, frane
XI	Catastrofica	Distruzione generale degli edifici e ponti coi loro pilastri, cambiamenti notevoli del terreno, numerose frane
XII	Totalmente catastrofica	Ogni opera dell'uomo viene distrutta; grandi trasformazioni topografiche, deviazione dei fiumi e scomparsa dei laghi

## GLI STRUMENTI PER MISURARE UN TERREMOTO

Lo strumento che rileva e registra l'andamento in funzione del tempo delle oscillazioni del terreno è il *sismografo*. Il sismografo è costituito da due parti fondamentali: il *sismometro*, o sensore sismico, e l'*apparato di registrazione*. Il principio di funzionamento è abbastanza semplice se si considera il funzionamento del pendolo semplice ed il principio di inerzia. Una massa metallica sospesa ad una molla metallica tenderà a rimanere in quiete, e quindi nella sua posizione di equilibrio, quando la struttura a cui è sospesa, solidale con il suolo, si muove per effetto del terremoto (Figura 13a).

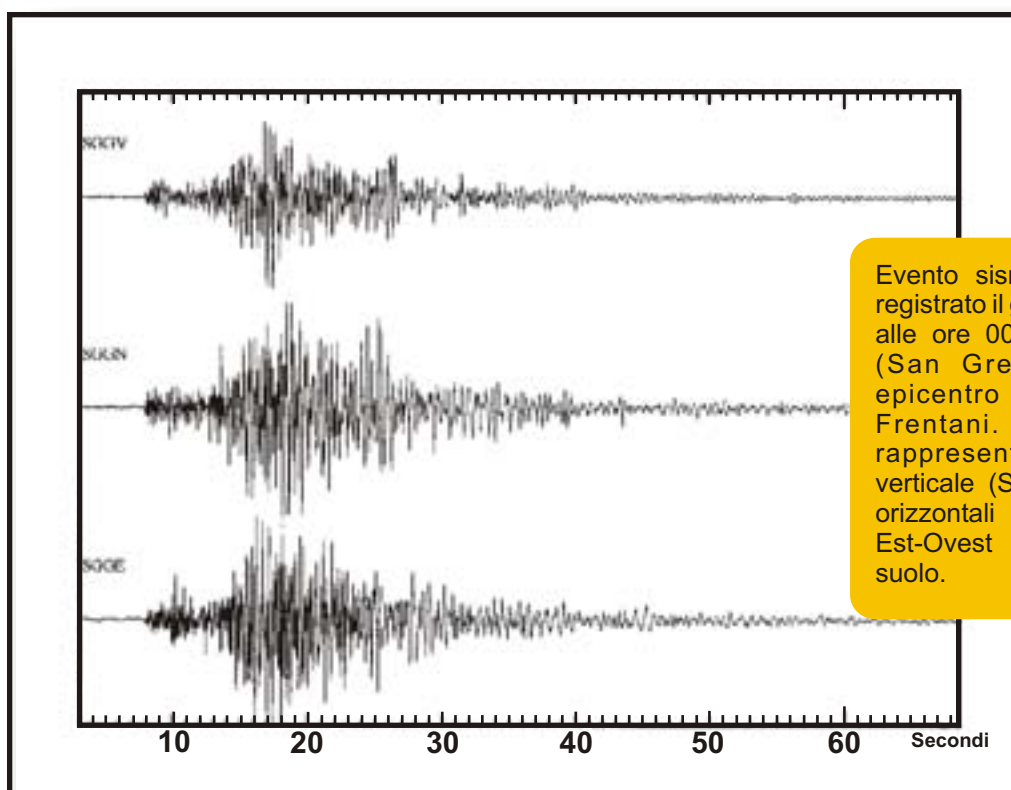
Figura 13a: I SISMOGRAFI - PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO E SISMOGRAMMA



Un sismografo è progettato in modo tale che una vibrazione del suolo su cui è installato mette in movimento lo strumento mentre la massa M tende a rimanere in quiete permettendo al pennino di registrare questa differenza di moto sul tamburo rotante. Per il corretto funzionamento, lo strumento deve essere solidale con il suolo. L'orologio è parte di un sistema di sismografi perché l'informazione temporale, intesa sia come data che come ora, minuti, secondi e centesimi di secondo, è un elemento fondamentale in sismologia. Un singolo pendolo che funziona da sismografo non può fornire una rappresentazione completa del moto del suolo perché lavora solo in una direzione. Per risolvere questo problema, attualmente le stazioni sismiche sono dotate di tre strumenti separati in grado di registrare le componenti secondo le direzioni Verticale, Nord-Sud ed Est-Ovest del moto del suolo, rispettivamente. I due sismografi mostrati in figura sono di tipo orizzontale (Nord-Sud od Est-Ovest), con moto differenziale solo in un piano orizzontale, e Verticale, con moto nel piano verticale.

I sismometri odierni contengono al loro interno dei trasduttori elettro-meccanici in grado di convertire il movimento meccanico del moto del suolo in un segnale elettrico la cui tensione è proporzionale al moto della massa oscillante rispetto alla struttura cui è vincolata. L'utilizzo dei trasduttori fa sì che l'andamento nel tempo del moto del suolo può essere "trasferito", via radio o tramite linee telefoniche dedicate, in siti predisposti all'acquisizione dei segnali sismici provenienti da più stazioni. La registrazione del moto del suolo in funzione del tempo, prodotto su carta termosensibile o visualizzato al computer, è il *sismogramma* (Figura 13a, Figura 13b). Questo "tracciato" può essere molto lungo, perché il moto del suolo provocato dal passaggio delle onde sismiche può durare da pochi secondi a diversi minuti, a seconda della Magnitudo e della distanza sorgente stazione sismica. Sul sismogramma è possibile effettuare diverse misure quali, ad esempio, tempo di arrivo delle onde P ed S, l'ampiezza massima e la durata del segnale registrato. Le letture delle onde P ed S sui sismogrammi registrati da più stazioni sismiche, almeno tre ed opportunamente distribuite sul territorio, consentono la localizzazione analitica dell'epicentro e dell'ipocentro del terremoto, mentre l'ampiezza e la durata del segnale sismico registrato consentono la stima della Magnitudo. Integrando con altre misure rivolte all'identificazione delle diverse fasi sismiche, è possibile effettuare studi di dettaglio, ad esempio, sull'attenuazione ed amplificazione dei materiali attraversati dalle onde, sull'individuazione e stima delle profondità delle discontinuità presenti all'interno della Terra. Grazie a questi studi si conosce, con buon dettaglio, la struttura della Terra mostrata in Figura 1.

Figura 13b: SISMOGRAMMA



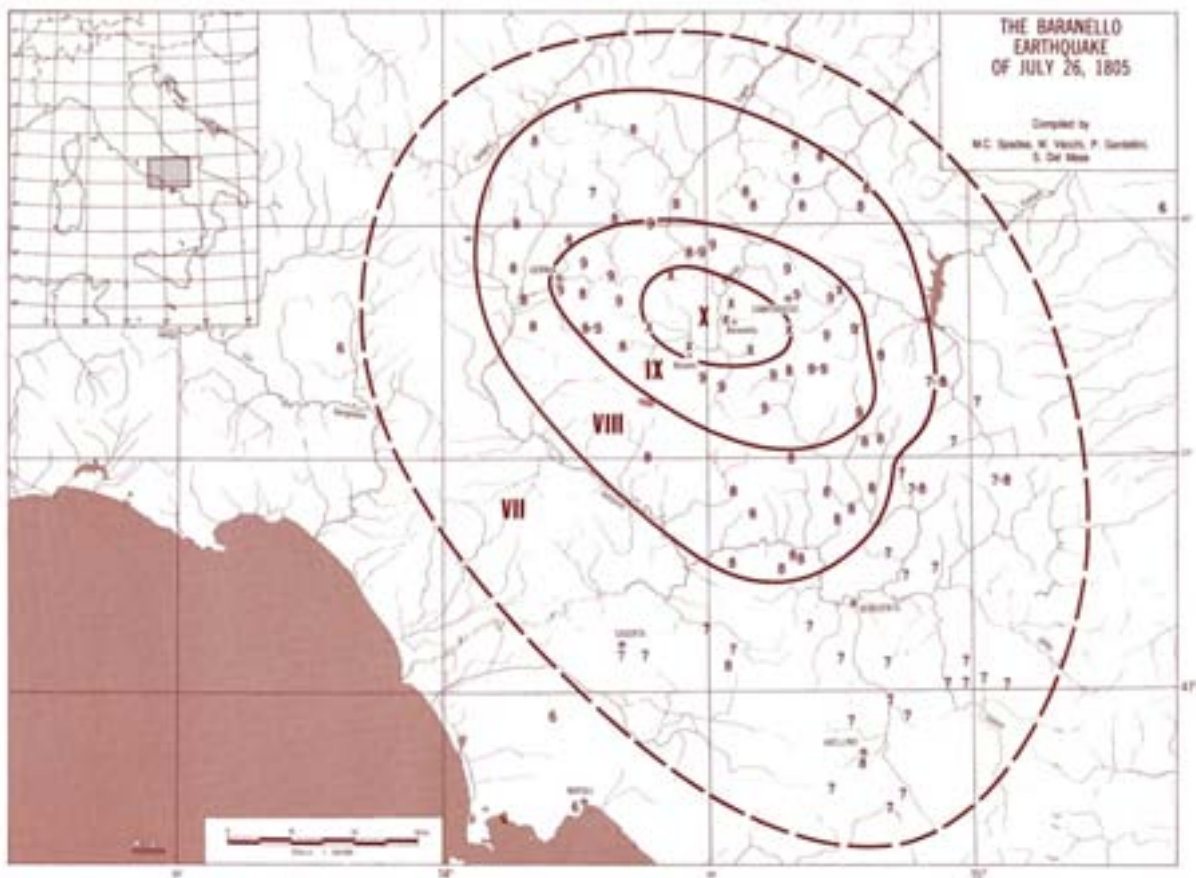
Evento sismico di Magnitudo 2.7 registrato il giorno 2 Novembre 2002 alle ore 00:46 alla stazione SGG (San Gregorio Matese) con epicentro nell'area dei Monti Frentani. I tre sismogrammi rappresentano la componente verticale (SGGV) e le componenti orizzontali Nord-Sud (SGGN) ed Est-Ovest (SGGE) del moto del suolo.



## I CATALOGHI SISMICI

L'Italia è uno delle zone sismicamente più attive del Mediterraneo e il buon livello culturale ha fatto sì che già dai primi secoli dopo Cristo le notizie sugli eventi più rilevanti, e quindi sugli eventi sismici, venissero riportate in testi scritti sotto forma di cronache. Grazie a questi scritti nel XIX secolo gli studiosi di sismologia fecero i primi tentativi per scrivere una storia sismica dell'Italia, estraendo dalle cronache del passato le informazioni riguardanti i terremoti. Non avendo a disposizione dati strumentali ma solo descrizioni dei danni che il terremoto aveva prodotto, per catalogare gli eventi sismici ci si basò sulla valutazione degli effetti prodotti. Fu necessario, quindi, introdurre un metodo di valutazione, le scale macrosismiche, in grado di sintetizzare gli effetti, zona per zona, tramite un numero: l'*Intensità macrosismica*. Per i forti terremoti, disponendo di molte notizie e descrizione dei danni in varie località, si sono potute tracciare delle mappe macrosismiche, che rappresentano l'andamento della propagazione degli effetti in superficie. Le valutazioni dell'Intensità per ogni località vengono riportate su tali mappe e racchiudendo con delle isolinee, dette *isosisme*, le zone di uguale valore di Intensità, si ha l'immediata percezione della distribuzione del danni sul territorio. Ad esempio, in Figura 14 è riportata la distribuzione delle isosisme per il terremoto di Baranello del 1805.

Figura 14: I SOSI SME DEL TERREMOTO BARANELLO DEL 1805

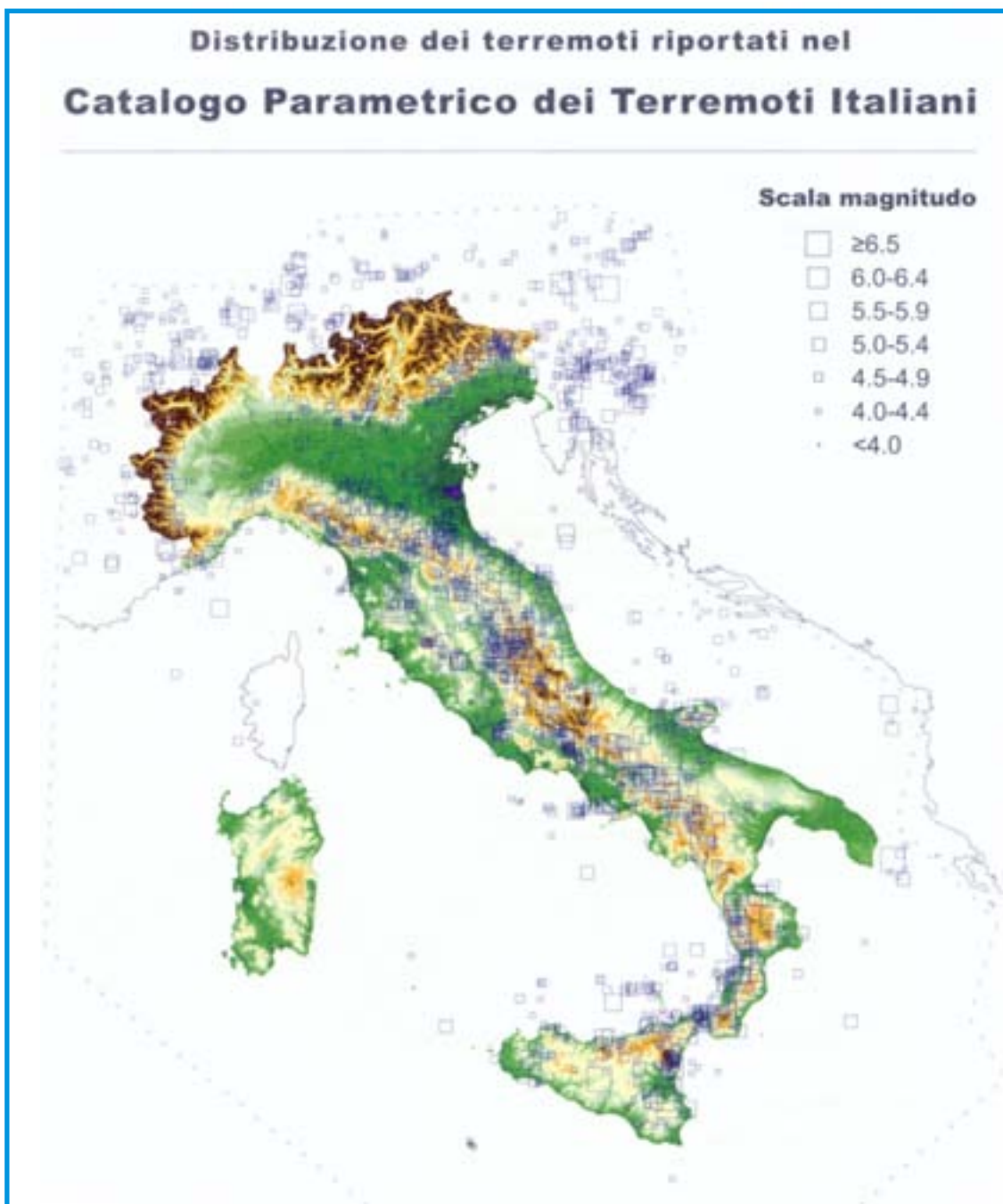


Per la valutazione, zona per zona, di quantità numeriche che rendano conto complessivamente di tutta l'attività sismica del territorio italiano, in altri termini, per realizzare la macrozonazione sismica del territorio italiano, esistono cataloghi in cui sono riportate informazioni per ogni singolo terremoto. Un primo tipo di Catalogo, quello parametrico, contiene informazioni di base, che sinteticamente indicano per ogni terremoto, la data, le coordinate epicentrali, l'Intensità e/o la Magnitudo, quest'ultima calcolata o equivalente a seconda che si disponga o meno delle registrazioni strumentali dei segnali sismici, e l'area epicentrale. Tra i Cataloghi più recenti ed aggiornati, disponibile anche on-line, è il "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani", edito nel 1999 da: I.N.G.V., G.N.D.T., S.G.A., S.S.N. Un secondo tipo di Catalogo è essenzialmente un atlante grafico in cui sono riportate le mappe macrosismiche e le informazioni sugli effetti, per ogni località, provocati dai forti terremoti. Un esempio di questo tipo di Catalogo è: Atlas of Isoleismic Maps of Italian Earthquakes", edito nel 1985 da D. Postpischl nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del C.N.R. La Figura 14 è ripresa da questo Catalogo.

## DOVE ACCADONO I TERREMOTI IN ITALIA

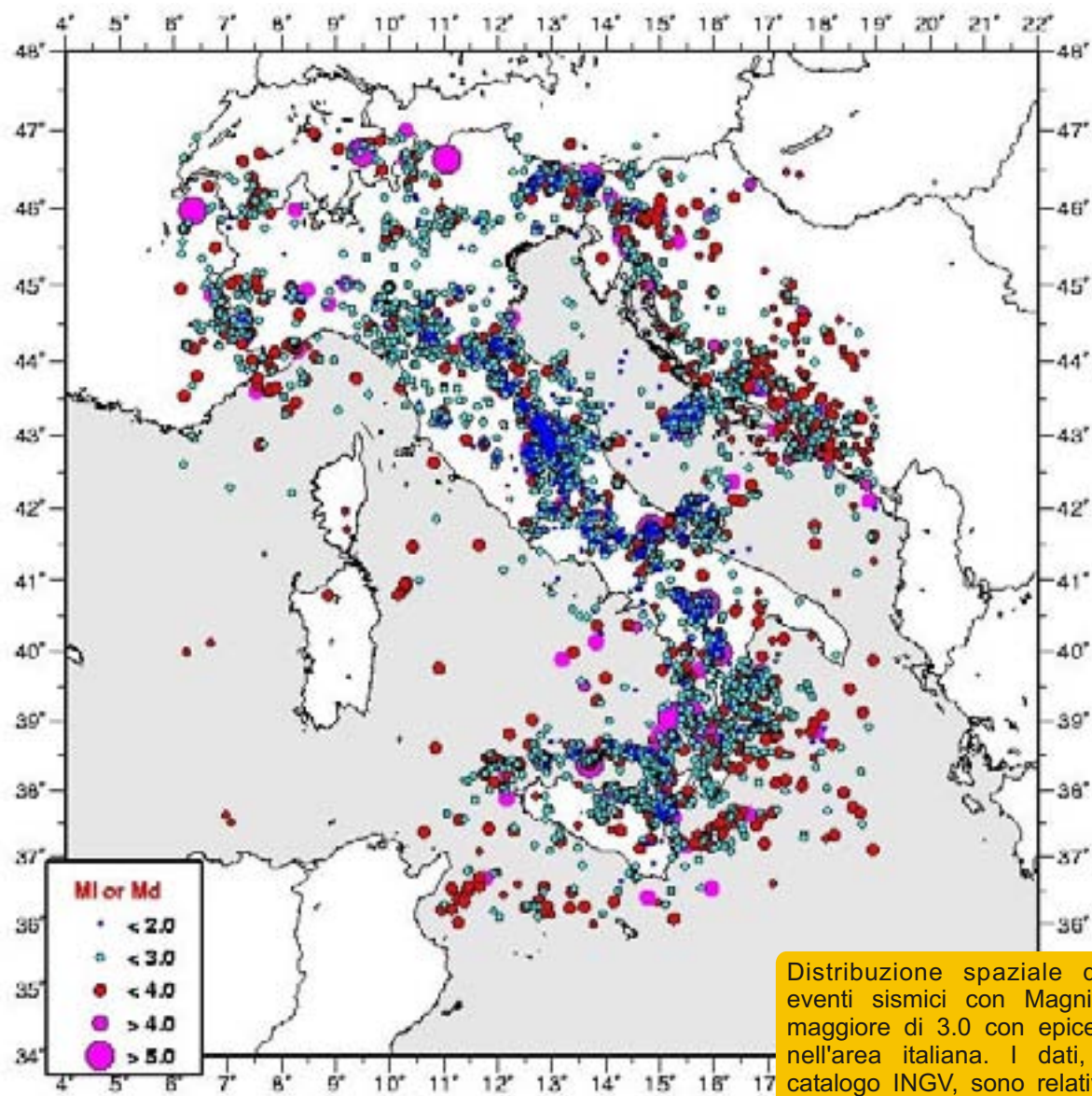
Osservando la distribuzione spaziale dei terremoti avvenuti in Italia dall'anno 461 a.C. al 1990, contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Figura 15), si nota che i terremoti più forti sono concentrati lungo la fascia Alpina ed Appenninica. In particolare, i terremoti con Intensità maggiore dell' VIII grado MCS si sono verificati lungo l'Appennino Centro-Meridionale, che si estende dall'Abruzzo alla Calabria, lungo la fascia orientale della Sicilia, incluso lo Stretto di Messina, lungo le Alpi Orientali e il Gargano.

Figura 15: DI STRIBUZIONE SPAZIALE DEI TERREMOTI STORICI IN ITALIA



La distribuzione dell'attività sismica strumentale, registrata negli ultimi anni in Italia (Figura 16), ricalca essenzialmente la distribuzione dell'attività sismica storica. Fatta eccezione per i terremoti che si verificano fino a profondità di circa 600 chilometri con epicentro nel Tirreno meridionale e dovuti alla subduzione della zolla Africana, l'attività sismica in Italia è concentrata nella crosta terrestre a profondità inferiori a 30 km e, in alcuni casi, mostra una correlazione con le strutture tettoniche visibili in superficie. I terremoti dell'area italiana si verificano sempre nelle stesse zone, definite aree sismogenetiche, aventi la particolarità di essere zone in cui si verifica un accumulo di deformazione causato dal meccanismo del moto relativo delle zolle litosferiche Euro-Asiatica ed Africana.

Figura 16: SISMICITA' STRUMENTALE REGISTRATA IN ITALIA

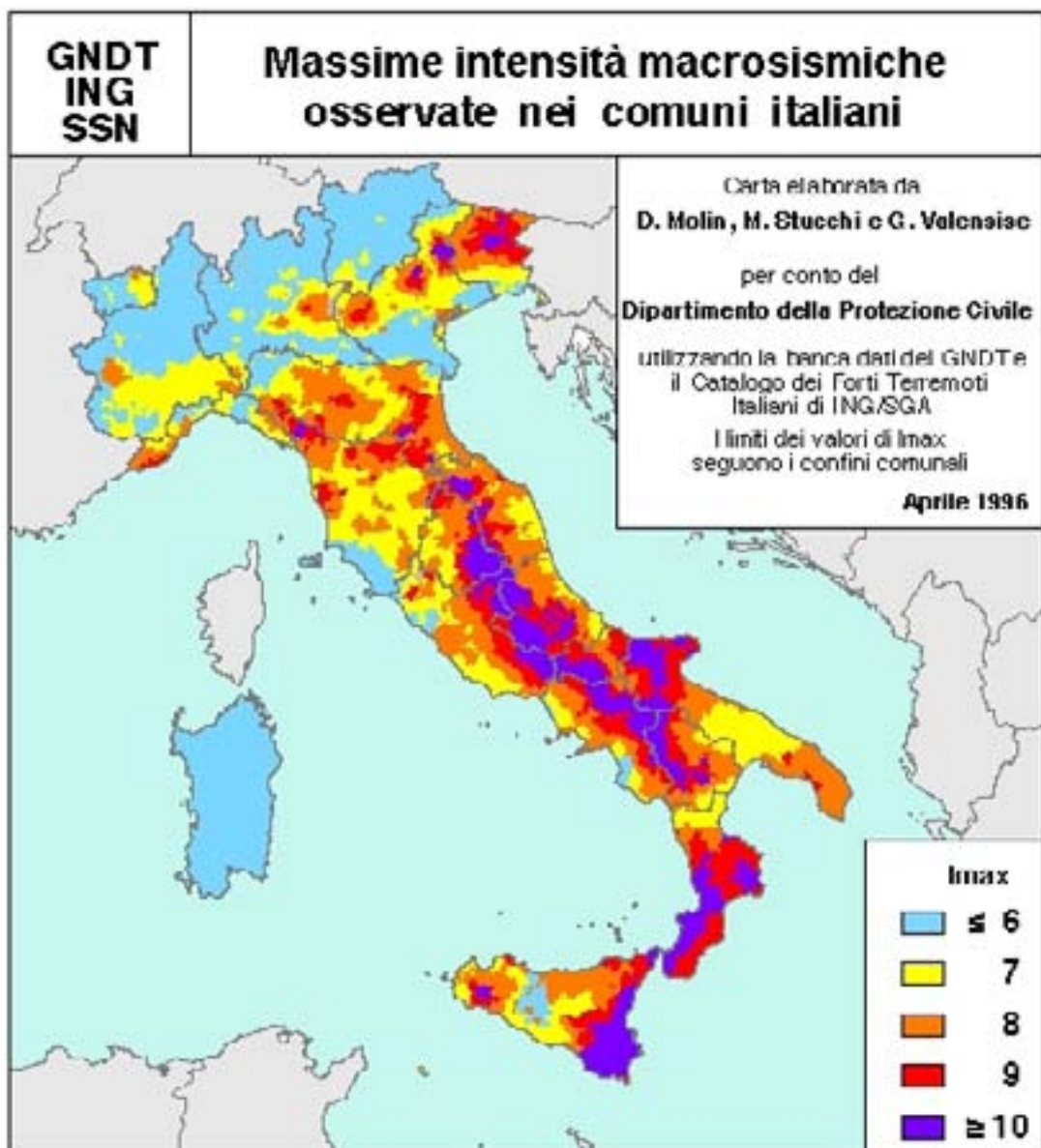


Distribuzione spaziale degli eventi sismici con Magnitudo maggiore di 3.0 con epicentro nell'area italiana. I dati, dal catalogo INGV, sono relativi al periodo 1990 - 2003.

La Mappa delle massime Intensità macrosismiche risentite in Italia (Figura 17) evidenzia che, fatta eccezione di alcune zone delle Alpi Centrali, della Pianura Padana, un tratto della costa della Toscana e gran parte della Sardegna, tutto il territorio italiano è interessato da effetti almeno del VI grado di Intensità MCS.

In definitiva, dallo studio della sismicità storica (Figura 15) e strumentale (Figura 16) e dalla distribuzione delle massime Intensità macrosismiche risentite (Figura 17), si evince che oltre il 60% del territorio italiano è a rischio sismico, di cui il 70% solo al Sud.

Figura 17: MASSIME INTENSITA' MACROSI SMICHE



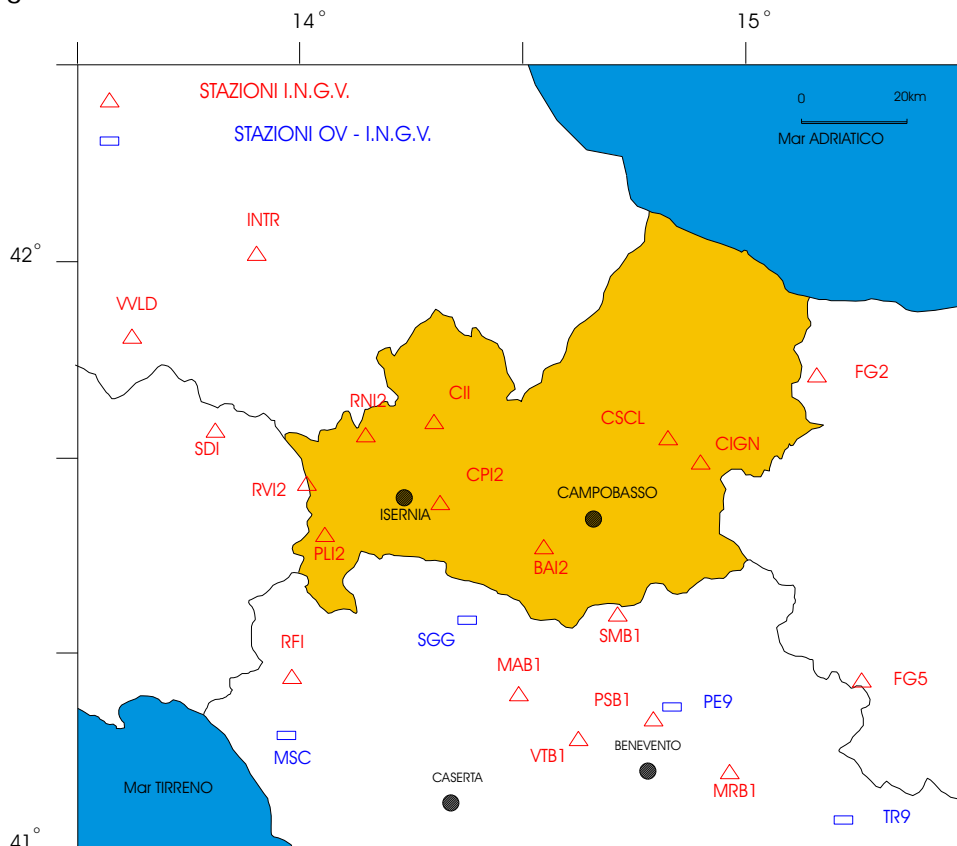
## IL MONITORAGGIO SISMICO

Quando si verifica un terremoto, gli Organi di Protezione devono disporre di una rapida e precisa informazione sulla localizzazione dell'evento e sua Magnitudo e sapere quali sono i centri abitati nell'area epicentrale, per predisporre rapidamente, in caso di forte sisma, tempestivi interventi. Queste informazioni sono ottenibili solo se si dispone di un monitoraggio sismico continuo, effettuato con adeguata rete di sismografi opportunamente distribuiti sul territorio, e qualificato personale in servizio 24 ore su 24 in grado di curare il corretto funzionamento della rete e la tempestiva elaborazione dei segnali sismici. In Italia il servizio di monitoraggio sismico è svolto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

La Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è attualmente costituita da circa 100 stazioni sismiche distribuite sull'intero territorio italiano. In Figura 18 è riportata la distribuzione delle stazioni operanti nella porzione dell'Appennino che comprende la Regione Molise.

Tutta l'attività sismica dell'area italiana è monitorata 24 ore su 24 da queste stazioni sismiche. I segnali sismici sono continuamente trasmessi dalle stazioni, su linee telefoniche dedicate o via radio, alla Sala Sismica della sede di Roma dell'Istituto (Figura 19a), dove vengono registrati sia su carta termosensibile che in forma digitale utilizzando appositi calcolatori. In caso di evento sismico, i segnali sismici relativi alle stazioni che hanno registrato l'evento sono elaborati in tempo reale dal Personale Tecnico e di Ricerca in turno H24 presso la Sala Sismica per determinare l'epicentro e la Magnitudo.

Figura 18: DI STRIBUZI ONE STAZIONI SISMICHE AREA MOLISANA



I risultati dell'elaborazione sono immediatamente trasmessi al Dipartimento della Protezione Civile con sede a Roma e costituiscono anche l'aggiornamento delle pagine TELEVIDEO RAI, in cui sono riportate le informazioni sugli eventi sismici che interessano il territorio italiano. Oltre alla Rete Sismica Nazionale, esistono altre Reti Sismiche, a carattere locale, per il monitoraggio di alcune aree specifiche. Ad esempio, nella Regione Campania esiste da diversi decenni una Rete Sismica gestita dall'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'I.N.G.V., appositamente architettata per il monitoraggio sismico dei Vulcani attivi dell'area campana, Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia, e della sismicità locale campana. I segnali sismici di questa rete sono anch'essi trasmessi via radio o su linee telefoniche dedicate alla Sala Sismica del Centro di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano (Figura 19b), dove vengono elaborati ed archiviati su supporti informatici dal Personale Tecnico e di Ricerca in turno 24 ore su 24 per garantire il servizio di monitoraggio. Da circa due anni i segnali sismici di alcune stazioni di questa Rete sono disponibili in tempo reale anche sul sito WEB dell'Ente. In particolare, sono disponibili i segnali sismici di alcune stazioni sismiche ubicate sul Vesuvio, sui Campi Flegrei ed sullo Stromboli. E' anche disponibile il segnale sismico della stazione SGG, San Gregorio Matese, ubicata sul Massiccio del Matese.



Figura 19a:  
SALA SISMICA DI ROMA  
DELL'ISTITUTO NAZIONALE  
DI GEOFISICA E  
VULCANOLOGIA

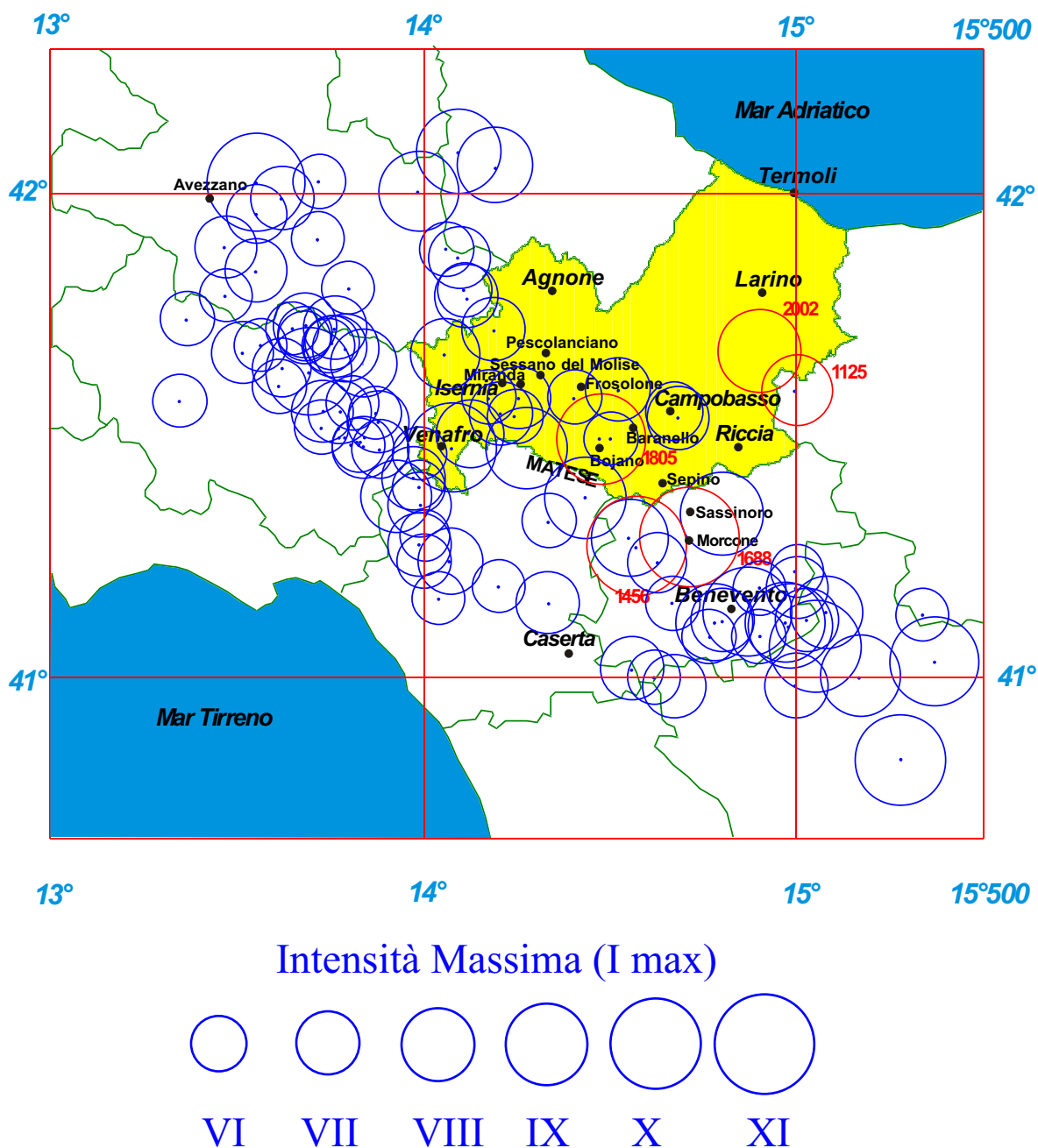


Figura 19b:  
SALA SISMICA  
DELL'OSSERVATORIO  
VESUVIANO INGV

### LA SISMICITA' DELL'AREA SANNIO-MATESE

Una delle zone sismicamente più attive dell'Italia è il segmento della dorsale appenninica, che si estende dall'Abruzzo alla Basilicata, in cui è inclusa l'area del Sannio-Matese. Il Sannio-Matese, estendendosi dall'Abruzzo meridionale alla Campania Nord-Orientale, attraversa tutta la fascia occidentale del territorio molisano e comprende le città di Isernia, Campobasso e Benevento. Quest'area è stata più volte interessata da eventi sismici distruttivi con Intensità maggiore del X grado MCS, ad esempio nel 1456, 1688, 1702, 1732, 1805, intervallati da lunghi periodi di quiescenza. Nella Figura 20 è riportata la distribuzione epicentrale dei terremoti storici con Intensità maggiore del VI grado MCS che si sono verificati lungo la fascia appenninica che include il Molise.

Figura 20: SISMICITA' STORICA AREA MOLISANA



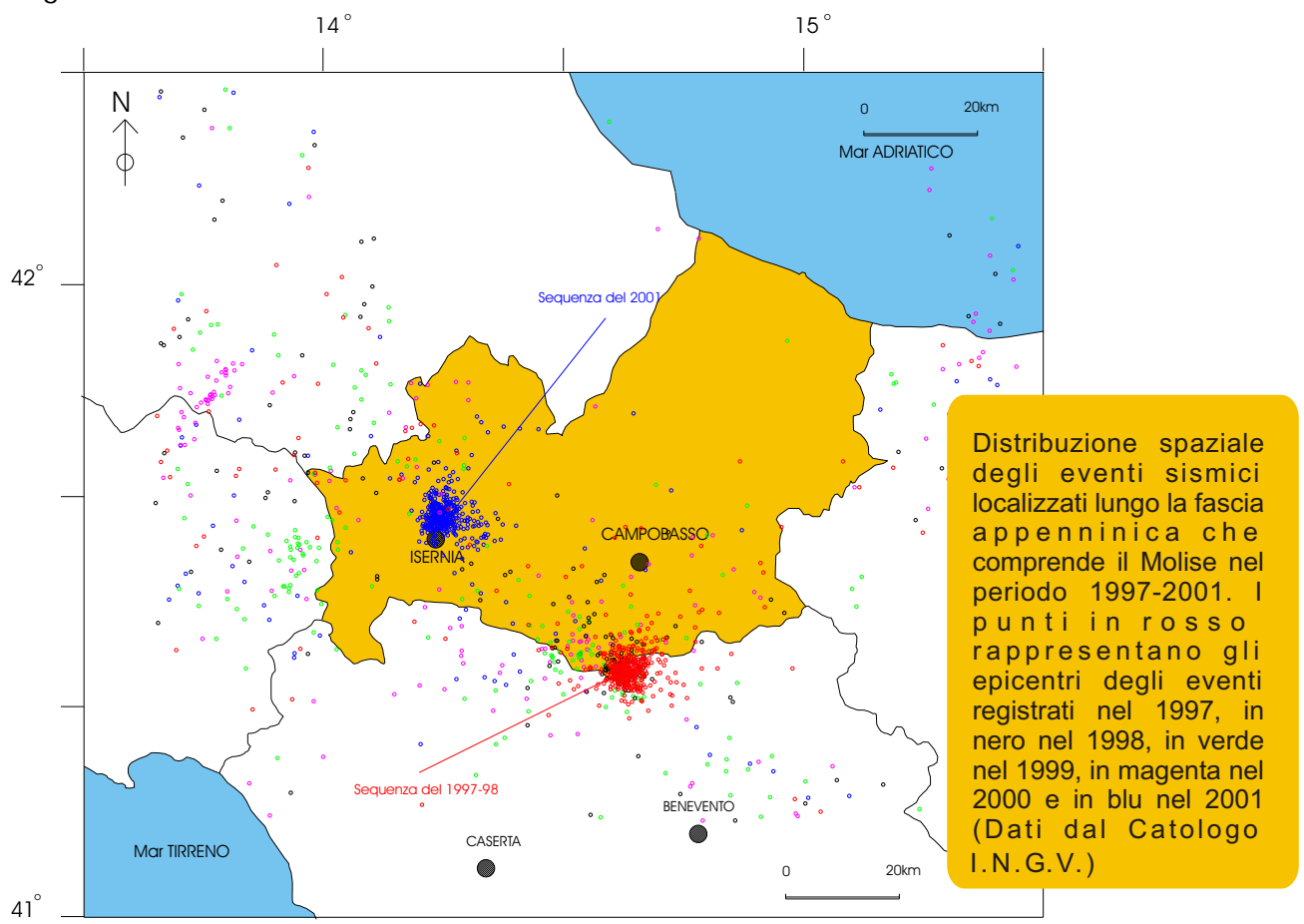


L'area è anche caratterizzata da sequenze sismiche di bassa energia, ad esempio, nel 1885, 1903, 1905, 1984, 1990, 1992, 1997-98, 2001, con durata da pochi giorni ad alcuni mesi. L'elevato numero di terremoti storici con Intensità maggiore del X grado MCS, l'assenza di recenti terremoti ad elevata energia ed il lungo periodo di quiescenza che segue l'evento del 1805, rende questa fascia della dorsale appenninica esposta ad alto rischio sismico.

Tra i forti terremoti che hanno colpito l'area è doveroso citarne tre. Il primo, nel 1456, è noto come il "terremoto del napoletano" ad indicare che interessò una vastissima area compresa tra l'Abruzzo meridionale e la Basilicata. Questo terremoto, tra i più distruttivi della storia sismica italiana, ebbe Intensità pari all'XI grado MCS e distrusse le città di Isernia e Campobasso. Anche il secondo, nel 1688 con epicentro a Cerreto Sannita e con Intensità pari all'XI grado MCS, provocò ingenti danni sul versante Sud-Ovest del Massiccio del Matese. Il terzo, nel 1805 con Intensità pari al IX grado MCS, ha avuto come epicentro le falde orientali del Matese in prossimità di Baranello e distrusse completamente l'abitato di Boiano.

La sismicità strumentale dell'area Sannio-Matese degli ultimi anni, rilevata con le stazioni della Rete Sismica Nazionale (Figura 21a, Figura 21b), è caratterizzata da eventi isolati di bassa Magnitudo, generalmente inferiore a 2.5, che solo occasionalmente superano il livello strumentale e sono quindi avvertiti dalle popolazioni. Gli epicentri di questi terremoti sono prevalentemente concentrati lungo la fascia del Matese, nell'area ubicata a Nord-Est di Benevento e nell'area delle Mainarde. La profondità di questi eventi non supera i 15 chilometri.

Figura 21a

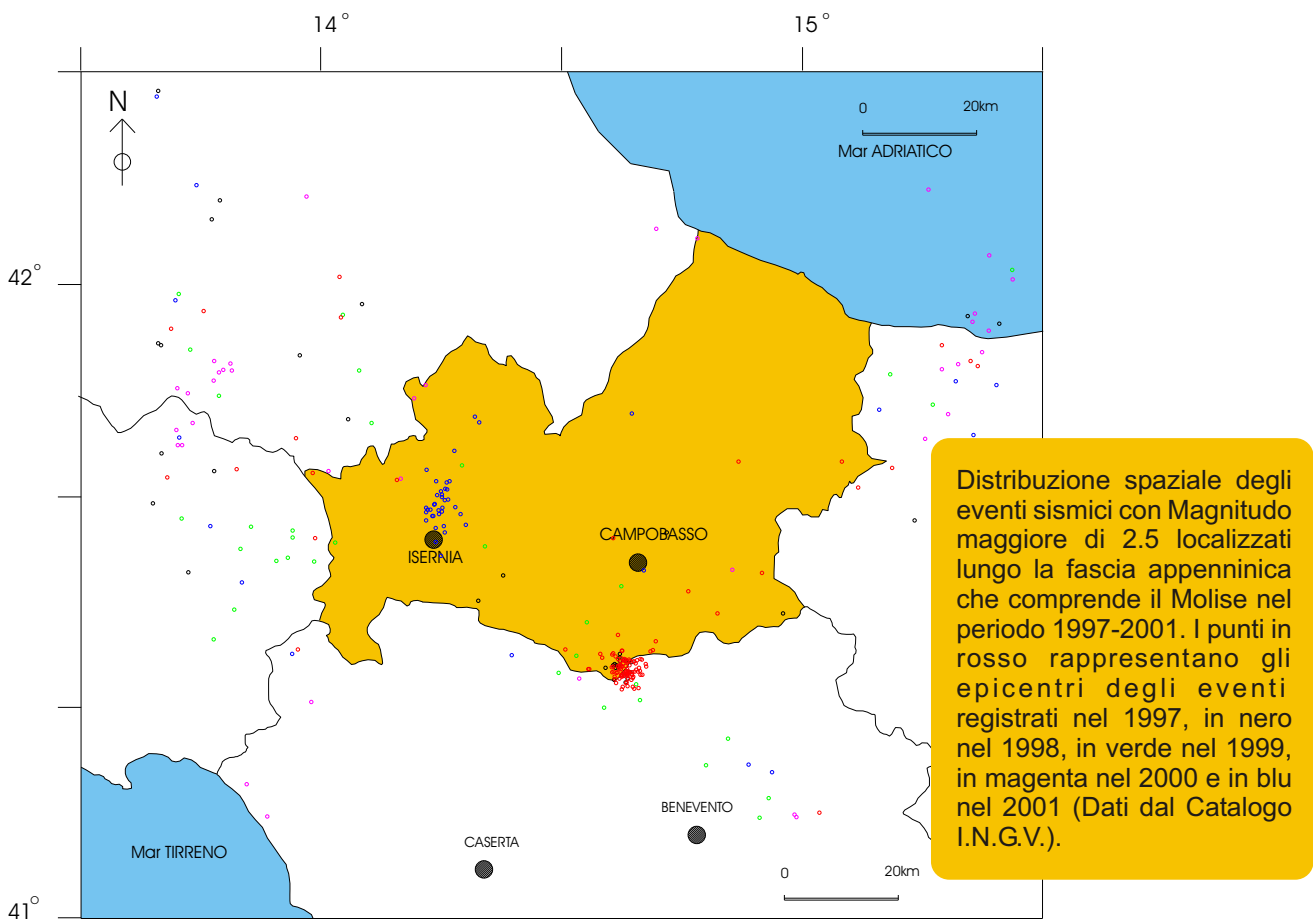


Negli ultimi anni si sono verificate anche sequenze sismiche di bassa Magnitudo (Figura 21a). Queste sequenze non hanno provocato danno alcuno ma solo timore nelle popolazioni che avvertono solo pochissime scosse. Le più recenti sequenze sismiche di bassa Magnitudo sono avvenute nel 1990, area epicentrale a Nord Est di Benevento, nel 1997-1998, area epicentrale compresa tra i Comuni di Sepino, Sassinoro e Morcone, e nel 2001, area epicentrale a Nord Est di Isernia.

La sequenza del 1990 si è verificata in un'area posta a Nord Est di Benevento ed ha interessato prevalentemente il comune di Pescosannita. Durante il periodo Aprile Luglio 1990 sono stati registrati circa 1000 terremoti ma solo 18 con Magnitudo maggiore di 3.0. L'evento più energetico si è verificato il 22 Aprile alle 09:45 locale ed ha avuto Magnitudo 3.7.

La sequenza del 1997-98 (Figura 21a) ha fatto registrare il maggior numero di eventi. A seguito dell'evento sismico di Magnitudo 4.1 verificatosi alle ore 00:10 del 20 Marzo 1997, un'intensa attività sismica è stata registrata in un'area di circa 140 km<sup>2</sup> al confine tra il Molise e la Campania, compresa tra i Comuni di Sepino, Sassinoro e Morcone. La sequenza, durata dal Marzo 1997 al Marzo 1998, è stata caratterizzata dall'alternarsi di periodi di intensa attività sismica e periodi di relativa quiescenza. La quasi totalità dei circa 4000 eventi sismici registrati ha avuto Magnitudo inferiore a 2,0. Solo circa 40 eventi hanno avuto Magnitudo compresa tra 2,5 e 3,5 e sono stati, quindi, avvertiti dalle popolazioni risiedenti nell'area epicentrale.

Figura 21b



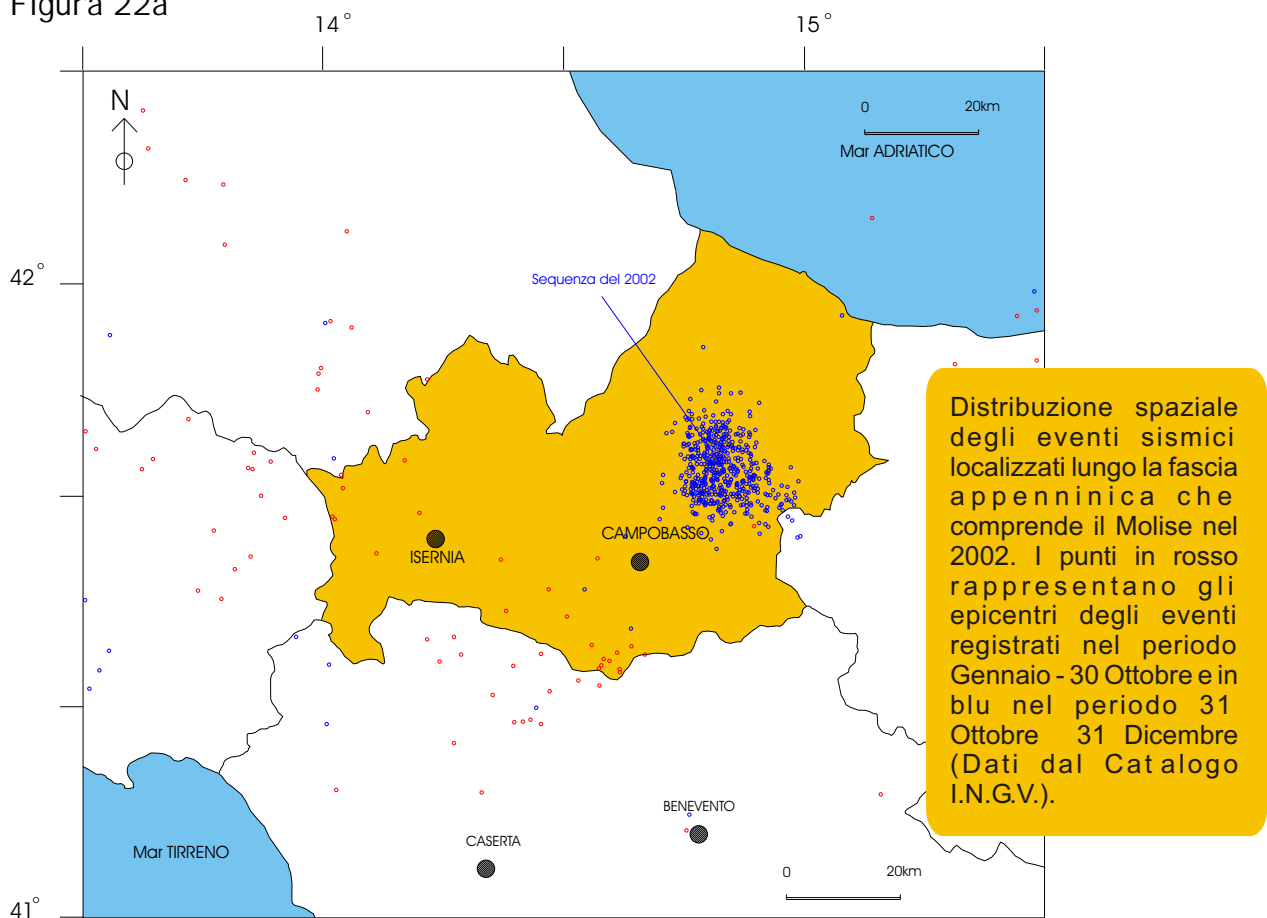
La sequenza del 2001 (Figura 21a) si è verificata in una ristretta area di circa 40 km<sup>2</sup> ubicata a Nord Est di Isernia compresa tra i Comuni di Pesche, Carovilli, Pescolanciano e Miranda. La Magnitudo dei circa 1000 eventi registrati è stata bassa e solo 33 eventi hanno avuto Magnitudo maggiore di 2.5. L'area epicentrale di questa sequenza, precedentemente interessata da una sequenza sismica di bassa Magnitudo nel 1986, comprova che i terremoti e le sequenze sismiche si verificano sempre nelle stesse aree.

Lo studio della microsismicità e delle sequenze sismiche del Sannio-Matese, così come lo studio della microsismicità di altre aree sismogenetiche italiane in cui storicamente sono avvenuti terremoti fortemente distruttivi, riveste un ruolo importante per la valutazione del rischio sismico di quest'area. Infatti, tale studio consente l'identificazione delle faglie sismogenetiche attive e può fornire utili informazioni per la comprensione del meccanismo di rottura delle faglie che possono generare un forte evento.

### Il terremoto del 31 Ottobre 2002

L'ultima sequenza sismica che ha interessato il territorio molisano è stata quella innescatasi a seguito del terremoto che si è verificato alle ore 11:32 del 31 Ottobre del 2002. Questo terremoto ha interessato una vasta zona al confine tra il Molise e la Puglia e le località più vicine all'epicentro sono state Santa Croce di Magliano, S. Giuliano di Puglia, Larino. L'evento principale, di Magnitudo 5.4 Richter, è stato seguito da numerose repliche tutte di Magnitudo inferiore a quella principale. La più forte di queste è avvenuta alle 16:08 del 1 Novembre. L'epicentro di questa nuova forte scossa, di Magnitudo 5.3 Richter, è stato a circa 12 Km di distanza dall'epicentro della prima scossa.

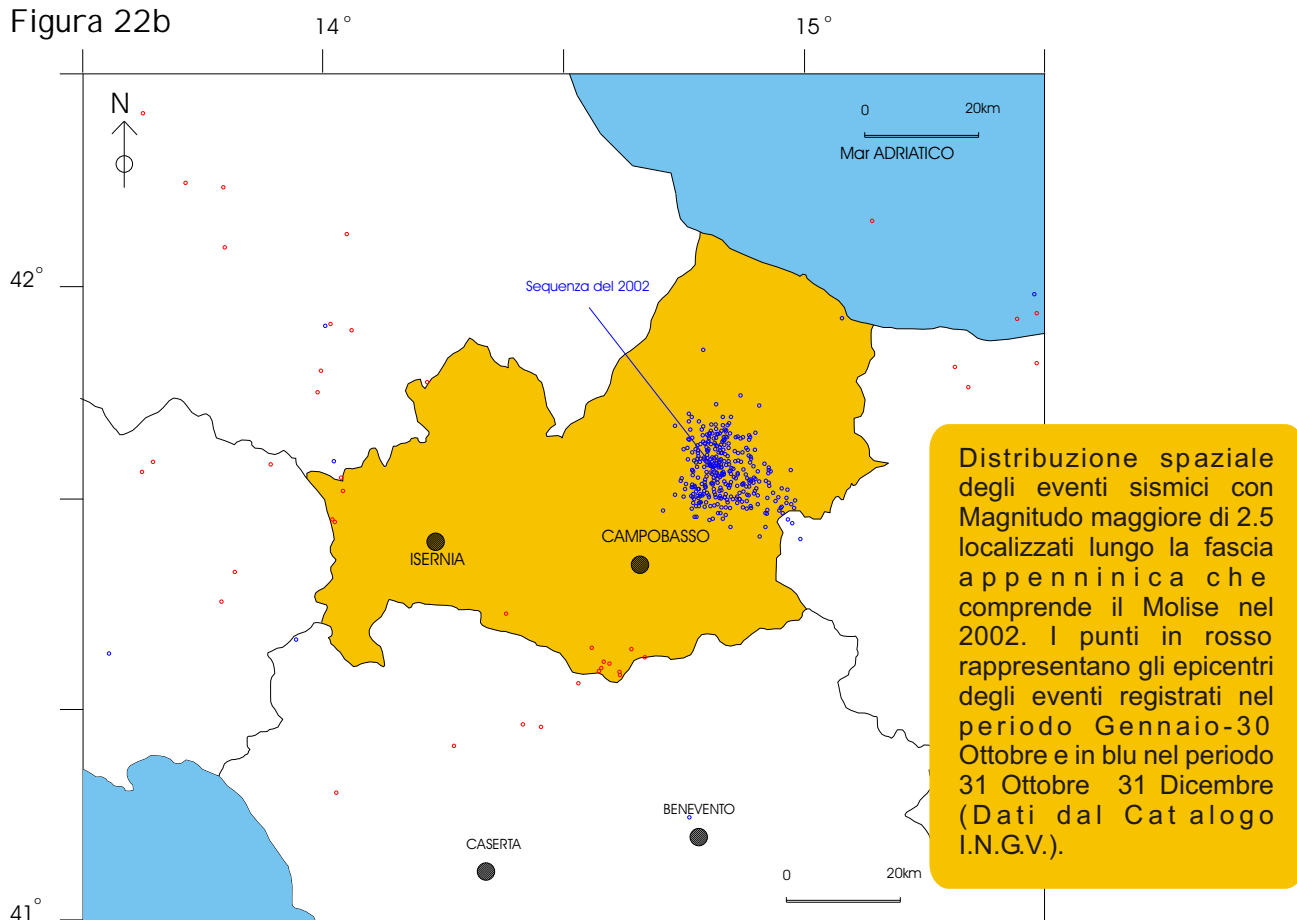
Figura 22a



La sequenza sismica innescatasi ha interessato l'area epicentrale per diversi mesi (Figura 22a, Figura 22b). La Magnitudo degli eventi è stata generalmente inferiore a 2.5 e solo alcune decine di eventi hanno superato il livello strumentale e sono state quindi avvertite dalle popolazioni. Le repliche più energetiche non hanno, comunque, superato Magnitudo 4.2 e si sono verificate prevalentemente nel primo mese della sequenza (Figura 23).

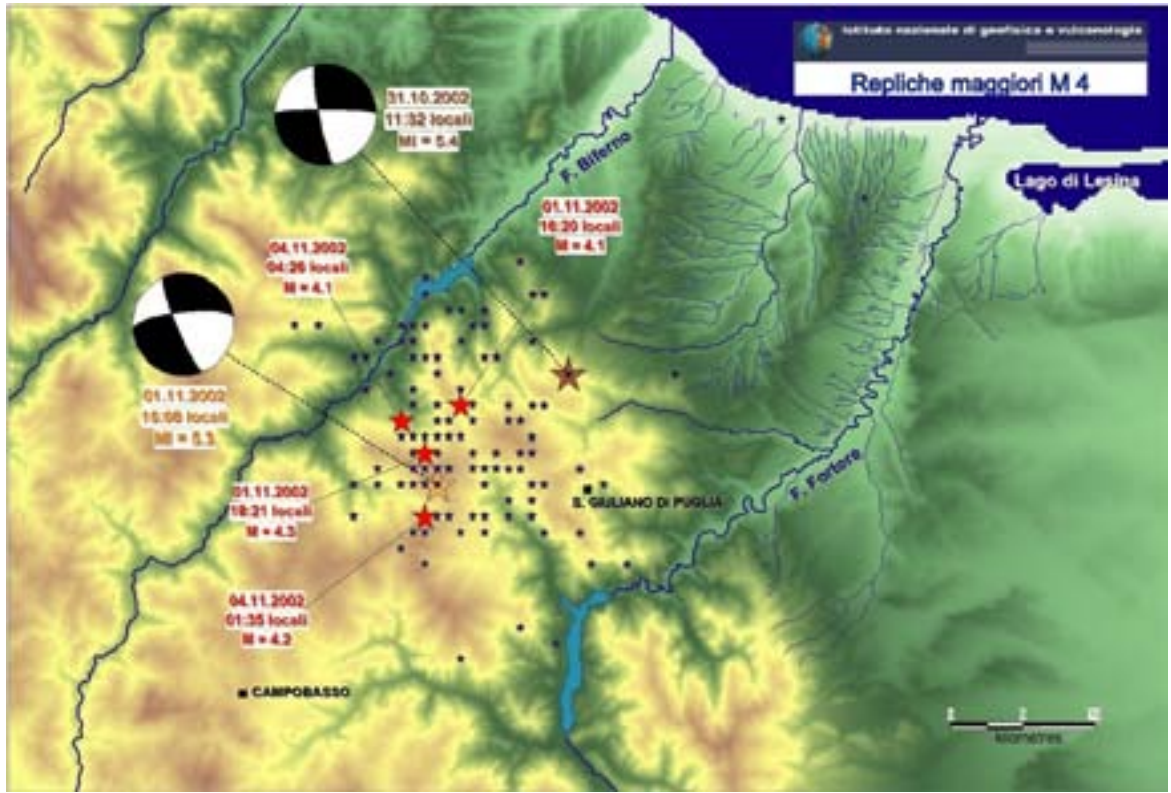
L'area epicentrale del terremoto del 31 Ottobre 2002 è ubicata tra due aree sismogenetiche caratterizzate da sismicità storica significativa: il promontorio del Gargano, dove l'ultimo evento disastroso si è verificato nel 1627, ed il Sannio Matese, dove l'ultimo evento disastroso si è verificato nel 1805. Dalla Figura 20 risulta che l'area epicentrale del terremoto del 31 Ottobre non sembra essere stata interessata da terremoti storici particolarmente significativi. L'evento storico con epicentro più vicino all'area epicentrale dell'evento del 31 Ottobre 2002, è avvenuto nel 1125 (Figura 20), con epicentro al confine tra il Molise e la Puglia ed Intensità dell'VIII grado MCS all'epicentro. Anche la sismicità strumentale registrata dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV negli ultimi anni non è, nell'area epicentrale del terremoto del 31

Figura 22b



Ottobre, particolarmente significativa sia come numero di eventi (Figura 21a, Figura 21b) che in termini di Magnitudo.

Figura 23: EPICENTRI CON MAGNITUDO MAGGIORE DI 4



## GLI EFFETTI DEL TERREMOTO

Gli effetti che un forte terremoto può provocare dipendono da diversi fattori estremamente variabili quali: profondità e Magnitudo dell'evento, condizioni geologiche ove l'evento è risentito, presenza di acqua nel terreno, distanza dall'epicentro, qualità delle costruzioni e preparazione della popolazione a fronteggiare un sisma. Questi effetti possono sostanzialmente dividersi in due tipologie: *effetti diretti* ed *effetti indotti*. Gli effetti diretti sono quelli correlati direttamente al moto delle faglie e, quindi, al processo di fratturazione delle rocce e si identificano, in generale, con le deformazioni del suolo. Essi sono limitati all'area interessata dalla rottura e sono influenzati dalle condizioni geologiche dell'area di faglia. Gli effetti indotti, invece, sono quelli non correlati direttamente al moto delle faglie ma alla propagazione delle onde sismiche. Questi effetti possono interessare aree molto vaste causando, in alcuni casi, un diffuso danneggiamento.

Il danneggiamento che il passaggio delle onde sismiche può provocare in caso di forte terremoto è fortemente influenzato dalle condizioni geologiche e dalla natura superficiale dei terreni, dalla presenza di acqua nel suolo, nonché dal tipo di costruzioni presenti nell'area interessata. Terreni di diversa natura, vale a dire, a composizione differente, si comportano in modo dissimile se sollecitati dal passaggio delle onde sismiche. Ad esempio, alcuni tipi di terreni possono assorbire le onde sismiche creando una sorta di attenuazione dello scuotimento del terreno, mentre altri tipi di terreni possono addirittura creare una amplificazione dello scuotimento. In quest'ultimo caso, le modifiche del substrato possono ripercuotersi sulle costruzioni, danneggiandole gravemente.

In occasione di forti terremoti si è osservato che in una stessa località edifici strutturalmente uguali, costruiti nello stesso periodo e posti a poche decine di metri l'uno dall'altro, riportavano danni sostanzialmente differenti. In questi casi, le indagini geotecniche effettuate hanno evidenziato che le fondazioni poggiavano su terreni a diversa composizione e che, quindi, hanno "risposto" differentemente al passaggio delle onde sismiche.

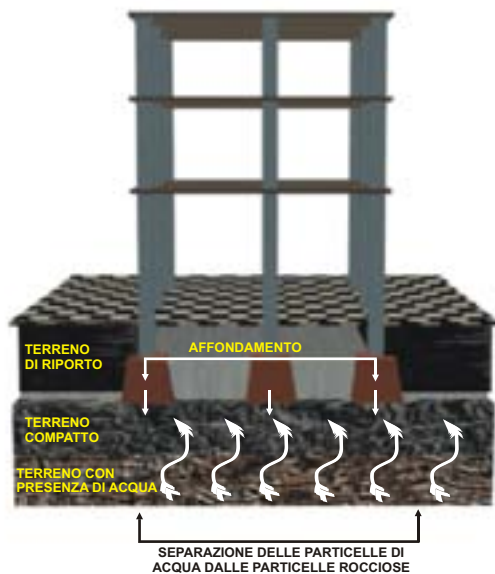
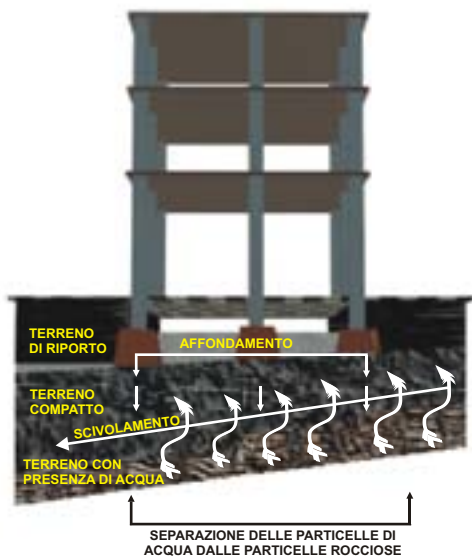
Un fenomeno che può verificarsi a seguito del passaggio delle onde sismiche in un'area con un'alta presenza di acqua nel sottosuolo è quello della *liquefazione* (Figura 24). Questo fenomeno è la completa perdita di consistenza di un terreno, in genere sabbioso, dovuta ad un crescente aumento della pressione esercitata dall'acqua sulle particelle solide. Quello che nella realtà si verifica è che lo scuotimento provocato dal passaggio delle onde sismiche separa le particelle di acqua da quelle solide facendo perdere coesione al terreno. La liquefazione è il pericolo maggiore per aree soffici e sature di acqua in quanto può causare il crollo degli edifici. Nella Figura 24 sono riportati alcuni effetti che questo fenomeno può causare.

Nella Letteratura odierna l'insieme di tutti gli elementi capaci di modificare le caratteristiche locali del terreno interessato da un evento sismico, le variazioni correlate alle condizioni geologiche e litologiche locali e ai diversi spessori dei suoli, vengono comunemente indicati come *effetti di sito*. Questi effetti si ripercuotono sui fabbricati provocando variazioni della resistenza degli stessi. E' fondamentale, quindi, disporre di perizie geotecniche sull'area dove si ha intenzione di costruire un edificio. La conoscenza della natura e del tipo del terreno su cui sono costruiti gli edifici risulta, quindi, elemento determinante per la sicurezza dell'edificio e, come conseguenza, delle persone che lo occupano.

Figura 24: IL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE



Il fenomeno della liquefazione denota una diminuzione di resistenza e/o resistenza di taglio causata dall'aumento della pressione del fluido interstiziale di un terreno non coesivo quale, ad esempio, sabbia, ghiaia, limo non plastico, a seguito dello scuotimento sismico. La totale perdita delle caratteristiche di resistenza del terreno si raggiunge quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi eguaglia la pressione di sconfinamento rendendo nulle le tensioni trasmesse attraverso le particelle solide. Quando si innesca il processo di liquefazione a seguito del terremoto, il terreno coinvolto rimane in movimento fino a quando non raggiunge una condizione di stabilità con i terreni circostanti non influenzati dal fenomeno.



Le conseguenze distruttive di un forte terremoto non si limitano al solo danneggiamento o, nella peggiore delle ipotesi, al crollo degli edifici nell'area epicentrale. Il movimento violento del terreno, può provocare danni alle infrastrutture quali, ad esempio, collasso di ponti, rottura delle reti di distribuzione del gas e della corrente elettrica con possibilità di innesco di incendi, lesionamento o crollo di dighe e conseguenti inondazioni, danneggiamento dei sistemi idrici e fognari con probabili cause di inquinamenti ed epidemie. Inoltre, i danni che ne conseguono possono a loro volta produrre vittime, compromettere la percorribilità delle strade e delle linee ferroviarie con l'interruzione delle comunicazioni, l'arresto forzato delle normali attività umane quotidiane. Alcuni esempi degli effetti indotti sono riportati in Figura 25.

Figura 25: ESEMPI EFFETTI INDOTTI



**Esempi di interruzione delle vie di comunicazione**



**Esempi di esplosioni ed incendi indotti dal terremoto**



## COMPORTAMENTO DEGLI EDIFICI IN CASO DI SISMA

Prescindendo dalla natura del terreno su cui è costruito, il comportamento degli edifici in caso di terremoto è alquanto complesso. Per un edificio in cemento armato esso dipende dal tipo di fondazioni, dalla qualità dei collegamenti tra vari elementi portanti verticali, i pilastri, ed orizzontali, i solai e le coperture. Per gli edifici in muratura, invece, esso dipende da come sono stati realizzati i collegamenti tra i muri portanti e i solai e tra i muri portanti e la copertura.

Le cause principali per cui una costruzione in muratura subisce gravi danni, cioè tali da definirla “*collassata*”, sono dovuti principalmente a: *rottture o ribaltamenti* o a *rottture per azioni di taglio*. Le rottture o ribaltamenti sono causati da non idonei o insufficienti collegamenti tra gli elementi strutturali verticali e orizzontali e/o in presenza di solai particolarmente deformabili e quindi incapaci di distribuire la sollecitazione sismica ricevuta. Le rottture per azioni di “*taglio*” sono dovute all'interazione dei vari elementi costruttivi sollecitati dell'azione sismica stessa o ad evidenti discontinuità strutturali generate, ad esempio, dalla presenza di aperture di elevate dimensioni e/o troppo ravvicinate.

Gli edifici, in generale, sono progettati per resistere alle sollecitazioni verticali, ad esempio quelle derivanti dal proprio peso, e da carichi accidentali, ad esempio il peso delle persone o cose. Per le strutture in cemento armato ed in acciaio di elevate altezze è considerata anche la resistenza all'azione del vento. Le onde sismiche generate da un terremoto inducono sui fabbricati sollecitazioni sia verticali che orizzontali; queste ultime sono le più pericolose e sono la causa principale dei danni che possono avere gli edifici (Figura 26). Nelle zone considerate sismiche, quindi, la progettazione dei fabbricati avviene considerando anche le spinte orizzontali che generano sugli edifici degli sforzi detti di *taglio*. Sia le costruzioni in muratura che quelle in cemento armato, se ben progettate e realizzate, sono in grado di reagire bene agli sforzi di taglio, garantendo in questo modo l'incolumità degli abitanti.

Figura 26: RESISTENZA SFORZI DI TAGLIO



Esempio di danni causati prevalentemente dalle spinte orizzontali indotte sul fabbricato a seguito del passaggio delle onde sismiche generate da un terremoto (San Giuliano di Puglia, CB)

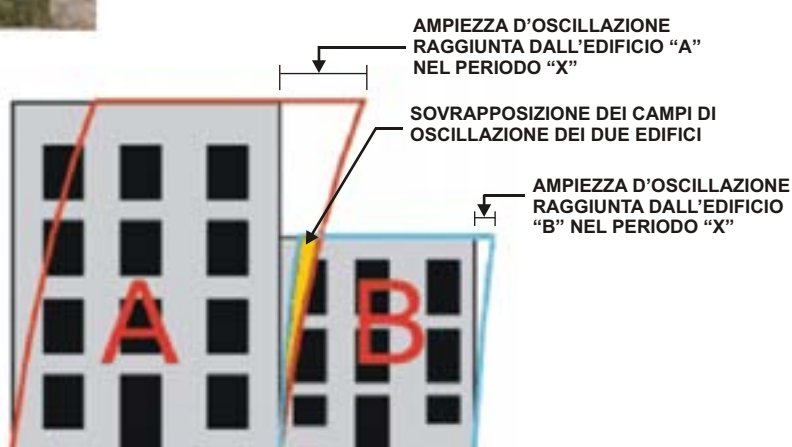
Un fenomeno che può verificarsi in caso di sisma quando due o più edifici sono posti a diretto contatto è quello del *martellamento*. Due o più edifici contigui possono oscillare in modo differente se sottoposti a sollecitazioni indotte da un sisma. Questo differente modo di oscillare fa sì che un edificio “sbatta” contro l'altro e viceversa, creando danni con conseguente collasso parziale o totale delle strutture (Figura 27).

Il fenomeno del martellamento è fortemente influenzato dalle caratteristiche costruttive degli edifici. Per limitare questo fenomeno, le strutture portanti degli edifici in cemento armato di elevata estensione, ad esempio, vengono interrotte da giunti tecnici che consentono le dilatazioni termiche. In caso di sisma, spesso, detti giunti sono soggetti a rottura proprio a causa del martellamento. Il fenomeno del martellamento può verificarsi anche quando le strutture portanti di uno stabile sono realizzate con strutture miste, vale a dire, quando parte della struttura è realizzata in muratura e parte in cemento armato. Anche in questo caso, i diversi modi di oscillazione delle strutture in muratura e in cemento armato possono portare al collasso dell'edificio.

Figura 27: MARTELLAMENTO



Esempio di martellamento dovuto all'assenza di giunto tecnico tra due edifici (Ripalimosani, CB)



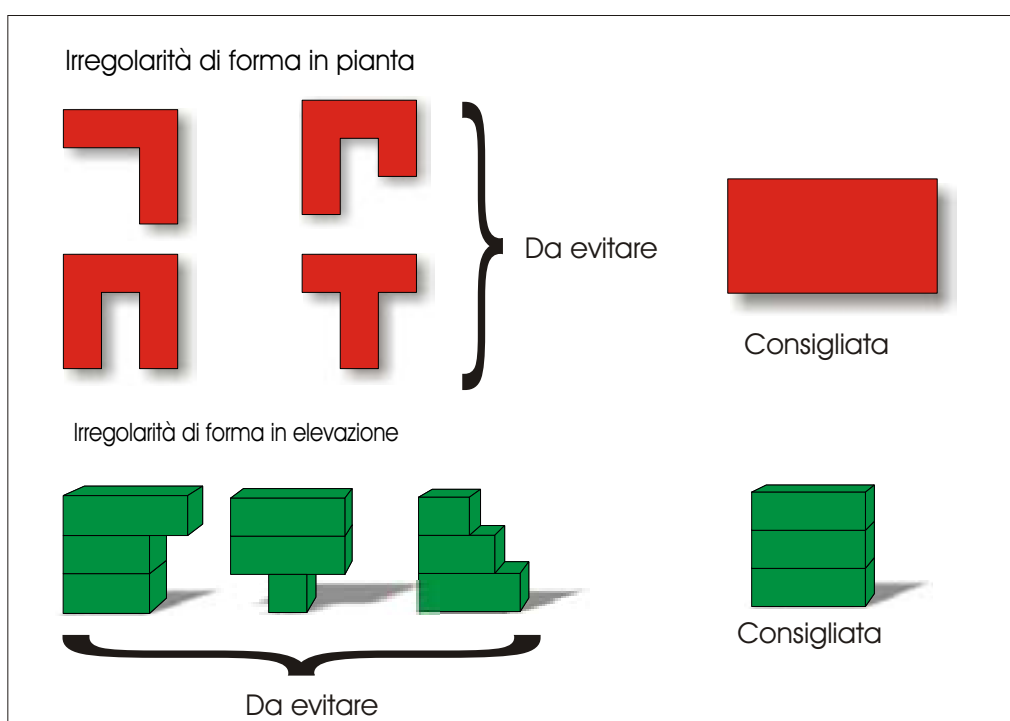
## L'EDIFICIO ANTISISMICO

Quando si verifica il crollo di un edificio a seguito di un forte terremoto si sente spesso dire che *“l'edificio non era antisismico”*. Ma cosa si intende per *“edificio antisismico”*?

Un edificio è definito antisismico se progettato e realizzato con tecniche tali da resistere alle sollecitazioni indotte dalle onde sismiche. In occasione di un terremoto di bassa Magnitudo un edificio antisismico non dovrebbe riportare danni. In caso di forte terremoto i danni dovrebbero essere limitati alle sole parti non strutturali, ad esempio alle tamponature e tramezzature per gli edifici in cemento armato, mentre le parti strutturali, ad esempio pilastri e solai, non dovrebbero riportare danni o, comunque, riportarne di molto lievi. Gli edifici in muratura, invece, possono subire anche danni alle parti strutturali preservando, comunque, l'incolumità delle persone che li abitano. Nonostante la maggiorazione dei costi, compresa tra il 10% e il 30%, realizzare un edificio in grado di resistere alle sollecitazioni prodotte da un evento sismico è possibile applicando le normative in vigore e rispettando le regole basilari del *“buon costruire”* che possono essere così riassunte:

- evitare di costruire su terreni franosi, detritici e la cui struttura è eterogenea; costruire, invece, su terreni compatti e tali da assicurare stabilità all'edificio;
- evitare di realizzare edifici con forme irregolari in pianta, cioè senza i due assi di simmetria L, P, U e T ortogonali (Figura 28a);
- evitare di realizzare edifici con forme irregolari in elevazione, cioè con grandi variazioni di superficie in altezza e quindi con evidenti sporgenze o rientranze (Figura 28b);
- evitare di costruire edifici con irregolarità strutturali in elevazione, ad esempio grandi solette pesanti su esili pilastri, oppure piani il cui peso proprio è superiore a quello del piano inferiore.

Figura 28: FORME EDIFICI



## TIPOLOGIE STRUTTURALI DI UN EDIFICIO ANTISISMICO

Negli ultimi anni l'ingegneria ha compiuto approfonditi studi sul comportamento degli edifici in caso di sisma. Questi studi hanno consentito l'identificazione di tipologie strutturali in grado di sopportare lo scuotimento indotto dal passaggio delle onde sismiche. Per le costruzioni in cemento armato i tipi di strutture antisismiche oggi più ricorrenti sono:

*strutture a telaio in cemento armato*, vale a dire, strutture nelle quali gli elementi portanti verticali, i pilastri, sono solidali, ben incastrati, con gli elementi orizzontali come solai e coperture (Figura 29a);

*strutture a pareti portanti in cemento armato*, cioè strutture costituite da pareti portanti in conglomerato cementizio armato (continue o discontinue) che grazie all'armatura metallica (acciaio) posta al loro interno forniscono una grande gamma di prestazioni statiche (resistenza a presso-flessione, flessione, taglio, compressione semplice ed eccentrica). Questo tipo di struttura si presta bene per la realizzazione di edifici di grandi dimensioni e strategici e/o speciali (Figura 29b).

figura 29a: STRUTTURE A TELAI O



Figura 29b: STRUTTURE A PARETI PORTANTI



Dal punto di vista meccanico gli elementi strutturali devono soddisfare alcuni requisiti fondamentali quali:

- la *rigidezza*, ovvero la capacità che hanno gli elementi strutturali di opporsi alle deformazioni prodotte dalle forze esterne quali quelle dovute al passaggio di onde sismiche. La rigidezza condiziona la deformabilità della costruzione, l'oscillazione e la distribuzione delle sollecitazioni sismiche;
- la *duttilità*, cioè la capacità di subire ed assorbire le sollecitazioni elastiche prodotte dal passaggio di onde sismiche. La duttilità dipende dal giusto dimensionamento degli elementi strutturali e da come e quanta armatura viene disposta all'interno degli stessi;
- la *resistenza*, ovvero la capacità di contrastare le sollecitazioni prodotte dalle forze esterne. La resistenza di un edificio in caso di sisma è maggiore se vi è una adeguata distribuzione degli elementi strutturali e se vi è un corretto dimensionamento degli stessi.

L'insieme di questi elementi concorre alla sicurezza dell'edificio. Sia la rigidezza che la resistenza dipendono dalle dimensioni degli elementi strutturali. In generale, aumentando le dimensioni di un elemento sollecitato si genera un aumento della resistenza e, quindi, un aumento della sua rigidezza e, conseguentemente, della forza sismica assorbita. Quindi, affinché si abbia un incremento di resistenza, si deve agire sia sulla distribuzione delle rigidezze, sia sui fattori di resistenza.

Per le costruzioni antisismiche in muratura portante si possono distinguere due tipologie: *muratura ordinaria* e *muratura armata*. La muratura ordinaria è costituita da elementi artificiali pieni (mattoni, blocchi in cemento), e semipieni (mattoni e blocchi forati) dotati però di specifiche caratteristiche di resistenza a compressione denominata  $f_{bk}$ . La muratura armata, è costituita da elementi sempre artificiali semipieni inglobati, però, ad apposite armature metalliche verticali ed orizzontali. Il materiale che lega i vari elementi che formano la muratura portante è la malta costituita, in proporzioni differenti, da cemento, sabbia ed acqua che, a sua volta, deve avere delle caratteristiche di resistenza ed elasticità tali da collaborare in modo efficace alla resistenza della struttura muraria nel suo complesso. Alcuni esempi sono riportati in Figura 30a.

La forma dell'edificio deve essere il più possibile regolare. In particolare, il rapporto tra il lato minore e quello maggiore non deve essere inferiore a  $1/3=0,333$ . Facendo un semplice esempio, per un edificio di forma rettangolare come quello della figura Figura 30b avente il lato lungo  $L$  pari a m 7 ed in lato corto  $l$  pari m 3, il rapporto  $L/l = 0,42$  che è maggiore di 0,333 valore necessario e sufficiente per soddisfare il requisito.

Le principali caratteristiche costruttive che deve avere un edificio antisismico in muratura portante sono:

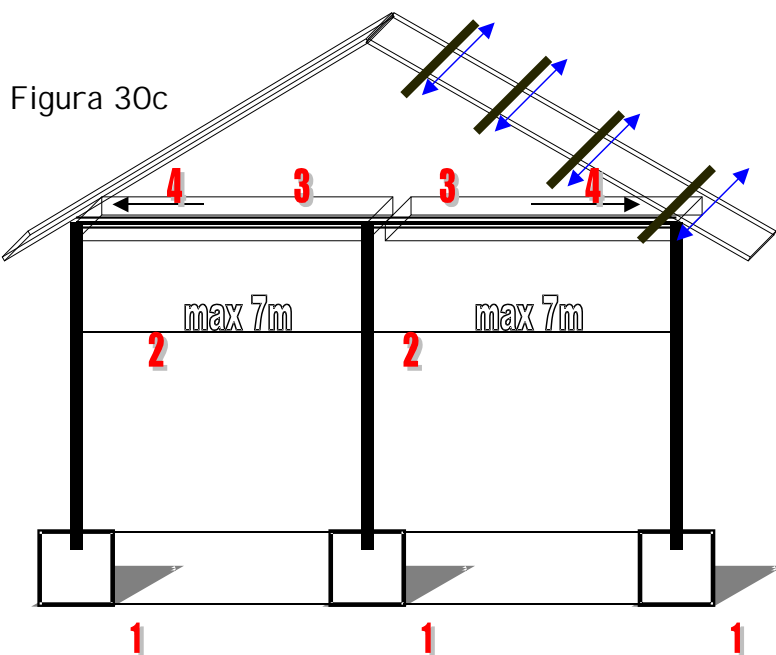
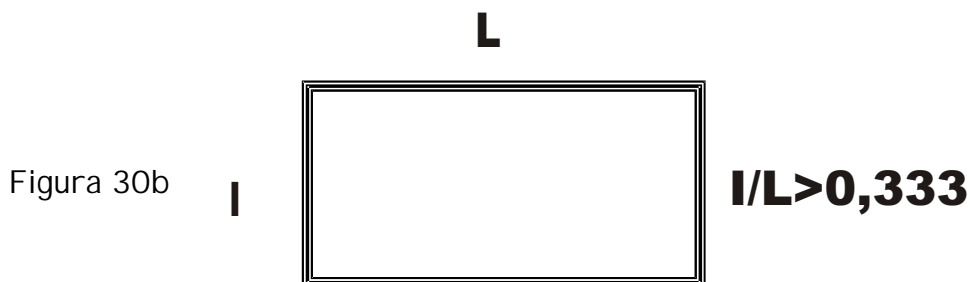
- *opportune opere di fondazioni continue con cordolo di collegamento in calcestruzzo armato;*
- *l'interasse, ovvero la massima distanza tra due muri portanti, non deve essere superiore a m 7;*
- *ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo armato, cioè un elemento portante di piano, di larghezza pari alla muratura sottostante;*
- *devono essere curati gli incastri tra le murature portanti;*

- i solai devono assolvere anche alla funzione di distribuzione di forze orizzontali quindi quelle sismiche, devono cioè essere dotati di soletta rigida ben collegata al cordolo perimetrale;
- la copertura non deve essere spingente, cioè non deve spingere sulle strutture verticali (Figura 30c).

Figura 30a: TIPI DI STRUTTURE IN MURATURA



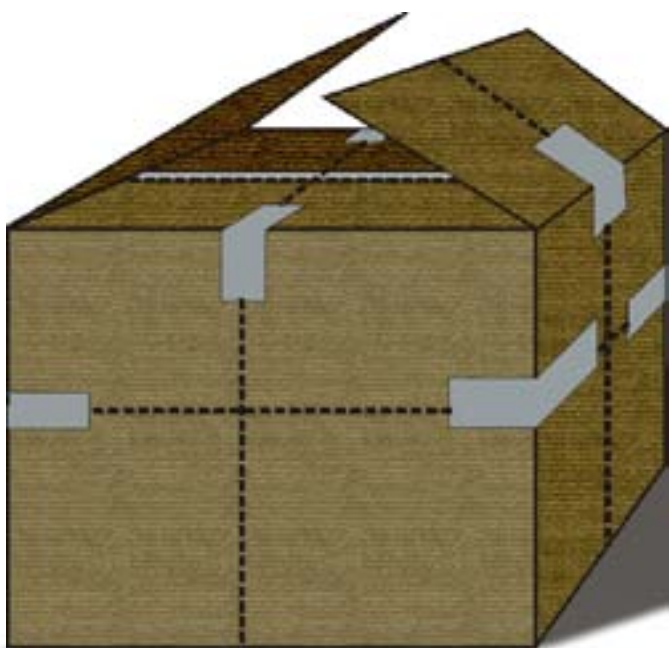
Esempio di case antiche realizzate con muratura in pietra squadrata (a sinistra) e in pietra irregolare (a destra). Entrambi gli edifici non sono antisismici (Sepino, CB).



Le caratteristiche costruttive dimensionali, schematizzate in figura, sono quelle che contribuiscono in modo sostanziale affinché un edificio in muratura portante si possa definire antisismico.

Per comprendere il comportamento di un edificio antisismico è utile fare un semplice esempio. Si consideri una scatola con i lembi superiori aperti. Intuitivamente, la scatola modificherà la propria forma se verrà compressa lateralmente. Al contrario, se si sigillano i lembi superiori, se cioè si collegano uno all'altro le pareti della scatola, la stessa non subirà deformazioni né modifiche se verrà sollecitata allo stesso modo del caso precedente. Per un edificio valgono gli stessi principi della scatola sigillata e cioè: gli elementi orizzontali, i solai, e quelli verticali, le pareti, devono essere ben collegati tra loro (Figura 31). In questo modo si assicura la buona stabilità della costruzione e, quindi, la quasi totale incolumità delle persone che occupano l'edificio in caso di sisma.

Figura 31: LA SCATOLA



La resistenza di un edificio si basa su un giusto equilibrio tra duttilità, cioè la capacità di subire sollecitazioni elastiche, e la rigidità, vale a dire la capacità di opporsi alle deformazioni. In questo caso si garantisce quello che viene definito comportamento scatolare di un edificio che si ottiene quando gli elementi orizzontali, ad esempio i solai, e quelli verticali, ad esempio le pareti, sono ben collegati tra loro.

## COME COMPORTARSI IN CASO DI TERREMOTO

Un terremoto è un fenomeno naturale e, allo stato attuale delle conoscenze, è un fenomeno non prevedibile. Un terremoto, inoltre, in quanto fenomeno naturale non uccide. La perdita di vite umane che, purtroppo, si verifica in alcuni casi a seguito di un forte terremoto, è causata dal crollo di fabbricati appartenenti al nostro patrimonio edilizio, spesso fatiscente e privo di manutenzione anche ordinaria.

Per minimizzare i danni che i terremoti possono provocare è indispensabile, se si vive in una zona ad alto rischio sismico, imparare a convivere con questi fenomeni naturali applicando adeguate normative e seguendo alcune regole comportamentali. Le semplici norme comportamentali che ognuno deve conoscere possono riferirsi a tre momenti: *prima, durante, dopo*.

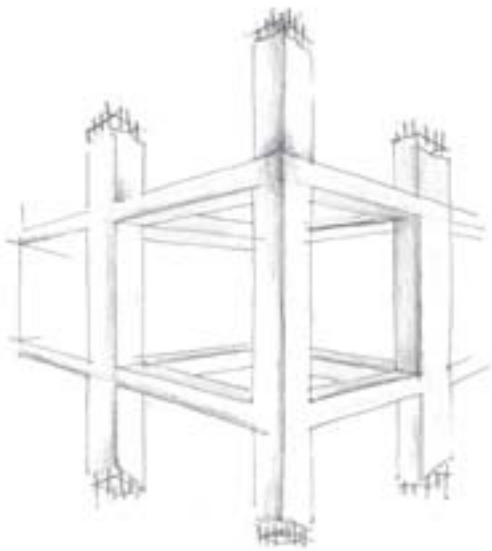
### PRIMA DEL TERREMOTO

Se si vive in una zona ad elevato rischio sismico è fondamentale informarsi su quanto previsto dai piani di Protezione Civile, nazionale e provinciale, e verificare l'esistenza di piani di Protezione Civile a livello locale. La conoscenza della propria abitazione e, in particolare, l'ubicazione degli interruttori di sicurezza dell'energia elettrica e dei rubinetti di arresto dell'acqua e del gas concorrono notevolmente ad aumentare la sicurezza.



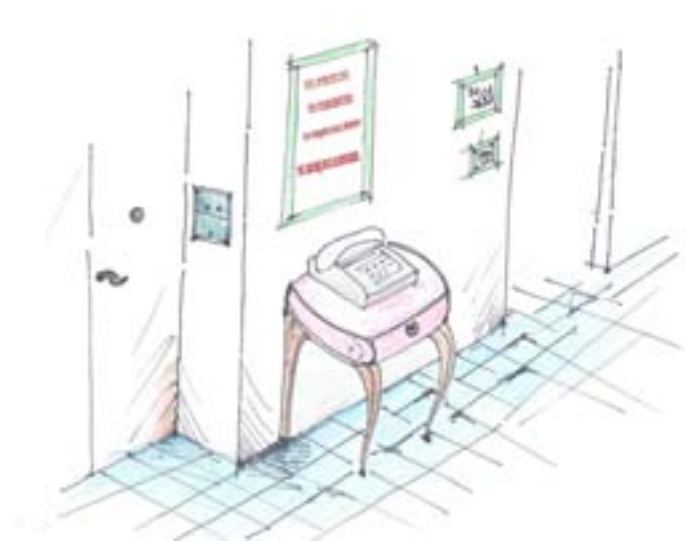
sapere se si vive in una zona a rischio sismico



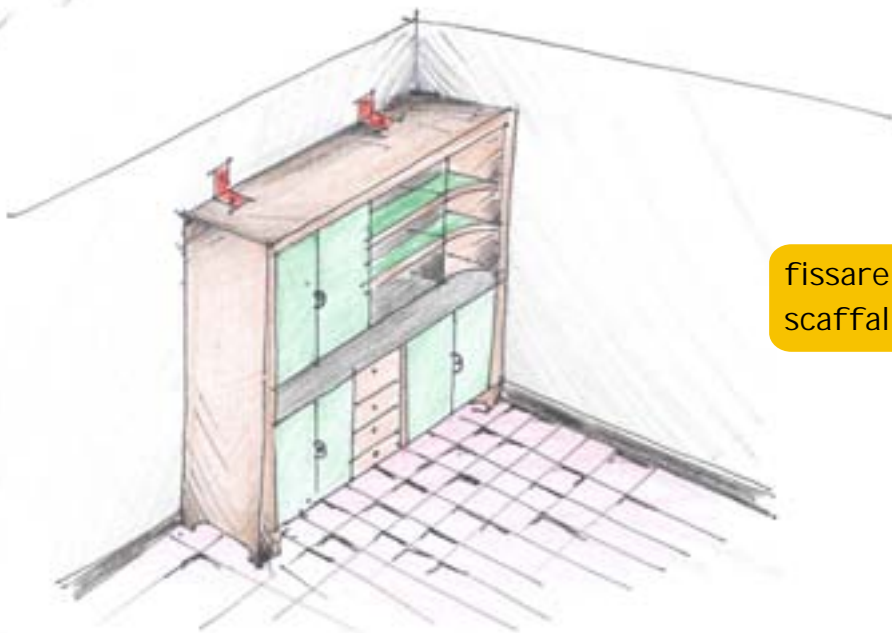


accertarsi del grado di sicurezza della propria abitazione

tenere vicino al telefono i numeri di pronto intervento (Carabinieri, Polizia, VV.FF., 118)



sapere dove sono ubicati gli interruttori generali della luce, del gas, dell'acqua



fissare bene alle pareti scaffali e mobili

informarsi sui piani di emergenza comunali e conoscere il piano di evacuazione dell'ambiente di lavoro o della scuola



### DURANTE IL TERREMOTO

Il terremoto non costituisce una minaccia diretta per la sicurezza delle persone. Se ci si trova in un luogo chiuso è bene, però, sapere i posti più sicuri dell'edificio stesso e ricordare che anche la caduta delle suppellettili può costituire una grave minaccia per l'incolumità. E' molto importante cercare di rimanere calmi e reagire con prontezza.



mantenere la calma

allontanarsi dalle finestre, porte con vetri, armadi perché, cadendo, potrebbero ferire





ripararsi sotto un tavolo  
o sotto un banco se a scuola

ripararsi vicino ai muri portanti



ripararsi sotto gli architravi  
delle porte



allontanarsi dagli edifici e dagli alberi

non ripararsi sotto le linee elettriche



allontanarsi dai lampioni

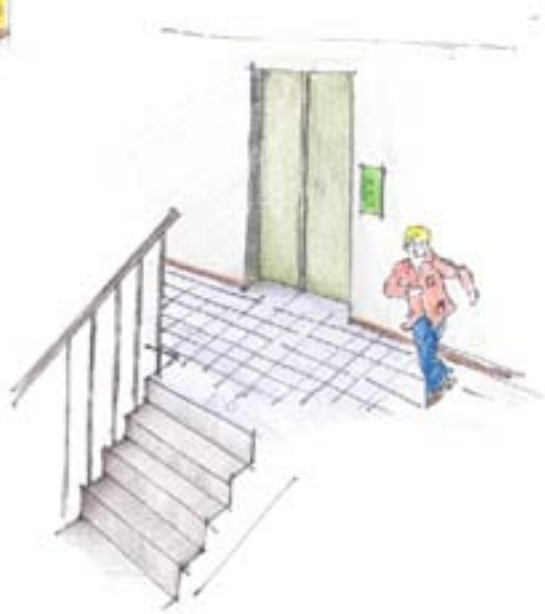
### DOPO IL TERREMOTO

Al termine di una forte scossa, è bene uscire all'aperto se si è in un luogo chiuso, e seguire alcune norme di comportamento per essere di aiuto alla comunità e per non intralciare i soccorsi.



uscire di casa senza accendere né spegnere la luce o azionare interruttori elettrici

non usare l'ascensore e non scendere le scale di corsa



non avvicinarsi agli animali perché spaventati potrebbero reagire in modo negativo



se si è a scuola  
abbandonare l'edificio  
seguendo le indicazioni  
degli insegnanti;  
rispettare i piani di  
evacuazione presenti  
negli edifici

raggiungere le zone  
di ritrovo e seguire le  
direzioni della  
Protezione Civile



essere di aiuto alla  
comunità senza  
intralciare l'opera  
di soccorso e senza  
intasare le linee  
telefoniche

## PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA: LA REGIONE MOLISE ED IL PROGETTO "VIGILPRO 2" AREA SANNIO - MATESE

La Protezione Civile è un insieme di attività svolte in maniera coordinata da tutte le componenti istituzionali, dalla comunità scientifica, dal volontariato e dai cittadini stessi al fine di tutelare l'incolumità delle popolazioni, dei beni, degli insediamenti e dell'ambiente dai danni e dal pericolo di danni derivanti da calamità naturali. L'azione della Protezione Civile è rivolta alla *previsione e prevenzione* dei Rischi Naturali e si concretizza attraverso il *Programma di Previsione e Prevenzione*. Questo programma costituisce lo strumento coordinato inerente la rilevazione e la previsione dei rischi nonché le azioni preposte alla mitigazione degli stessi. Oltre ai programmi di previsione e prevenzione è necessario predisporre i *piani di emergenza* Comunali e Provinciali da attuarsi nel caso si verifichi un evento calamitoso.

La Regione costituisce un punto di riferimento essenziale per la conoscenza del territorio e per le funzioni di indirizzo e di coordinamento che, in via ordinaria, esercita nei confronti del sistema delle autonomie locali. In questo ambito può concorrere efficacemente agli indirizzi della pianificazione d'emergenza. Per rispondere alle "attività" proprie degli Enti locali in materia di Protezione Civile, la Regione Molise ha assunto il coordinamento del progetto "Vigilpro 2 Area Matese", cui partecipano Prefetture, Province, Comuni e strutture operative di Protezione Civile per la realizzazione delle attività di previsione, prevenzione, pianificazione e gestione dell'emergenza.

Il progetto VIGILPRO è nato con l'obiettivo di promuovere una maggiore partecipazione di tutti alla gestione del sistema di coordinamento della Protezione Civile. Il progetto si realizza attraverso un *modello di intervento* da intendersi come modello in grado di trasferire indirizzi, criteri ed informazioni dal livello centrale al livello territoriale. Avere a disposizione dati quali, ad esempio, elementi topografici, geomorfologici, elementi antropici, mappe di pericolosità e rischio, indirizzi dei Centri Operativi della Protezione Civile C.C.S., C.O.M. e C.O.C., nonché delle aree di emergenza, consente di ridurre l'incertezza sulle prime immediate decisioni dopo un evento calamitoso.

Al verificarsi di un evento calamitoso, la risposta del sistema di Protezione Civile è tanto più efficace quanto più è preventivamente pianificata l'individuazione e la predisposizione degli spazi necessari per le operazioni di assistenza alla popolazione e al ripristino delle funzioni primarie di una comunità. Questo è, pertanto, uno degli obiettivi che le Amministrazioni locali devono prefiggersi nell'ambito delle competenze in materia di programmazione dello sviluppo del territorio e di tutela della pubblica incolumità. La pianificazione d'emergenza, attraverso l'analisi degli elementi di rischio che insistono su una specifica area, sulle infrastrutture e sulle attività socio-economiche che in essa si svolgono, può contribuire a sviluppare la consapevolezza, negli Amministratori e Tecnici degli Enti locali e nei professionisti operanti nel campo urbanistico, che la sicurezza delle comunità non è delegabile alla sola fase esecutiva degli interventi edilizi, ma è un requisito che si modifica attraverso i modi d'uso del territorio, del patrimonio edilizio e delle infrastrutture. La pianificazione d'emergenza, quindi, non deve essere più intesa soltanto come "censimento delle risorse" o come semplice "codificazione delle procedure di attivazione del sistema di Protezione Civile in caso d'emergenza", ma come strumento fondamentale per consentire all'urbanistica di operare quel significativo



passaggio culturale necessario ad organizzare il territorio rispetto ai possibili rischi cui è esposto.

Gli ultimi recenti eventi calamitosi hanno definitivamente convalidata l'ipotesi di lavoro, formulata a tutti i Comuni molisani dal Servizio per la Protezione Civile della Regione Molise, circa l'esigenza di individuare e predisporre preventivamente aree idonee all'organizzazione delle operazioni di assistenza alla popolazione nel rispetto dei tempi d'intervento propri di una situazione di emergenza. Queste aree sono così definite:

*Area o Aree di Attesa:*

sono i luoghi di prima accoglienza per la popolazione. Possono utilizzarsi piazze, larghi, parcheggi, spazi pubblici o privati ritenuti idonei e non soggetti a rischio e facilmente raggiungibili. Il numero delle aree da scegliere è funzione della capacità ricettiva degli spazi disponibili e del numero degli abitanti. In tali aree la popolazione riceverà le prime informazioni sull'evento ed i primi generi di conforto nell'attesa dell'allestimento delle Aree di Ricovero. L'utilizzo di tali aree varierà per un periodo di tempo compreso tra poche ore e qualche giorno.

*Area di Ammassamento soccorritori e risorse:*

è il luogo da cui partono i soccorsi per i Comuni afferenti al C.O.M. (Figura 32), garantendo un razionale impiego delle risorse umane e materiali. Queste aree non devono essere soggette a rischio ambientale e dovranno essere facilmente attrezzabili con i servizi essenziali quali, ad esempio, rete idrica, fognaria, elettrica e telefonica. Tali aree dovranno essere ubicate in prossimità di nodi viari o comunque facilmente raggiungibili da mezzi di grandi dimensioni. Inoltre, è preferibile che le aree identificate abbiano nelle immediate vicinanze spazi liberi ed idonei per un eventuale ampliamento. Queste aree potranno essere utilizzate per un periodo di tempo di pochi mesi.

*Area o Aree di Ricovero della popolazione:*

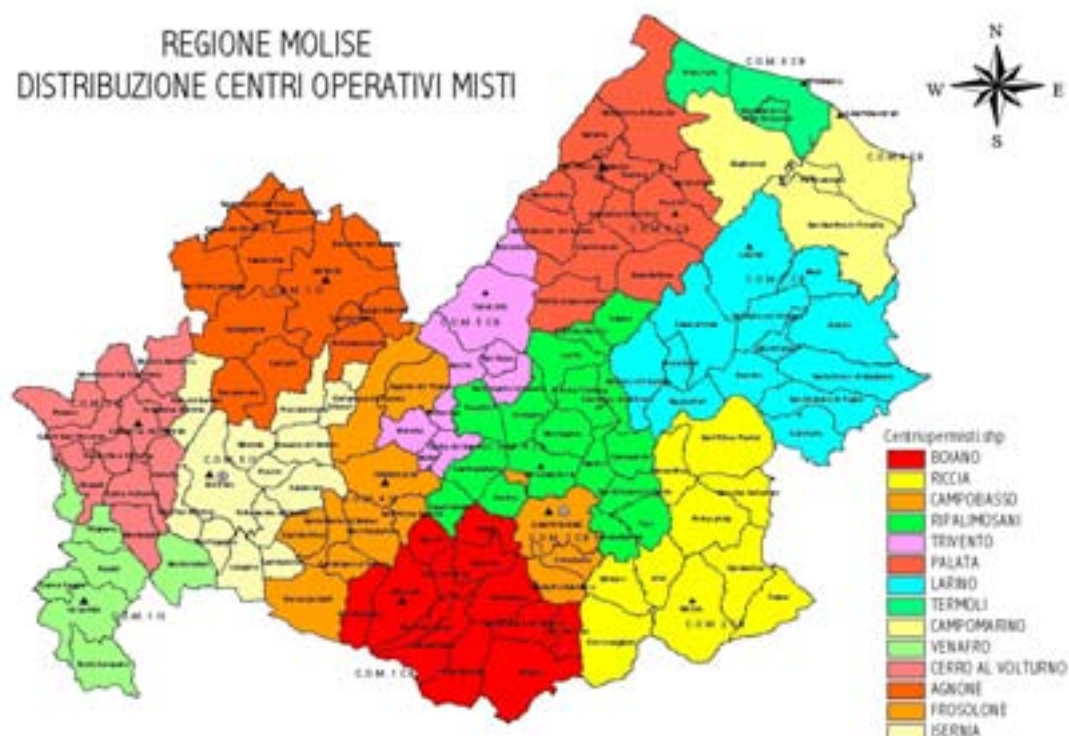
rappresentano i luoghi in cui saranno installati i primi insediamenti abitativi. Esse dovranno avere dimensioni ottimali per accogliere almeno una tendopoli e servizi campali rispondenti e necessari a soddisfare le esigenze del caso. Anche queste aree dovranno essere ubicate in prossimità di nodi viari o comunque facilmente raggiungibili da mezzi di grandi dimensioni nonché avere nelle immediate vicinanze spazi liberi ed idonei per un eventuale ampliamento. Inoltre, devono essere non soggette a rischio e facilmente attrezzabili con i servizi essenziali. Le aree individuate possono essere dotate di attrezzature ed impianti di interesse pubblico per la realizzazione e lo svolgimento, in periodi di "non emergenza", di attività fieristiche, concertistiche, circensi, sportive. L'utilizzo di queste aree è per un periodo di tempo compreso tra pochi mesi e qualche anno.

Da quanto sopra risulta che l'individuazione di spazi idonei ad assicurare una corretta gestione delle operazioni necessarie al ripristino delle funzioni primarie di una comunità è uno degli obiettivi che le Amministrazioni locali devono prefiggersi nell'ambito delle competenze in materia di programmazione dello sviluppo del territorio e di tutela della incolumità della popolazione.

La Regione Molise, attraverso il Servizio per la Protezione Civile, ha provveduto, sulla base delle indicazioni fornite dal Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri, alla formulazione degli indirizzi Regionali per la Pianificazione Comunale e Provinciale di emergenza attraverso la

redazione delle “Linee guida per la pianificazione Comunale di emergenza” e delle “Linee guida per la pianificazione Provinciale di emergenza”, documenti rispettivamente approvati dalla Giunta Regionale con le Deliberazioni n. 1621 del 20.10.2002 e n. 125 del 10.02.2003. La Regione Molise ha destinato a tutt'oggi, d'intesa con il Presidente della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e con il Capo Dipartimento della Protezione Civile, €. 5.500.000,00 rinvenienti dal Fondo Regionale di Protezione Civile, di cui alla Legge 23 dicembre 2000, n.388, articolo 138, comma 16, annualità 2001 e 2002, nella prevenzione del rischio, in particolare di quello sismico, e nell'attuazione di interventi finalizzati alla mitigazione dello stesso rispetto ai possibili eventi. Con i fondi sopraindicati, i Comuni stanno procedendo alla redazione dei Piani Comunali di Protezione Civile ed alla progettazione e realizzazione di interventi volti al miglioramento della funzionalità di strutture ed infrastrutture a servizio dei C.O.C.. Inoltre, i Comuni individuati quale sede dei Centri Operativi Misti (Figura 32), stanno provvedendo alla predisposizione delle soluzioni tecnico-logistiche necessarie al coordinamento delle 14 funzioni di supporto da attivare presso il C.O.M. stesso ed alla progettazione e realizzazione di interventi volti al miglioramento della funzionalità delle Aree di ammassamento soccorritori e risorse. Le Province di Campobasso ed Isernia stanno utilizzando i fondi per la predisposizione dei Piani Provinciali di emergenza e per la realizzazione delle iniziative, anche di natura tecnica, da intraprendere sulla base di preventive intese con la Regione. Infine, la Regione Molise ha proceduto all'individuazione e alla progettazione degli interventi per il miglioramento funzionale, in base alle vigenti normative, dei locali da adibire a sede della *Sala Operativa Regionale* e del *Centro Funzionale del Molise* presso l'ex Centro di ricerca del Vivaio Forestale “Selva del Campo” di Campochiaro.

Figura 32: DISTRIBUZIONE DEI C.O.M. SUL TERRITORIO MOLISANO





## DOMANDE RICORRENTI

Di seguito sono riportate le domande più frequenti che la popolazione rivolge ad esponenti della Comunità Scientifica e ad Operatori di Protezione Civile quando si verifica un evento sismico.

### Perché si verifica un terremoto?

Un terremoto si verifica quando lo sforzo accumulato in tempi lunghissimi all'interno della crosta terrestre supera la soglia di resistenza alla rottura delle rocce. La rottura avviene lungo un piano, detto piano di faglia, e l'energia immagazzinata viene istantaneamente rilasciata sotto forma di onde elastiche.

### Si può prevedere un terremoto?

Un terremoto è un fenomeno naturale e, allo stato attuale delle conoscenze, è un fenomeno non prevedibile. Studiando la distribuzione spaziale della sismicità storica e strumentale e gli effetti che i forti terremoti storici hanno provocato, è possibile, però, individuare non solo le aree sismogenetiche, ma anche valutare la massima Intensità che può verificarsi in una determinata area nonché il “periodo di ritorno” di eventi con simile Intensità. Queste valutazioni sono fatte su base statistica. Attualmente, vengono effettuati studi per valutare l'esistenza di eventuali fenomeni precursori.

### Che differenza c'è tra Intensità e Magnitudo?

La Magnitudo è una misura oggettiva della quantità di energia elastica rilasciata durante un terremoto.

L'Intensità classifica, su base soggettiva, gli effetti che un terremoto produce sulle costruzioni, sul terreno e sulle persone.

### Quanto dura un terremoto?

Se per “durata di un terremoto” si intende “per quanto tempo le oscillazioni del terreno sono avvertite dalla popolazione” esso è, in generale, avvertito per pochi secondi e da quanto distanti si è dall'epicentro. L'avvertibilità di un terremoto dipende essenzialmente dalla Magnitudo e da quanto dura il processo di fratturazione delle rocce che, per grossi terremoti, è di diversi secondi. Ad esempio, durante il terremoto dell'Irpinia del 1980 di Magnitudo 6.9 questo processo di fratturazione è durato circa 40 secondi perché il terremoto è stato prodotto dalla consecutiva rottura di tre segmenti di faglia. Nel terremoto del Molise del 2002, invece, nella scossa più forte del 31 Ottobre di Magnitudo 5.4 questo processo è durato meno di 10 secondi.

### A cosa si può attribuire la causa delle scosse che si verificano nell'Adriatico? In che senso l'Africa “spinge” verso l'Italia?

La litosfera terrestre è suddivisa in placche che, galleggiando sull'astenosfera, si muovono l'una rispetto all'altra. Il loro moto fa sì che queste zolle possono venire a contatto lungo zone di collisione in cui si accumula energia elastica.

Nell'area mediterranea le zolle Euroasiatica ed Africana sono in contatto e l'effetto nel tempo geologico, ossia in un intervallo di tempo molto lungo, produce un "accartocciamento" delle rocce della placca Eurasiatica più prossime alla zona di contatto in quanto la zolla Africana, muovendosi verso Nord, "spinge" lungo questa direzione la zolla Euroasiatica di cui l'Italia fa parte. Tutti i terremoti che si verificano nell'area mediterranea, e quindi anche quelli che si verificano sul territorio italiano nonché nell'Adriatico, sono il risultato dell'accumulo di energia elastica lungo la zona di contatto tra le zolle Africana ed Euroasiatica.

### Esiste una correlazione tra fattori climatici e scosse telluriche?

Nessuna correlazione esiste tra fattori climatici ed eventi sismici. Meglio, dunque, non farsi suggestionare da previsioni di maghi, da indicazioni illusorie o leggende metropolitane ma prepararsi psicologicamente e materialmente alla possibilità che, se si vive in una area sismogenetica, si può verificare un evento sismico in qualsiasi momento.

### Che cosa sono i sismografi?

I sismografi sono gli strumenti che rilevano e registrano l'andamento, in funzione del tempo, delle oscillazioni del terreno. Nel caso di terremoto essi rilevano e registrano le oscillazioni del terreno prodotte dal passaggio delle onde sismiche.

### Perché l'Italia è considerata ad alto rischio sismico?

In tempi storici molti terremoti con Intensità maggiore all'VIII grado della scala Mercalli hanno avuto epicentro sul territorio italiano. Questi forti terremoti si sono verificati lungo l'Appennino Centro-Meridionale, che si estende tra l'Abruzzo alla Calabria, nell'area della Sicilia Orientale, incluso lo Stretto di Messina, nelle Alpi Orientali e nel Gargano. In definitiva, circa 70% del territorio italiano è a rischio sismico.

### Chi era Giuseppe Mercalli?

Mercalli era un sismologo italiano che nel 1897 per primo propose una scala sismica basata sull'analisi dei danni provocati da un terremoto.

### Chi era Charles Francis Richter?

Richter era un sismologo americano che nel 1935 definì la Magnitudo come parametro oggettivo per valutare l'energia meccanica rilasciata durante il processo di fratturazione delle rocce che genera un terremoto.

### Quanto sono sicuri gli edifici in cui viviamo?

Per gli edifici più recenti il loro grado di sicurezza è legato alle modalità costruttive. Per gli edifici meno recenti la loro affidabilità dipende dagli interventi effettuati nel tempo che possono aver danneggiato l'impianto strutturale originario. Mancate manutenzioni, aperture di porte o finestre nei muri portanti, sostituzione

di parte dei muri portanti con tramezzi indeboliscono sostanzialmente la struttura originaria del fabbricato.

Qual è la differenza tra un edificio costruito con sistemi antisismici ed un edificio normale?

In generale, un edificio è progettato per sopportare le azioni derivanti dal proprio peso e dai carichi accidentali (persone e cose), ma deve anche resistere all'azione del vento. Un edificio progettato con criteri di resistenza ad un sisma deve essere in grado di resistere anche alle azioni orizzontali causate da un terremoto.

Quanto costa in più costruire un edificio secondo criteri antisismici?

Per una nuova costruzione si ha una maggiorazione del 10-30%. In caso di ristrutturazione antisismica di vecchi edifici il costo può anche raddoppiare rispetto al costo di una ristrutturazione "normale".

E' possibile intervenire sugli edifici esistenti per renderli sicuri in caso di terremoto?

In generale è possibile anche se in alcuni casi può non essere conveniente in termini economici. E' necessario stabilire una priorità di interventi e procedere per passi successivi.

Un edificio costruito nel rispetto della normativa antisismica subisce danni in caso di terremoto?

Anche gli edifici costruiti nel rispetto della normativa antisismica possono subire danni a seguito di un terremoto. Questi edifici sono progettati per contrastare le sollecitazioni prodotte dalle onde sismiche per evitare il crollo. In alcuni casi è auspicabile un danno alle parti non strutturali di questi edifici perché in questo modo scaricano energia meccanica evitando il crollo anche parziale.

E' possibile sapere se l'abitazione in cui si risiede è sicura?

Sì, ma è indispensabile valutare la vulnerabilità dell'edificio tramite una perizia statica che deve essere effettuata solo ed esclusivamente da un tecnico specializzato ed abilitato come ingegneri, architetti, geometri.

Chi si chiama se reputo l'edificio dove abito pericolante?

I Vigili del Fuoco o i Vigili Urbani della propria città o contattare gli Uffici Comunali.

A chi ci dobbiamo rivolgere per conoscere i piani di protezione civile a livello locale?

Per conoscere i piani di protezione civile a livello locale ci possiamo rivolgere al Sindaco che è la massima autorità di protezione civile a livello comunale.

## GLOSSARIO

**Astenosfera:** zona duttile del mantello superiore, sottostante la litosfera, formata da rocce prossime al punto di fusione.

**Crosta terrestre:** involucro più esterno solido della Terra, soprastante il mantello, il cui spessore varia da 5-10 a 70 Km.

**Deformazione:** modificazione della struttura di un pacco di rocce, provocata da forze tettoniche la cui azione è posteriore alla deposizione dei sedimenti costituenti le rocce stesse.

**Dislocazione:** entità dello spostamento meccanico che subiscono le rocce dopo la loro fratturazione.

**Dorsale medio-oceanica:** elementi caratteristici dei fondali oceanici che si estendono per centinaia di Km e somiglianti a catene montuose.

**Ecosistema:** unità ecologica fondamentale, formata da una comunità di organismi viventi in una determinata area e dal suo specifico ambiente fisico, con il quale gli organismi sono legati da complesse interazioni e scambi di energia e materia.

**Energia:** grandezza fisica che conferisce a un sistema la capacità di compiere lavoro. E' presente nei sistemi di forme diverse, che possono essere trasformati l'una nell'altra anche se il valore complessivo dell'energia rimane costante.

**Epicentro:** punto posto sulla superficie terrestre corrispondente, lungo la perpendicolare, all'ipocentro.

**Faglia:** frattura di un compessoroccioso con spostamento relativo delle parti a contatto lungo un piano detto piano di faglia.

**Falda:** parte del declivio di un monte prossima al piano.

**Formazione sedimentaria:** "pacco" di litologie a diversa potenza originatosi in seguito all'erosione di rocce preesistenti, al trasporto di questi sedimenti e infine alla loro deposizione in ambiente subacqueo o sub-aereo. Una formazione sedimentaria può avere un'origine organica, ad esempio, una formazione corallina, o una roccia costituita da frammenti di gusci di animali.

**Fluido:** sistema facilmente deformabile (liquido o gas), che non ha una forma propria, ma assume quella del recipiente che lo contiene.

**Geologia strutturale:** disciplina che studia le varie unità strutturali costituenti la superficie terrestre, nonché la loro disposizione spaziale.

**Ipocentro (o fuoco):** punto all'interno della Terra in cui ha origine il processo di fratturazione delle rocce che genera un terremoto.

**Litosfera:** involucro rigido esterno della Terra sovrastante l'astenosfera; comprende la crosta e parte del mantello superiore ed è frammentata in placche in lento movimento.

**Litologia:** ramo della geologia che studia l'origine, la tessitura e la composizione delle rocce.

**Magnitudo:** misura convenzionale dell'energia rilasciata da un terremoto sotto forma di onde sismiche.

**Mantello (della Terra):** è il “grosso” della Terra, situato fra crosta e nucleo, costituito da rocce solide o prossime al punto di fusione, che si estende da circa 40 chilometri fino a 2900 chilometri in profondità.

**Metodo empirico:** metodo fondato sui dati contingenti della esperienza, quindi estraneo al rigore scientifico.

**Micron:** unità di misura di lunghezza, pari a un millesimo di mm.

**Microzonazione sismica:** conoscenza accurata della situazione geologica, geomorfologia e idrogeologica di un'area dalle dimensioni urbane al fine di valutare la “risposta sismica” del terreno su cui sono costruiti i fabbricati.

**Morfologia:** studio delle forme e delle strutture rocciose, caratterizzanti la configurazione della superficie terrestre.

**Nucleo Terrestre:** parte centrale della Terra in parte fluido e in parte solido costituito prevalentemente da metalli pesanti.

**Onde elastiche:** oscillazioni che si propagano nello spazio materiale a partire da una sorgente, trasportando energia ma non materia, che hanno bisogno di un mezzo per propagarsi e quindi non si propagano nel vuoto.

**Onda sismica:** onda elastica che si propaga nella Terra, prodotta da un terremoto o da una esplosione.

**Permeabilità:** proprietà relativa a certi corpi di lasciarsi attraversare o penetrare da liquidi o gas. Si dice che una roccia è permeabile quando l'acqua o un altro liquido in contatto con la superficie superiore tende a passare attraverso la roccia più o meno liberamente verso la superficie inferiore.

**Piano di faglia:** superficie lungo la quale avviene il movimento relativo di due blocchi di roccia separatisi in seguito alla loro rottura.

**Sedimenti:** materiale originatosi successivamente all'erosione, al trasporto ed all'accumulo di frammenti di roccia di origine organica e/o inorganica.

**Sequenza sismica:** insieme di terremoti localizzati nella stessa area che si verificano, in generale, a seguito di un evento sismico energetico.



**Sforzi:** sono forze per unità di area che si trasmettono attraverso un materiale per mezzo di campi di forza interatomici. Gli sforzi che si trasmettono perpendicolarmente ad una superficie sono sforzi normali; quelli che si trasmettono parallelamente ad una superficie sono sforzi di taglio (tangenziali).

**Sismografo:** strumento che registra l'andamento in funzione del tempo delle oscillazioni della superficie terrestre a seguito del passaggio delle onde sismiche.

**Sismometro:** è il sensore di un sismografo, generalmente costituito da un pendolo sospeso.

**Strutture tettoniche:** sono i prodotti di deformazioni riscontrabili nelle rocce dopo essere state sottoposte all'azione di sforzi. I principali tipi di strutture tettoniche sono le pieghe e le faglie.

**Tettonica:** è una branca della geologia che studia le deformazioni e le dislocazioni delle rocce costituenti la crosta terrestre, provocate da forze che agiscono all'interno della Terra.

**Tettonica a zolle (placche):** è la teoria che spiega, su scala globale, il movimento relativo e l'interazione delle diverse zolle in cui viene suddivisa la litosfera. Facendo riferimento a questa teoria si spiega il fenomeno della formazione delle catene montuose, il fenomeno dell'inflessione di un certo tipo di roccia terrestre sotto altra di natura diversa, il movimento stesso dei continenti.

**Zolla litosferica:** ampio settore, o placca, relativamente rigido, della litosfera terrestre che si muove scorrendo sull'astenosfera. Le placche si incontrano nelle zone di convergenza e si allontanano l'una dall'altra lungo le zone di divergenza, oppure scorrono l'una rispetto all'altra lungo i margini trascorrenti.

## BIBLIOGRAFIA

Di seguito sono elencati alcune recenti pubblicazioni a carattere Divulgativo, Scientifiche e siti WEB dove possono essere approfondite alcune problematiche trattate nel presente Opuscolo.

AA.VV. (1999). Cd-rom "SICURO" Net Business Service s.r.l. Battipaglia (SA).

AA.VV. (2002). "Il Rischio Sismico". Opuscolo informativo sul Rischio Sismico edito dalla Regione Molise in collaborazione con l'Osservatorio Vesuviano INGV.

Alessio G., Godano C., Gorini A., (1990a). "A low magnitude seismic sequence near Isernia (Molise, central Italy) in January 1986". Pure Appl. Geophys. 134 (2), 243-260.

Alessio G., Esposito E., Gorini A., Luongo G., Porfido S. (1990b). "Identification of seismogenic areas in the Southern Apennines, Italy" Annali di Geofisica, Vol. XXXVI, n.1 April 1993, 227-235.

Blumetti A.M., M. Caciagli M., Di Bucci D., Guerrieri L., Michetti A.M., Naso G. (2000) "Evidenze di fagliazione superficiale olocenica nel bacino di Boiano (Molise)" Atti 19° Convegno Annuale G.N.G.T.S., Roma.

Boaga G., (1986). "Corso di tecnologia delle costruzioni. Gli elementi di fabbrica e i sistemi costruttivi". Calderini.

Comune di Foligno Polizia Municipale" (1998). "Le Calamità elementi di Protezione Civile". Tipo-Litografia Recchioni, Foligno (Giugno 1998).

De Pari P., (1993) "Aspetti della sismicità storica del Molise fino al 1899". Almanacco del Molise 1993/94, 137-151. Ed. Enne

Esposito E., Luongo G., Marturano A., Porfido S. (1987). "Il terremoto di S. Anna del 26 Luglio 1805". Mem.Soc. Geol. Ital., 37.

I.N.G., G.N.D.T., S.G.A., S.S.N. (1999) - "Catalogo parametrico dei Terremoti italiani" Ed. Compositori.

Federici P., Di Maro R., Marchetti A., Cocco M. (1992). "Analisi della sismicità dell'area del Sannio-Matese negli anni 1991-1992". Atti del 11° Convegno Annuale G.N.G.T.S., Roma.

Figliuolo B. (1988). "Il terremoto del 1456". Edito da Osservatorio Vesuviano e Istituto Italiano per gli Studi Filosofici.

G. Milano, R. Di Giovambattista, G. Alessio (1997): *La sequenza sismica del Sannio-Matese del Marzo 1997: Primi risultati*. XVI Convegno Annuale G.N.G.T.S., Roma, 11-13 Novembre 1997, Riassunti delle comunicazioni, 81.

G. Milano, R. Di Giovambattista, G. Alessio, G. Ventura (1998): *La sismicità del Sannio-Matese*. XVII Convegno Annuale G.N.G.T.S., Roma, 10-12 Novembre 1998, Riassunti delle comunicazioni, 115.

Milano G., Digiovambattista R., Alessio G., (1999) "*Earthquake swarms in the Southern Apennines chain (Italy): the 1997 seismic sequence in the Sannio-Matese mountains*". *Tectonophysics* 306, 57-78. Elsevier Science

G. Milano, R. Digiovambattista, G. Ventura (2001): *La sequenza sismica del 1997-98 nel Sannio-Matese: informazioni sul campo di stress*. XX Convegno Annuale G.N.G.T.S., Roma, 6-8 Novembre 2001, Riassunti delle comunicazioni on-line, sito GNGTS.

G. Milano, G. Ventura, R. Di Giovambattista (2002): *Seismic evidence of longitudinal extension in the Southern Apennines Chain (Italy): the 1997-1998 Sannio-Matese seismic sequence*. *Geophysical Research Letters*, Vol. 29, N° 20, doi: 10.1029/2002GLO15188,2002

G. Milano, R. Digiovambattista, G. Ventura (2003): *La sequenza sismica a NE di Isernia*. Volume Abstract 22° Convegno Nazionale GNGTS pp. 159-161, Roma, 18-20 Novembre 2003.

Ministero dell'Interno - Direzione Generale della Protezione Civile (1997). "*Impariamo a difenderci dai rischi in casa, a scuola e nel territorio*". A cura di Valeria Tatano e Stefano Zanut. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (Roma 1997).

Whitten D.G.A., Brooks J.R.V., (1994) "*Dizionario di Geologia*" Oscar Mondadori.

Postpischl, D. (Ed.), 1985a. "*Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes*". CNR-PFG 114/2a.

Postpischl, D. (Ed.), 1985b. "*Catalogo dei Terremoti Italiani dall'anno 1000 al 1980*". CNR-PFG, Quad. Ric. Sci. 114/2b.

Provincia di Campobasso (1998). "*Protezione Civile I Rischi...Impariamo a difenderci*". A cura di Giuliana Carano e Roberto Infelice.

Scandone P., Patacca E., Meletti C., Bellatalla M., Perrini N., Santini U. (1990). "*Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della Penisola Italiana*". Atti Conv. Gruppo Naz. Dif. Terremoti, 1.

Servizio Sismico Nazionale - G.N.D.T. - Dipartimento della Protezione Civile "*Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per gli edifici ordinari nell'emergenza post- sisma*".

**SITI WEB D'INTERESSE**

Consiglio Nazionale delle Ricerche  
[www.cnr.it](http://www.cnr.it)

Dipartimento della Protezione Civile  
[www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)

Gruppo Nazionale Difesa Terremoti  
[www.gndt.ingv.it](http://www.gndt.ingv.it)

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.)  
[www.ingv.it](http://www.ingv.it)

Osservatorio Vesuviano - Sezione di Napoli dell'I.N.G.V.  
[www.ov.ingv.it](http://www.ov.ingv.it)

Servizio Sismico Nazionale  
[www.serviziosismico.it](http://www.serviziosismico.it)

[www.ingegneriastrutturale.it](http://www.ingegneriastrutturale.it)

[www.geofisico.wnt.it](http://www.geofisico.wnt.it)

*Finito di stampare*