



**Rotary club
Sulmona**



**Gaetano De Luca - Christian Del Pinto
Giusy Lavecchia - Michele Tataseo**

LA PREVENZIONE DAL TERREMOTO

Lo stato geologico della Valle Peligna

Il monitoraggio

La prevenzione

NOTE TRATTE DAL CONVEGNO DEL 27 FEBBRAIO A SULMONA

Sulmona - 18 giugno 2010



Dopo il tremendo terremoto del 6 aprile, impietosamente tragico per L'Aquila e dannoso per la Valle Peligna, con il passare delle settimane e dei mesi, sempre più evidente e pressante appariva l'esigenza dei cittadini di Sulmona e della Valle di avere informazioni e fare, per quanto possibile, chiarezza su tre punti fondamentali:

- dove poggiano le nostre case, quindi quale la situazione geologica del nostro territorio;
- quali gli strumenti di rilevazione dei movimenti tellurici locali;
- soprattutto, cosa fare in termini di prevenzione .

Noi rotariani nell'intento di renderci utili abbiamo raccolto questa istanza e il 27 febbraio abbiamo organizzato un convegno chiamando illustri specialisti in materia.

L'evento, con il coordinamento accorto e qualificato del geologo sulmonese Antonio Mancini, ha suscitato molto interesse, tanto che il Cinema Pacifico, teatro dell'occasione, è stato stracolmo e moltissimi sono stati gli interventi da parte del pubblico presente.

Poi, però, insistenti sono state le richieste di avere un resoconto scritto degli argomenti dibattuti.

Quindi, di nuovo abbiamo chiesto l'intervento della Prof.ssa Giusy Lavecchia, del Dott. Gaetano De Luca, del Dott. Christian Del Pinto e dell'Ing. Michele Tataseo, "Strutturista", i quali con rinnovata generosa disponibilità hanno sintetizzato, cercando di usare un linguaggio accessibile al grande pubblico, le relazioni presentate nel corso del convegno.

Ne è scaturito un breve manuale con approccio pratico che riteniamo possa essere chiarificatore ed esauriente.

Ne stampiamo 1.000 copie da distribuire gratuitamente in parte ai clienti della Cassa di Risparmio della Provincia de L'Aquila, Istituto che generosamente ha contribuito ai costi di stampa, ed in parte tramite le edicole dei giornali di Sulmona e del circondario.

Purtroppo, il terremoto è un evento ineluttabile, quindi è importante non essere impreparati.

Il Presidente del Rotary Club Sulmona
Michele Bocci

INDICE:

Manifesto di presentazione del convegno del 27 febbraio 2010 pag... 5

Prof.ssa: Giusy Lavecchia:

Breve introduzione ai terremoti ed alle faglie attive nell'area della valle Peligna e del Massiccio della Maiella pag... 7

Dott.: Gaetano De Luca:

La rete di monitoraggio sismico in Abruzzo ed in particolare nella Conca Peligna pag... 13

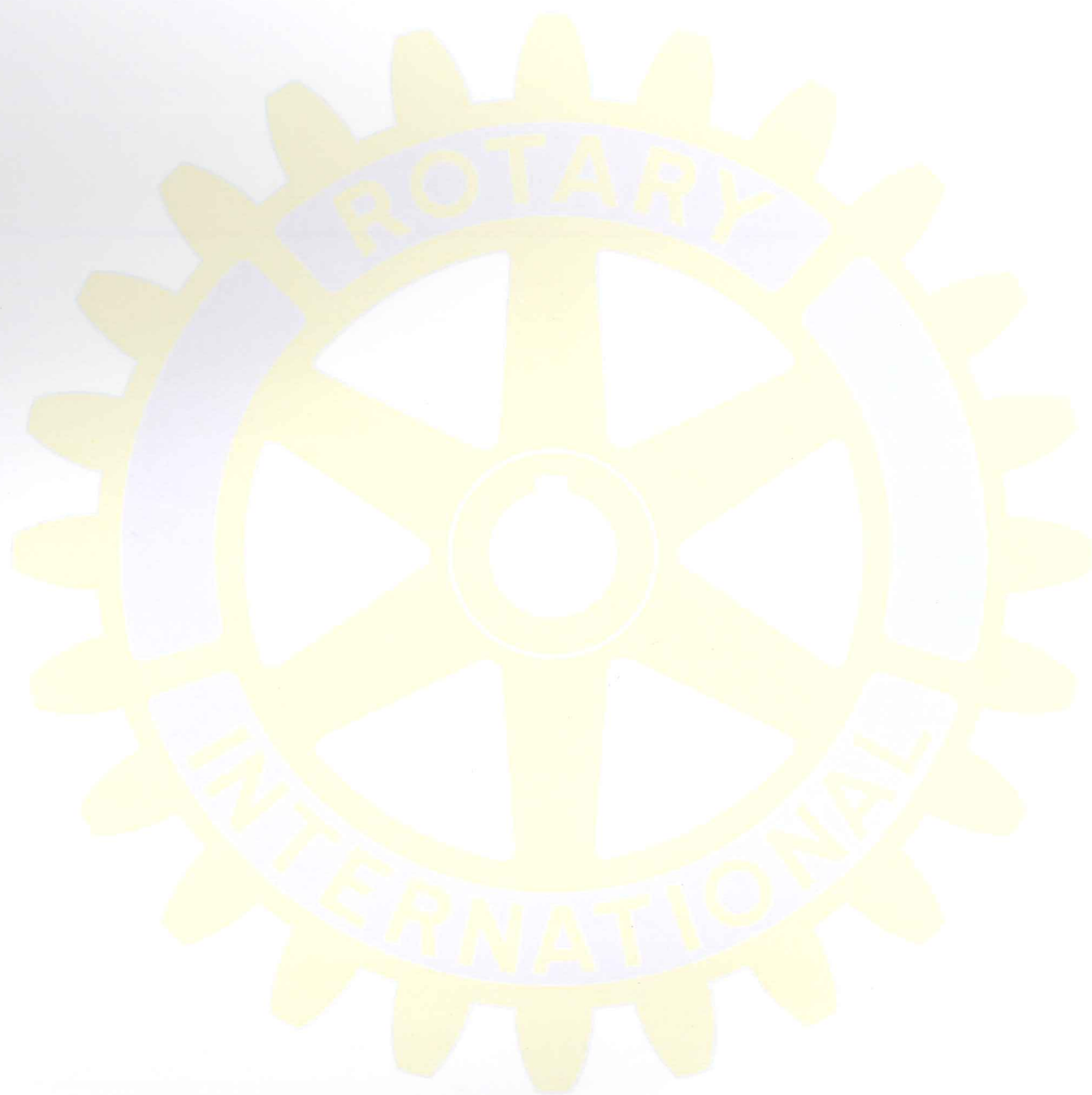
Dott.: Christian del Pinto:

Prevenzione sismica ed enti locali: l'esperienza molisana pag... 19

Ing.: Michele Tataseo:

Prevenzione dal rischio sismico pag... 29







Rotary Club Sulmona



Patrocinio del Comune di Sulmona

CONVEGNO-DIBATTITO

su

“LA SISMICITA’ NELLA VALLE PELIGNA: STATO DELLE CONOSCENZE E PREVENZIONE”

SABATO 27 febbraio 2010 ORE 10,00 CINEMA PACIFICO

“Tettonica attiva e terremoti in Abruzzo, con particolare attenzione alla Valle Peligna ed alla Maiella”

PROF. Giusy LAVECCHIA

ORDINARIO DI GEOLOGIA STRUTTURALE, LABORATORIO DI GEODINAMICA E SISMOGENESI, UNIVERSITA’ DI CHIETI.

“La rete di monitoraggio sismico in Abruzzo ed in particolare nella Conca Peligna”

DOCT. Gaetano DE LUCA

RESPONSABILE RETE REGIONALE DI MONITORAGGIO SISMICO IN ABRUZZO DEL CENTRO NAZIONALE TERREMOTI DELL’ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA.

“Prevenzione sismica ed Enti Locali: l’esperienza molisana”

DOCT. Christian DEL PINTO

RESPONSABILE SCIENTIFICO DEL CENTRO FUNZIONALE PER LA PROTEZIONE CIVILE DELLA REGIONE MOLISE.

“Principali interventi di prevenzione a difesa dai terremoti”

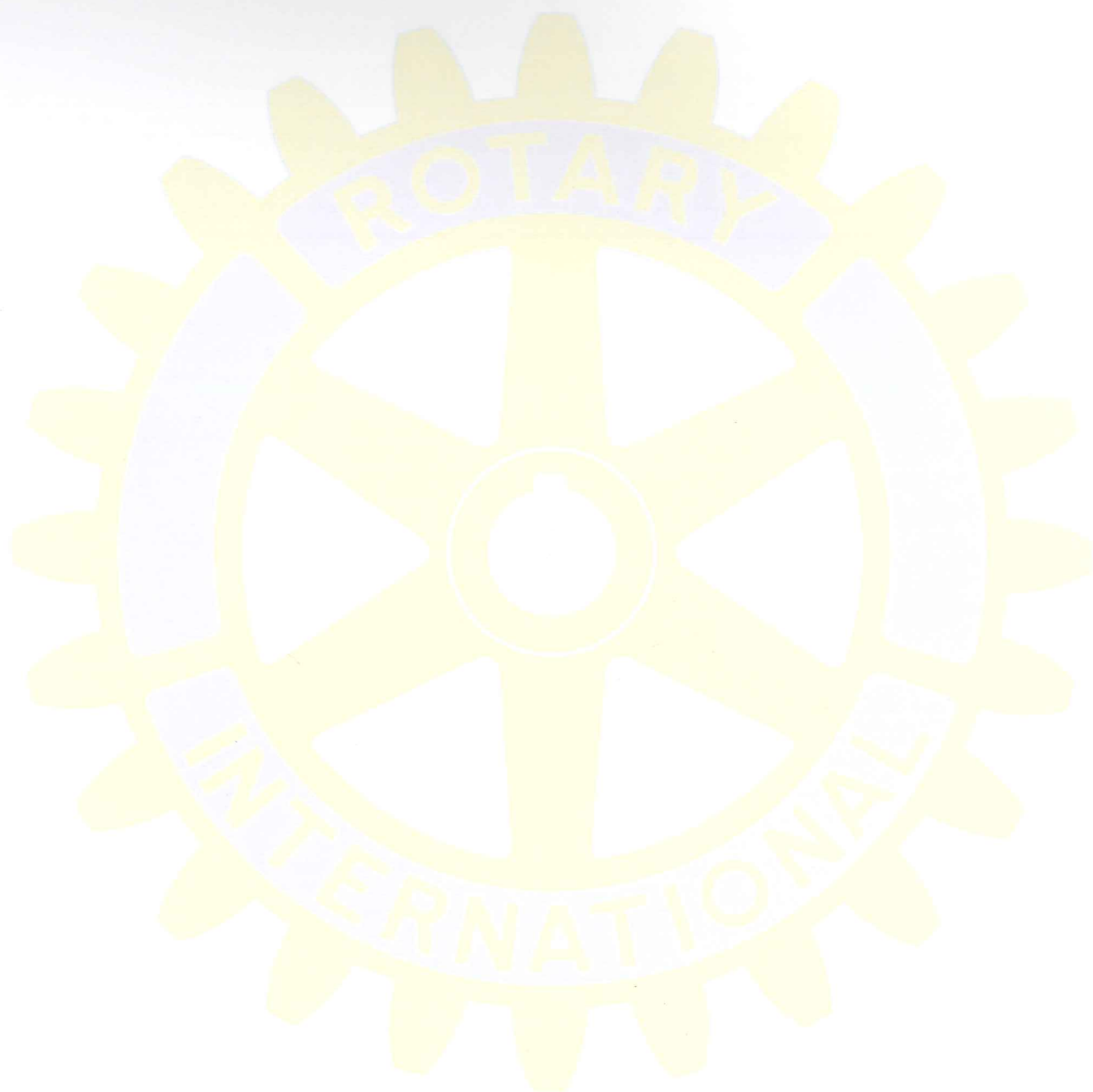
ING. Michele TATASEO

PROF. A CONTRATTO PRESSO L’UNIVERSITA’ LA SAPIENZA DI ROMA – FACOLTA’ DI ARCHITETTURA - “CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI STORICI”.

COORDINATORE E MODERATORE

DOCT. Antonio MANCINI

GEOLOGO



BREVE INTRODUZIONE AI TERREMOTI ED ALLE FAGLIE ATTIVE NELL'AREA DELLA VALLE PELIGNA E DEL MASSICCIO DELLA MAIELLA

Giusy Lavecchia

Ordinario di Geologia Strutturale, Università G. d'Annunzio

L'assetto superficiale e profondo delle strutture tettoniche attive e potenzialmente sismogenetiche della Regione Abruzzo e la relativa pericolosità sismica sono oggetto di ricerca di punta svolta all'interno del "Laboratorio di Geodinamica e Sismogenesi" del Dipartimento di Scienze dell'Università di Chieti, sotto il co-ordinamento della prof.ssa Giusy Lavecchia. I risultati della ricerca sono stati pubblicati in molte riviste scientifiche, nazionali ed internazionali, alcune delle quali sono qui di seguito citate. In questa breve nota, i principali elementi strutturali e sismologici dell'area della Valle Peligna e della Maiella vengono brevemente riassunti con un linguaggio semplice rivolto a non-esperti. Poiché è impossibile prescindere dall'utilizzo di alcuni termini tecnici, segue un piccolo glossario esplicativo.

L'area appenninica umbro-marchigiana-abruzzese è soggetta a forti terremoti, storici e strumentali, associati a faglie dirette, immergenti verso ovest. Tra i più noti terremoti altamente distruttivi basti ricordare gli eventi di Avezzano del 1915 (Intensità I = XI MCS, Magnitudo $M_w = 7$) e de L'Aquila 2009 ($M_w = 6.3$). La contigua area pede-appenninica e peri-adriatica è ugualmente caratterizzata da una sismicità storica importante, anche se con magnitudo massime più basse (M_w circa 6.0) e con deformazioni attive di tipo compressivo, associate a faglie inverse e sovrascorrimenti che approfondiscono da est verso ovest. L'assetto sismotettonico della Regione Abruzzo rispecchia perfettamente questo quadro. In particolare, l'area di Sulmona e della Valle Peligna e quella del Massiccio Maiella (area riquadrata all'interno di Fig.1) si trovano localizzate proprio nella zona intermedia tra il dominio distensivo interno (area celeste in Fig.1) e quello compressivo esterno (area rosa Fig.1).

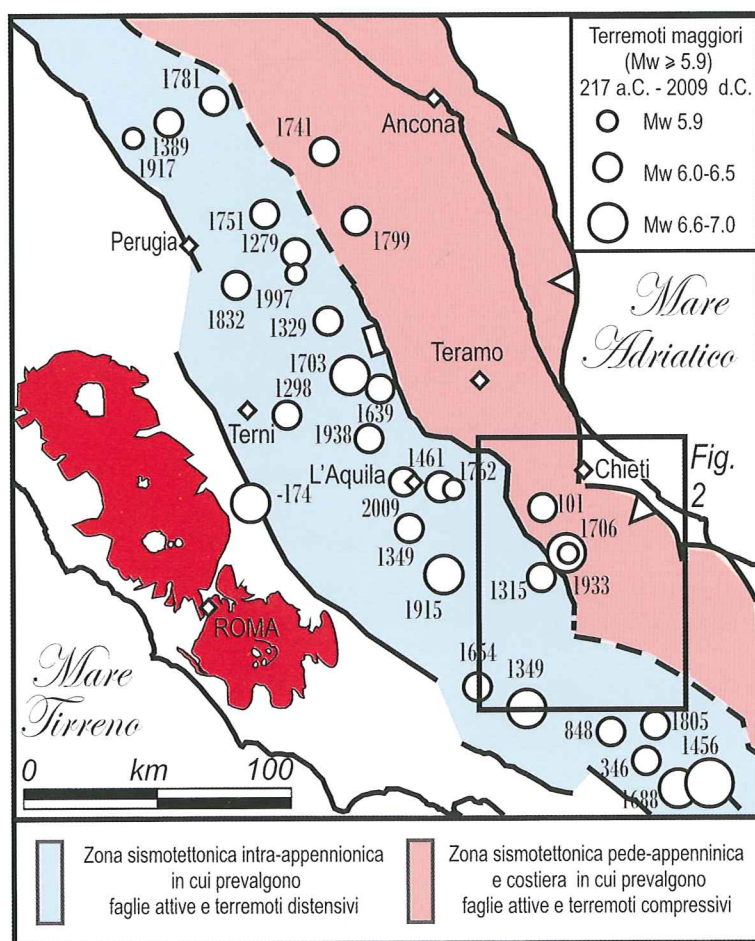


Fig.1 – Zonazione sismotettonica

Il bacino di Sulmona è una depressione tettonica riempita da depositi continentali di età quaternaria (ovverosia depositatisi negli ultimi 1.6 milione di anni) e bordata ad est dal sistema di faglie dirette del Monte Morrone. Questo si sviluppa per circa 25 km con direzione NW-SE ed immersione occidentale e consiste in due strutture parallele principali (Fig.2). Una è localizzata al bordo del bacino, tra Popoli a Pa-centro, l'altra è più orientale, e si sviluppa ad una distanza di circa due chilometri dalla prima, attraverso il versante occidentale del M. Morrone. In profondità, le due strutture sono plausibilmente collegate in una unico piano di faglia che si sviluppa fino a circa 12-14 km. Il sistema di faglie disloca terreni molto recenti (depositi di fan alluvionale e di scarpata tardo pleistocenici-olocenici) e può essere pertanto definito attivo. La velocità di spostamento media calcolata sul piano di faglia è dell'ordine di 0.6-0.8 mm/annui. Basato sulla lunghezza in superficie del piano di faglia, il massimo terremoto atteso ha una magnitudo pari a Mw 6.6-6.7.

Il Massiccio della Maiella corrisponde and una struttura compressiva anticlinale che si sviluppa in direzione NW-SE al tetto di un sovrascorrimento non più attivo da alcuni milioni di anni. Basandosi sull'interpretazione di linee sismiche profonde, è possibile, però, individuare un altro sovrascorrimento, probabilmente attivo, che arriva in prossimità della superficie nell'area costiera tra Lanciano e Ortona e che poi si approfondisce verso ovest, fino a profondità di 15-20 km sotto il Massiccio della Maiella e di 20-25 km sotto la Conca Peligna. Evidenze di terreno che confermano la presenza di strutture compressive attive al tetto di tale struttura, denominata sovrascorrimento dell'Abruzzo Citeriore sono state osservate nell'area di Orsogna.

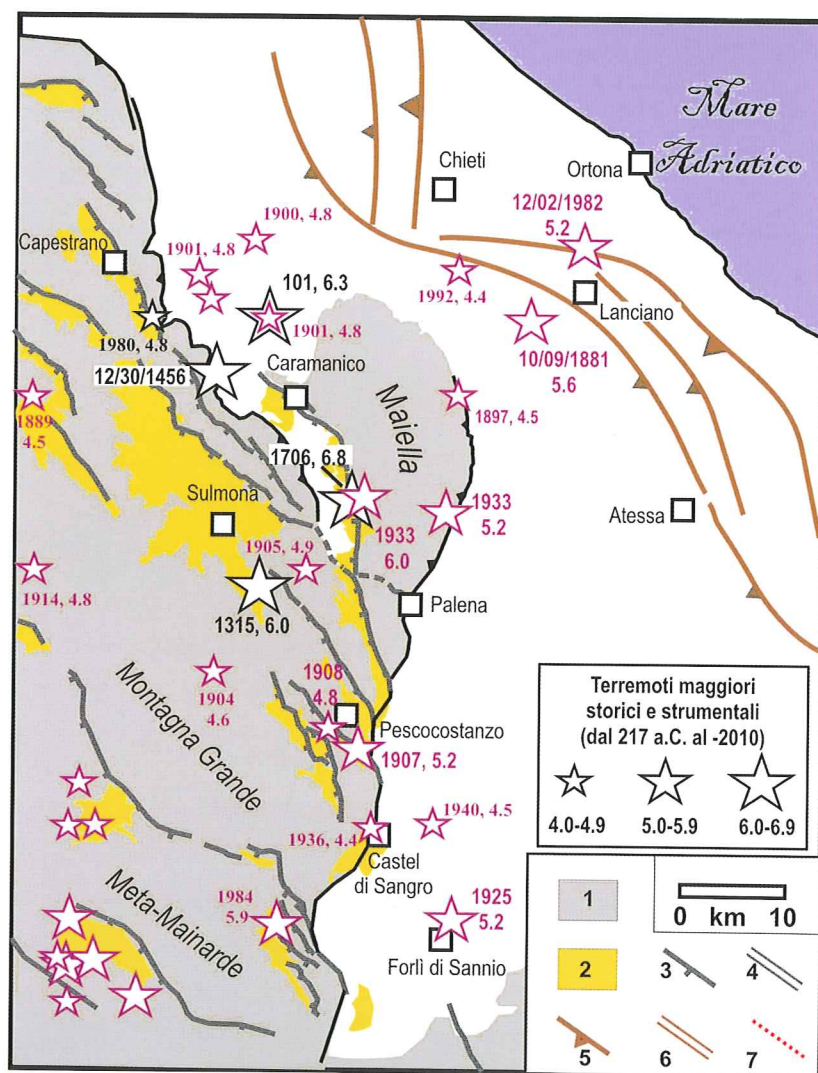


Fig. 2- Strutture tettoniche attive e terremoti nell'area della Valle Peligna e della Maiella (In rosso sono rappresentate le strutture compressive, in blue quelle distensive)

L'area della Valle Peligna è stata colpita da vari terremoti distruttivi tra i quali quelli del II sec. A.D. (Mw 6.6-6.7), 1349 (Mw 6.6), 1456 (Mw 6.9), 1706 (Mw 6.7), 1933 (Mw 6.0), 1915 (Mw 7.0). Le strutture tettoniche responsabili per questi terremoti sono ancora oggetto di studio e controversie nella letteratura scientifica. In ogni caso, alcune ipotesi possono essere semplificate e riassunte.

Il terremoto del II sec. è stato recentemente attribuito al sistema del M. Morrone, ma una possibile associazione con una porzione del sovrascorrimento dell'Abruzzo Citeriore situata al di sotto dell'area della Maiella non può essere esclusa.

Il terremoto del 1706 (Mw 6.8) può plausibilmente essere associato o al sistema di faglie dirette SW-immergenti del M. Morrone, che rappresenta la continuazione verso sud del sistema del M. Morrone, o ad una porzione del sovrascorrimento dell'Abruzzo Citeriore.

Il terremoto del 1933 (Mw 6) può essere attribuito allo stesso sistema compressivo costiero oppure ad una associata faglia trascorrente a direzione NNE-SSW

In conclusione, nell'area epicentrale di Sulmona esiste una doppia possibilità di terremoti: 1) eventi relativamente superficiali, enucleatisi tra i 10-15 km sulle faglie dirette del M. Morrone e/o M. Morrone; 2) eventi più profondi, enucleatisi tra i 25-15 km sulla prosecuzione in profondità del sovrascorrimento dell'Abruzzo Citeriore.

Calcoli di pericolosità sismica, realizzati nell'ambito del Laboratorio di Geodinamica e Sismogenesi dell'Ud'A, secondo criteri di nuova generazione che tengono conto non solo dei terremoti storici, ma anche delle faglie geologiche attive, avevano individuato nell'area Aquilana ed in quella del bacino di Sulmona le aree a più alta pericolosità dell'Italia centrale (Fig.3 con bibliografia). Purtroppo, il terremoto aquilano è diventato una realtà e l'area di Sulmona e della Maiella sono a forte rischio. Anche intuitivamente parlando è facile capire perché.

1. Le strutture tettoniche dell'area hanno dimensioni tali da giustificare terremoti con magnitudo massime Mw 6.6.-6.8.
2. L'ultimo forte terremoto, Mw 6.6-6.7. probabilmente associato alla faglia del Morrone, è quello del II sec. A.D.. Sono passati circa 2000 anni e questo è proprio all'incirca il tempo di ricarica previsto per queste strutture. Inoltre, è noto che quanto maggiore è il tempo di ricarica di una faglia, tanto maggiore è il terremoto atteso.

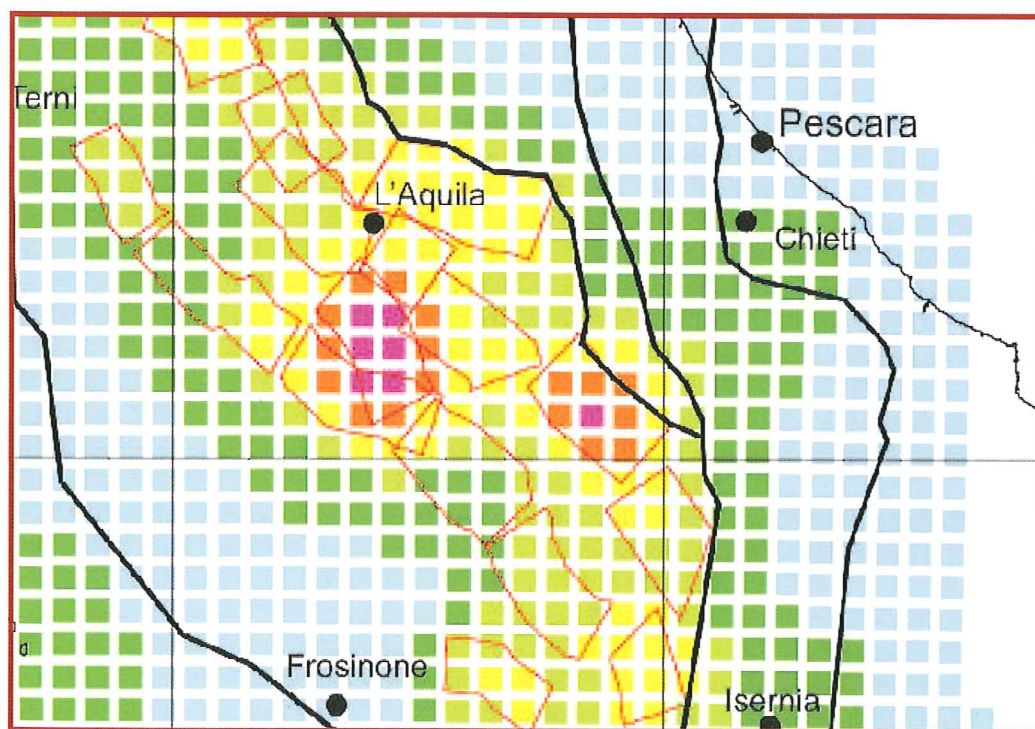


Fig. 3 – PGA con probabilità di superamento del 10% in 90 anni (da Pace et al., 2004)

3. Le sorgenti sismogenetiche locali responsabili di forti terremoti sono almeno tre (le faglie dirette del M. Morrone e del M. Porrara ed il sovrascorrimento dell'Abruzzo Citeriore) e possono attivarsi indipendentemente una dall'altra.
4. Nei dintorni di Sulmona sono presenti altre strutture ad alto potenziale sismogenetico, tra le quali per esempio, le Faglie dell'Aremogna-Cinque Miglia e della Media Valle dell'Aterno
5. Sulmona si trova su un bacino continentale che notoriamente può causare effetti di amplificazione locale dell'energia sismica.

Che fare?

E' indispensabile muoversi su due fronti distinti. Da un lato portare avanti la ricerca scientifica, di base ed applicata, dall'altro predisporre ed attivare strategia di allerta e di messa in sicurezza di edifici pubblici e privati.

Per quanto riguarda il primo punto ricordiamo che la sismicità strumentale di fondo dell'area della Valle Peligna e della Maiella è molto modesta e non consente analisi di dettaglio sulla associazione tra distribuzione dei terremoti e strutture tettoniche attive. Al fine di cercare di ottenere qualche informazione in tal senso, e di implementare la rete sismica nazionale e locale, un piccolo network di sei stazioni sismiche è stato installato a fine marzo 2009 ad opera dell'OGS (Trieste) in co-ordinamento con il Geosis-Lab. Sei stazioni sismiche sono state localizzate al tetto del sistema di faglie M. Morrone e del M. Porrara, nelle località di Goriano Sicoli, Popoli (Riserva dei Lupi), Sulmona (Santuario di Ercole Curino), Rocca Pia e Palena (Valico della Forchetta). E Passo San Leonardo. Le registrazioni, l'acquisizione dati e la loro analisi sono attualmente in corso. L'informazione sismica verrà integrata con studi di geologia di campagna e di linee sismiche per vincolare, quanto più possibile, la geometria, la cinematica, il pattern di segmentazione delle strutture attive nell'area, affioranti e sepolte. Questa ricerca è al momento porta avanti senza specifici fondi, attraverso l'attività di volontariato di un gruppo di ricercatori particolarmente sensibili (tra cui Enrico Priolo e Laura Peruzza dell'OGS, Rita de Nardis della Protezione Civile, Giusy Lavecchia dell'Ud'A e relativi collaboratori). A meno di specifici finanziamenti, le forze in gioco, in termini di fondi e di persone, non ci consentiranno di mantenere la rete per un periodo superiore ad 1 anno e mezzo,

Per quanto riguarda il secondo punto ricordiamo che la previsione dei terremoti è possibile, anche se solo su base probabilistica, ed è pertanto nostro dovere, quali ricercatori e cittadini, pretendere che amministratori e politici prendano atto della forte pericolosità sismica dell'Abruzzo, in generale, e dell'area Peligna, in particolare. Dal terremoto dell'Irpinia del 1980 (Mw 6.9), che causò più di 3000 vittime, le conoscenze geologiche e sismologiche sono aumentate incredibilmente, mentre dal punto di vista della prevenzione la situazione è sostanzialmente invariata. Pertanto il nostro lavoro di ricercatori diventa inutile e frustrante, puro esercizio accademico. Dobbiamo tutti prendere coscienza che grande parte del territorio nazionale è altamente sismico e che l'unica strategia vincente è quella della prevenzione, a partire dalla messa in sicurezza di scuole, ospedali, edifici pubblici.

Tante cose si possono e si devono fare:

- applicare regole certe ed oggettive, definite su base scientifica, a cominciare da chi si occupa di pianificazione del territorio;
- aumentare la coscienza e la conoscenza dei rischi geologici nella cittadinanza e negli amministratori e istituire piani di mitigazione contro i disastri favoriti dallo sfruttamento sconsiderato del territorio;
- mettersi culturalmente in grado di pianificare lo sviluppo in maniera sostenibile (le tecnologie esistono già anche per la messa in sicurezza del patrimonio storico);
- interrompere il circolo vizioso della reticenza e favorire l'introduzione di protocolli di allerta a breve e medio termine;
- ricordarsi che mancanza di quanto sopra, a prevenire maggiori disastri l'unica alternativa sono i divieti e le restrizioni.

Alcuni lavori principali sulla sismotettonica in Abruzzo

BONCIO P., TINARI D.P., LAVECCHIA G., VISINI F., MILANA G.; 2009. The instrumental seismicity of the Abruzzo Region in Central Italy (1981-2003): Seismotectonic Implications. *Ital.J.GEOSCI. (BOLL.SOC.GEOL.IT.)*, 128, 367-380.

BONCIO, P., LAVECCHIA, G. & PACE, B., 2004. Defining a model of 3D seismogenic sources for Seismic Hazard Assessment applications: The case of central Apennines (Italy), *J. Seismol.* 8, 407-425.

BONCIO P., PIZZI A., BROZZETTI, F., POMPOSO G., LAVECCHIA G., DI NACCIO D. & FERRARINI F. (2010) - Coseismic round deformation of the 6 April 2009 L'Aquila earthquake (central Italy Mw 6.3) - *Geoph. Res. Letters*, 37, 6pp.

CECCARONI E., AMERI G., GÓMEZ CAPERA A.A., GALADINI F., 2009. The 2nd century AD earthquake in central Italy: archaeoseismological data and seismotectonic implications. *Natural Hazards* DOI 10.1007/s11069-009-9343-x.

DE NARDIS, R.; PACE, B.; LAVECCHIA, G.; VISINI, F.; BONCIO (2008)- Geological and Macroseismic Data For Seismotectonic Purpose: The 1706 Maiella (Abruzzo, Italy) Earthquake Case Study. American Geophysical Union, Fall Meeting 2008, abstract #T21B-1946

GORI S., CIACCIO B., GALADINI F., FALCUCCI E., MESSINA P., SPOSATO A. E DRAMIS F., 2009, Active normal faulting along the Mt. Morrone south-western slopes (central Apennines, Italy). *Int. J. Earth Sc.*,

LAVECCHIA G., BONCIO P., BROZZETTI F., DE NARDIS R., VISINI F. (2009b) -The contribution of structural geology and regional tectonics to the definition of large-scale seismotectonic provinces and individual seismogenic sources: Application to the extensional belt of central Italy. In: *Recent Progress on Earthquake Geology*, Ed. P. Guarnieri, Nova Science Publishers. Inc., ISBN 978-1-60876-147-0, 23 pp.

LAVECCHIA G., BONCIO P., BROZZETTI F., DENARDIS R., DI NACCIO D., FERRARINI F., PIZZI A., POMPOSO G. (2009a) - The April 2009 L'Aquila (Central Italy) Seismic Sequence (M_w 6.3): A Preliminary Seismotectonic Picture. In: *Recent Progress on Earthquake Geology*, Ed. P. Guarnieri, Nova Science Publishers. Inc., ISBN 978-1-60876-147-0, 17 pp.

LAVECCHIA G., BONCIO P., BROZZETTI F., STUCCHI M. & LESCHIUTTA I. (2002) - *New criteria for a 3-D seismotectonic zoning of Central Italy*. *BOLL. SOC. GEOL. IT*, volume speciale 1, 881-890.

LAVECCHIA, G., BROZZETTI, F., BARCHI, M., MENICHETTI, M. & KELLER, J.V.A., 1994. Seismotectonic zoning in east-central Italy deduced from an analysis of the Neogene to present deformations and related stress fields, *Geol. Soc. Am. Bull.* 106, 1107-1120.

LAVECCHIA, G., DE NARDIS, R., VISINI, F., FERRARINI, F. & BARBARO, S., 2007. Seismogenic evidence of ongoing compression in eastern-central Italy and mainland Sicily: a comparison, *Boll. Soc. Geol. It. (Ital.J.Geosci.)* 126, 209-222..

PACE B., BONCIO P. & LAVECCHIA G. (2002) - *The 1984 Abruzzo earthquake: an example of seismogenic process controlled by interaction between differently oriented syn-kinematic faults*. *TECTONOPHYSICS*, 350, 237-254.

PACE B., BONCIO P., BROZZETTI F. LAVECCHIA G. & VISINI F. (2008) *From regional seismic hazard to "project earthquakes" for seismic microzoning: a new methodological tool for the Celano project*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 28, 866-874.

PACE B., PERUZZA L., LAVECCHIA G. & BONCIO P., 2006. Layered Seismogenic Source Model and Probabilistic Seismic-Hazard Analyses in Central Italy, *Bull. Seism. Soc. Am.* 96, 107-132.

STUCCHI, M., CAMASSI, R., ROVIDA, A., LOCATI, M., ERCOLANI, E., MELETTI, C., MIGLIAVACCA, P., BERNARDINI, F. & AZZARO, R., 2007. DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. Available from <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>

WORKING GROUP CPTI, 2004. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, (CPTI04). INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>

WORKING GROUP DISS, 2007. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.4. A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://www.ingv.it/DISS/>, INGV 2007 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Piccolo glossario per non esperti (presentato in logica consequenziale)

Un terremoto è uno scuotimento del terreno causato da un'onda sismica che si propaga da una faglia che si rompe improvvisamente.

Una faglia è una rottura di una massa rocciosa accompagnata da uno spostamento relativo dei due blocchi a contatto. Lo scorrimento avviene lungo la direzione del piano di rottura in una faglia trascorrente; lungo l'immersione (cioè la massima pendenza) del piano di faglia con accavallamento di un blocco sull'altro, in una faglia inversa; lungo l'immersione del piano di faglia con allontanamento di un blocco rispetto all'altro, in una faglia diretta.

Le faglie dirette sono associate a deformazioni distensive (cioè ad allungamento), quelle inverse a deformazioni compressive (cioè a raccorciamento).

Un sovrascorrimento è una faglia inversa a basso angolo di inclinazione (circa 30°) di importanza regionale.

Una faglia attiva è una discontinuità tettonica la cui attività non è ancora terminata.

Una faglia sismogenetica è una faglia attiva, in grado di rilasciare energia sismica in forma di terremoti.

La magnitudo momento (M_w) rappresenta l'energia rilasciata da un terremoto, espressa in termini di momento sismico (M_0) ($M_w = (2/3) \log M_0 - 10.7$).

Il momento sismico M_0 è uguale $G \times D \times A$, dove G = modulo di taglio, D = spostamento cosismico medio, A = area della faglia.

Poiché la magnitudo momento, dipende dal momento sismico è quest'ultimo dipende dall'area della faglia, la massima magnitudo potenzialmente rilasciata da una faglia sismogenetica dipende dalla dimensione (cioè dall'area) della faglia stessa. Quindi, più grande è la faglia, più grande può essere il massimo terremoto.

La magnitudo strumentale (M_s) fornisce una valutazione obiettiva (magnitudo) della quantità di energia liberata da un terremoto. Si ottiene rapportando il logaritmo decimale dell'ampiezza massima di una scossa e il logaritmo di una scossa campione. Lo zero della scala equivale ad una energia liberata pari a 10^5 Joule. Il massimo valore registrato, è stato di magnitudo 8.6 equivalente all'energia di 10^{18} J.

L'intensità sismica (I) è una valutazione degli effetti del terremoto sull'ambiente. In Italia si usa la scala Mercalli.

La Pericolosità sismica si definisce come la stima dello scuotimento del suolo, espresso in PGA, previsto in un certo sito durante un dato periodo di tempo a causa di terremoti. I metodi per la valutazione della pericolosità sismica possono essere suddivisi in due categorie generali:

I metodi deterministici calcolano i valori di scuotimento del suolo atteso a seguito di un terremoto di riferimento, definito per il territorio circostante il sito d'indagine.

I metodi probabilistici calcolano, invece, i valori di un parametro di scuotimento, integrando gli effetti legati a tutti i terremoti potenziali associati alle varie faglie ritenute in grado di influenzare un sito, con l'incertezza e le ipotesi alternative. Per i calcoli di tipo probabilistico, le conoscenze geologiche sulla geometria e sulla dimensione delle strutture attive e potenzialmente sismogenetiche sono indispensabili.

PGA (da *peak ground acceleration* in inglese) = massima accelerazione del suolo indotta dal terremoto e registrata dagli accelerometri.

Il Rischio sismico si definisce come il prodotto di "esposizione x vulnerabilità x pericolosità". Il primo e l'ultimo fattore non possono essere modificati, ma la vulnerabilità può essere mitigata. La Vulnerabilità sismica consiste nella valutazione della propensione di persone, beni o attività a subire danni al verificarsi di un evento sismico. Per Esposizione si intende la quantità e qualità dei beni (infrastrutture, opere artistiche, persone etc) che possono essere esposti al terremoto.

Per Mitigazione del Rischio si intendono le misure culturali e legislative, strutturali e infra-strutturali atte a diminuire la vulnerabilità basate sulle conoscenze scientifiche.

La definizione di Sorgenti Sismogenetiche consiste nel riconoscimento nel territorio delle zone o delle strutture responsabili della sismicità e nella quantificazione del loro grado attività, attraverso l'integrazione di dati provenienti dalla geologia strutturale e del terremoto e dalla sismologia storica e strumentale.

LA RETE DI MONITORAGGIO SISMICO IN ABRUZZO ED IN PARTICOLARE NELLA CONCA PELIGNA

Gaetano De Luca

Centro Nazionale Terremoti – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (CNT – INGV)

Nel novembre del 1991 inizia l'installazione della prima rete di monitoraggio sismico a scala regionale (Appennino centrale, Abruzzo-Lazio) con sistemi di acquisizioni digitali delle tre componenti del moto del suolo (componente del moto verticale e le due componenti orizzontali che per convenzione, sono il movimento del suolo Nord-Sud ed Est-Ovest). Tale progetto venne avviato dall'ex *Servizio Sismico Nazionale* dell'ex *Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionale* attraverso una convenzione annuale con il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi de L'Aquila; la fig. 1 mostra la massima estensione di tale rete tra il 1996 ed il 1997 con 18 strumenti.

La rete fu definitivamente smantellata dall'ex *Servizio Sismico Nazionale* tra la fine del 2002 e l'inizio del 2003 e fu poi concessa nel 2004 in comodato gratuito al *Centro Nazionale Terremoti (CNT)* dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

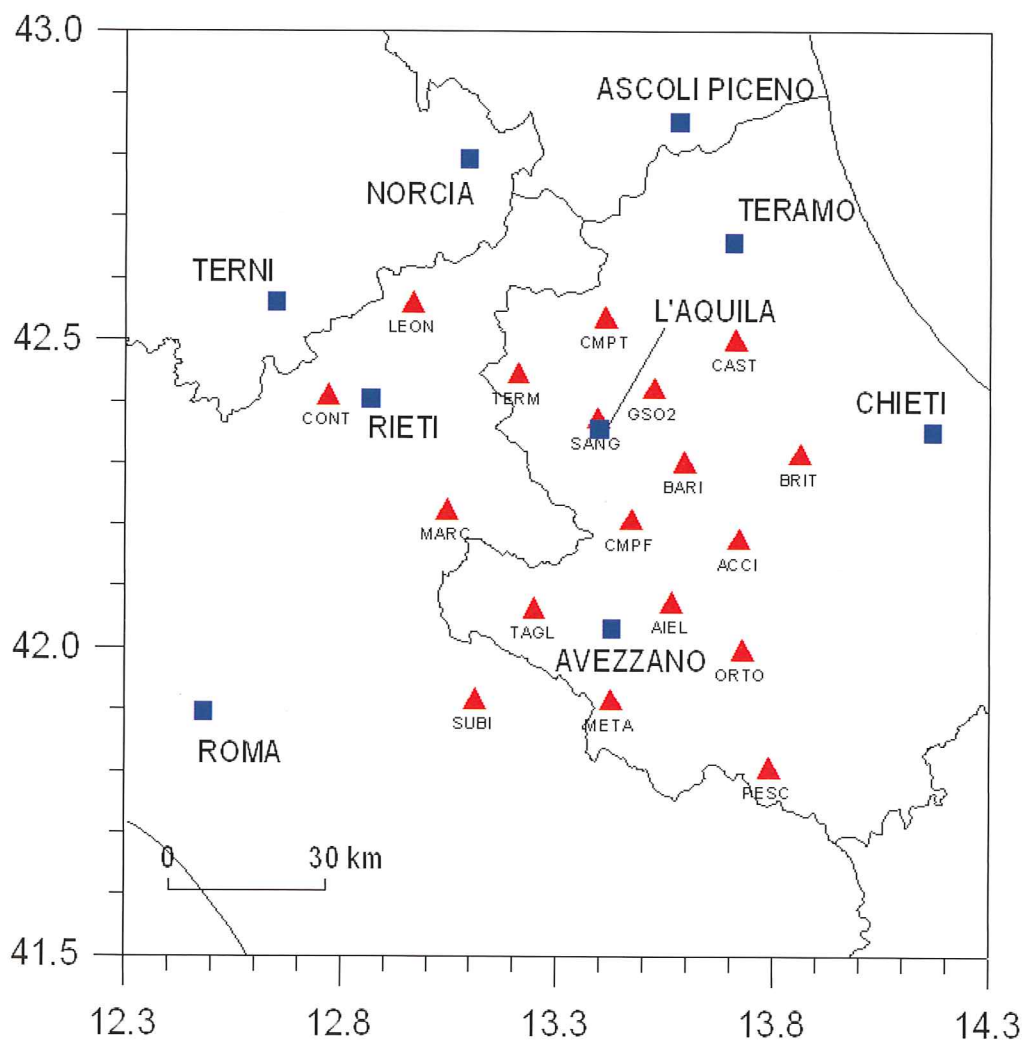


Fig. 1 Localizzazione delle 18 stazioni sismiche digitali (triangoli rossi) della rete di monitoraggio a scala regionale nel periodo 1996-1998. Nell'asse verticale viene mostrata la latitudine mentre nell'asse orizzontale vi è la longitudine.

Nel dicembre 2005 vengono installate le prime due stazioni della nuova rete di monitoraggio sismico a scala regionale (appennino abruzzese-laziale), le ultime due nell'aprile del 2007; in tutto 18 stazioni, poco meno di una installazione completa ogni mese.

La comunicazione con le stazioni sismiche avviene attraverso dei semplici modem GSM (fig. 2) utilizzando il canale dati dei gestori telefonici (*TIM* fino al 2009 e poi *Vodafone*).

Il centro di acquisizione dati della rete di monitoraggio sismico a scala regionale viene installato presso i *Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS)* dell'*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)* attraverso un accordo di programma tra *INGV-INFN* stipulato in data 15 gennaio 2007; la realizzazione di tale rete sismica e delle relative attività di ricerca sono state presentate ed approvate al *XXI Meeting* (1-2 Aprile 2004) del *Comitato Scientifico* dei *LNGS (INFN)*.

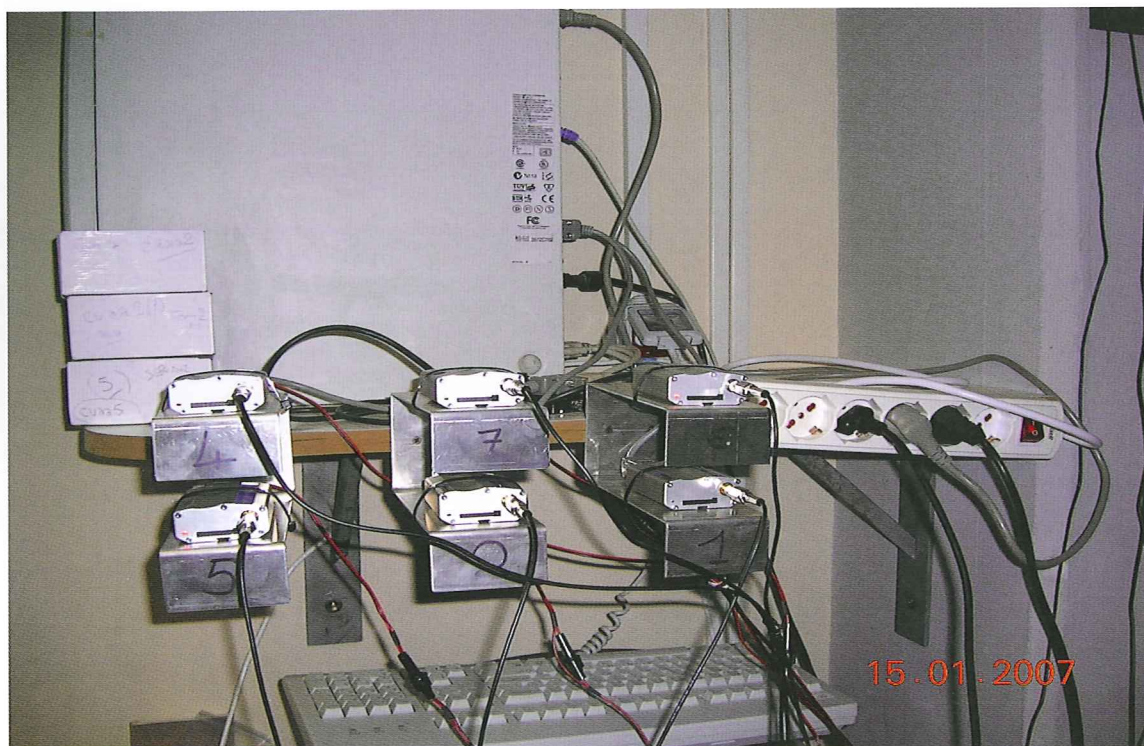


Fig. 2 La foto mostra in primo piano i 6 modem GSM per la comunicazione e trasmissione dei dati dalle stazioni sismiche remote. Tali modem vengono gestiti da un PC tramite sei porte seriali.

Nel frattempo il *Centro Nazionale Terremoti* inizia con un massiccio lavoro di potenziamento della *Rete Sismica Nazionale* iniziato all'inizio degli anni 2000. La fig.3 mostra la situazione del monitoraggio a scala nazionale nella fine del 2008 con oltre 300 postazioni mentre nel 2002 ve ne erano funzionanti poco meno di un terzo.

La fig. 4 mostra l'attuale sistema di monitoraggio sismico in Appennino centrale con la presenza sia della rete nazionale sia di quella a scala regionale. In questa area la densità di stazioni cioè il numero di sensori presenti sul territorio nell'unità di superficie è estremamente elevata ed è tale che riesce a rilevare terremoti con magnitudo sotto 1.0 (<http://iside.rm.ingv.it>).

Negli ultimi venti anni la sismicità di questa area, prima dell'evento del 6 Aprile 2009, era caratterizzata da piccoli sciami sismici (1992, 1994, 1996, 1997 e 1998) durati al massimo un paio di mesi con magnitudo massima di 4.5 (15 Agosto 1998, Lago del Salto). Ogni anno mediamente sono stati catalogati ed inseriti nei bollettini sismici nazionali dai 200 ai 300 eventi all'anno mentre, durante il 2009, la rete regionale ha registrato un numero di eventi superiore a 30000. La fig. 5 mostra un esempio di sismicità registrata in due anni (2006 e 2007) integrando i dati delle reti regionali presenti nel territorio (Abruzzo, Marche ed Umbria) con quelli della rete sismica nazionale.

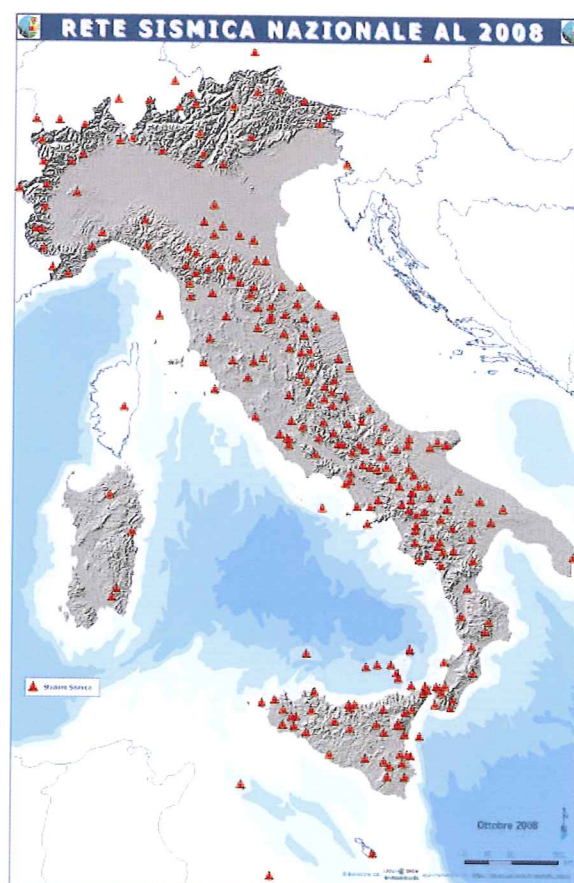


Fig. 3 Mappa aggiornata alla fine del 2008 delle stazioni sismiche (triangoli rossi) della rete nazionale del Centro Nazionale Terremoti (INGV).

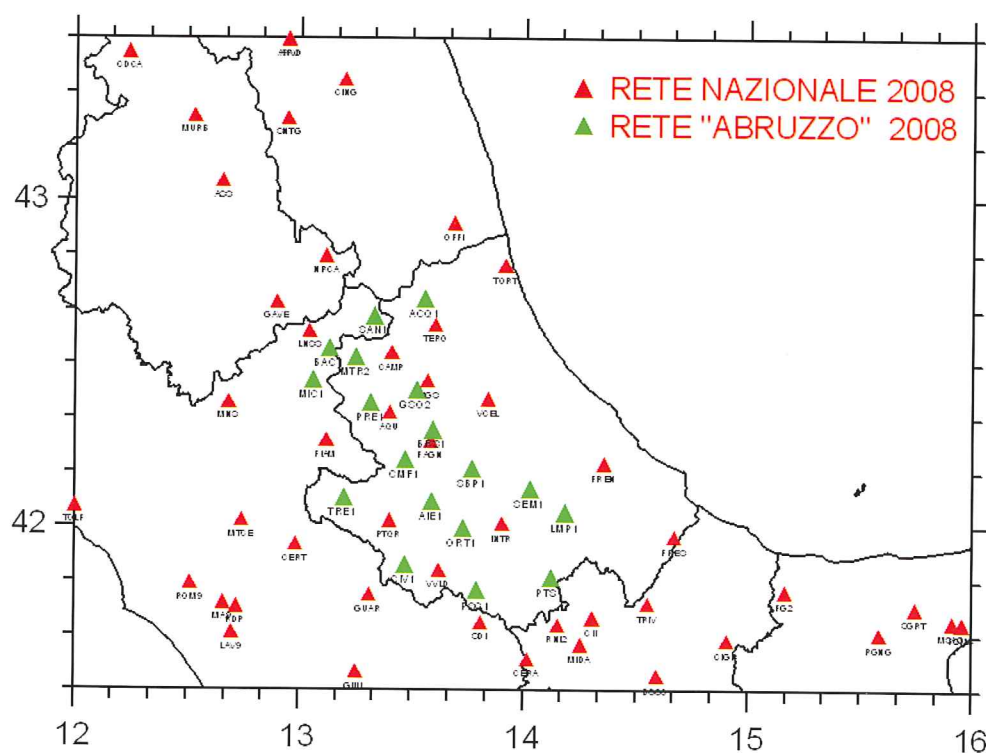


Fig. 4 Mappa aggiornata alla fine 2008 nell'area dell'Appennino Centrale delle stazioni sismiche della rete nazionale (triangoli rossi) e della rete regionale (triangoli verdi).

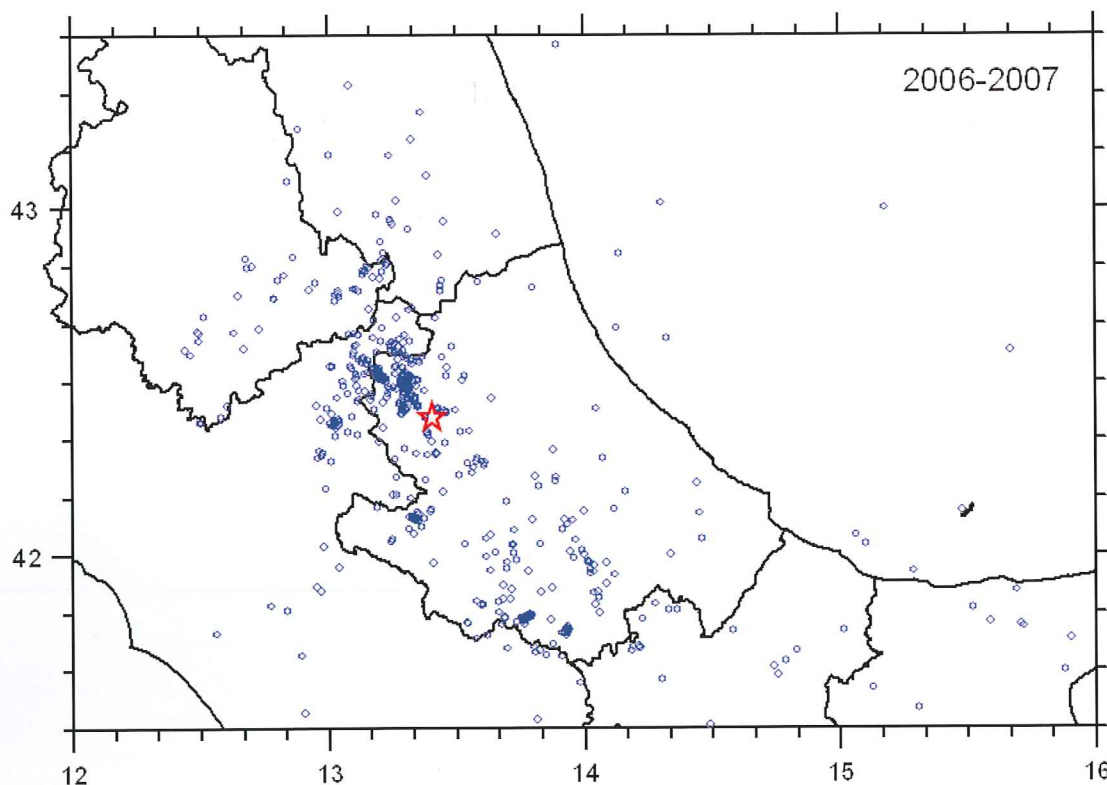


Fig. 5 Sismicità (cerchi blu) registrata nel 2006 e 2007 dalle reti regionali e nazionale. La stella rossa è rappresenta localizzazione dell'evento disastroso del 6 Aprile 2009.

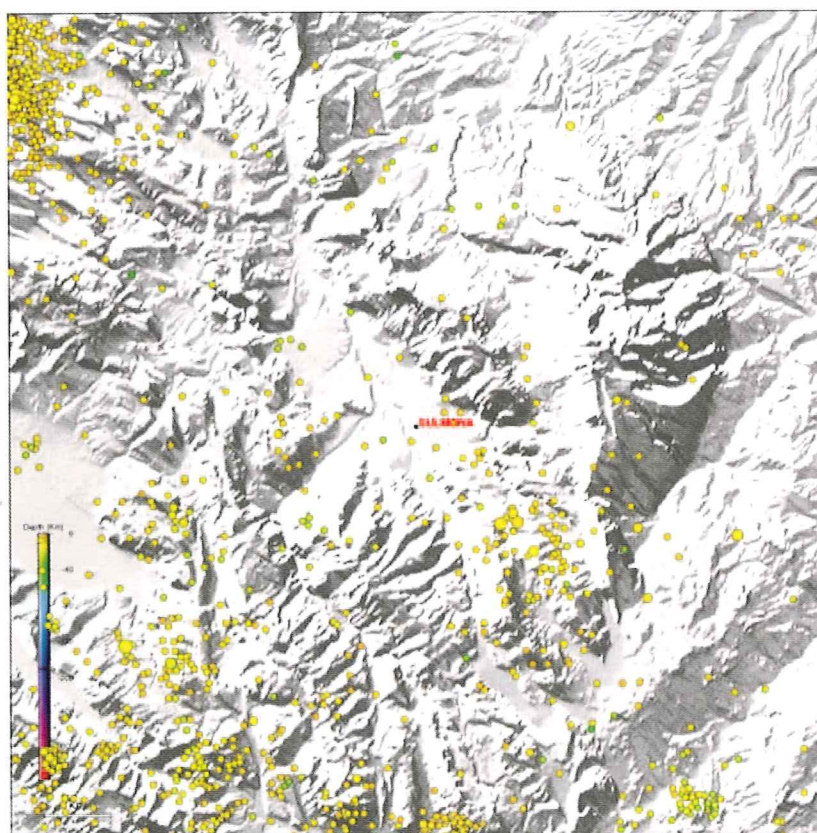


Fig. 6 Sismicità registrata negli ultimi 5 anni relativa all'area della Conca Peligna e dintorni. Il colore dei pallini è legato alla profondità (da 5 a 25 km circa), le dimensioni alla magnitudo.

Nella fig. 6 viene mostrata la sismicità degli ultimi 5 anni (2005-2009) nell'area della Conca Peligna e dintorni. Si notano un gran numero di eventi nell'area a Nord-Ovest relativi alla sequenza del terremoto di L'Aquila del 6 Aprile 2009, a sud vi sono i terremoti dell'area del Parco Nazionale mentre la sismicità più vicina alla Conca Peligna (ved. fig. 6 a Sud-Est di Sulmona) è relativa ai sistemi di faglia del Monte Morrone – Maiella che nel Marzo 2009 ha generato uno sciame con una magnitudo massima di 3.8. La foto della fig. 7 rappresenta la vista esterna di una stazione sismica della rete nazionale presente nel territorio della Conca Peligna.

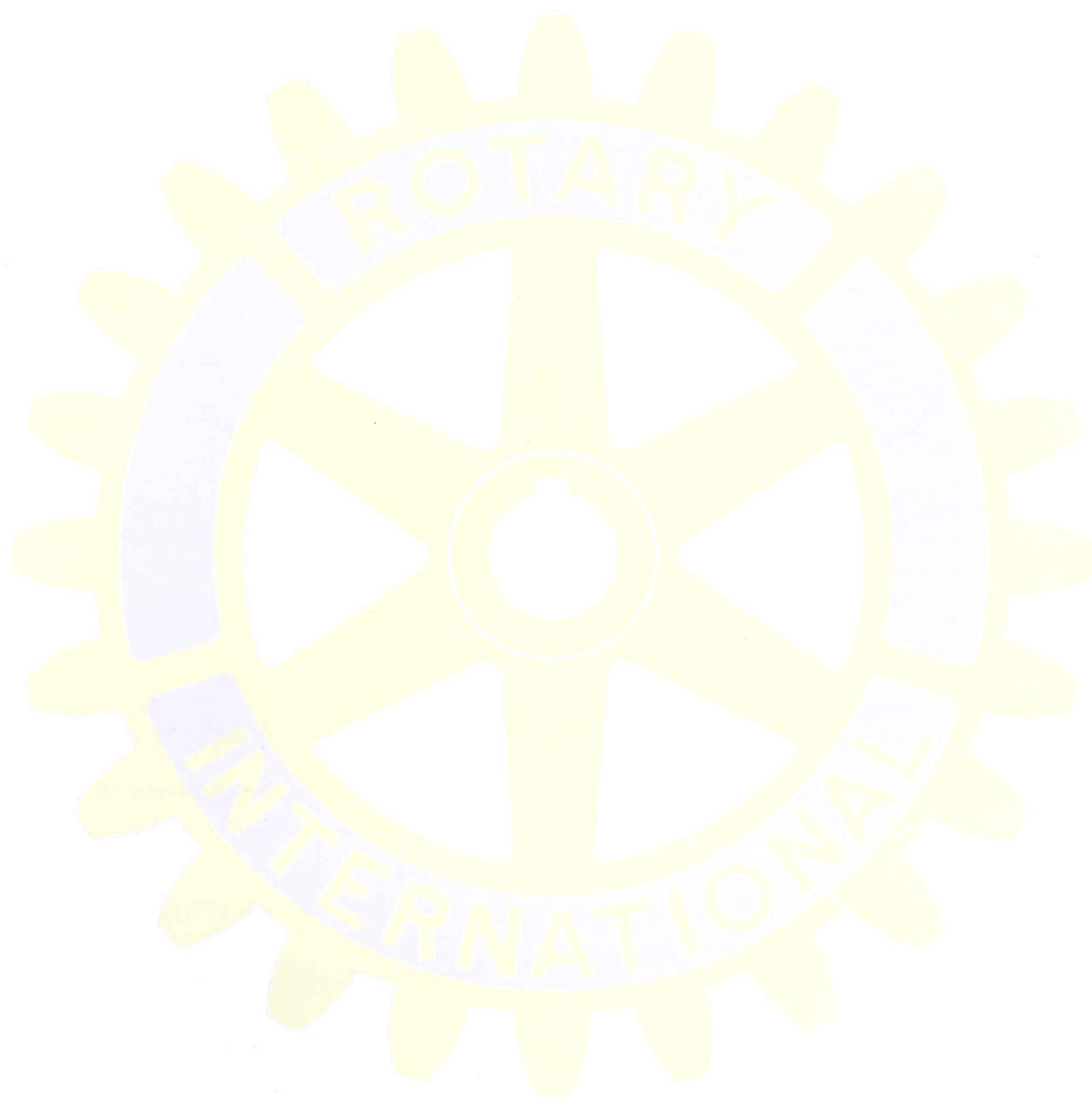


Fig. 7 Stazione sismica con trasmissione satellitare della rete sismica nazionale dell'INGV presente nella Conca Peligna, in particolare nelle vicinanze di Introdacqua.

RIFERIMENTI

- [01] **De Luca G.**, Del Pezzo E., Di Luccio F., Margheriti L., Milana G. and Scarpa R. (1998). Site response study in Abruzzo (Central Italy): underground array versus surface stations. *Journal of Seismology* **2**, 223-236.
- [02] **De Luca G.**, Scarpa R., Filippi L., Gorini A., Marcucci S., Marsan P., Milana G. and Zambonelli E. (2000). A detailed analysis of two seismic sequences in Abruzzo, Central Apennines, Italy. *Journal of Seismology* **4**, 1-21.
- [03] **De Luca G.**, Marcucci S., Milana G. and Sanò T. (2005). Evidence of low frequency amplification in the city of L'Aquila, Central Italy, through a multidisciplinary approach including strong- and weak- motion data, ambient noise, and numerical modeling. *Bulletin of the Seismological Society of America* **95**, 1469-1481.
- [04] **De Luca G.**, Cattaneo M., Monachesi G., Amato A. (2009). Seismicity in Central and Northern Apennines integrating the Italian national and regional networks. *Tectonophysics* **476**, 1-2, 121-135.
- [05] *IL BOLLETTINO SISMICO ITALIANO 1983-2004 (Italian Seismic Bulletin)*, <ftp://ftp.ingv.it/prol/bollet/>.
- [06] *ISIDE (Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE, dal 2005)* <http://iside.rm.ingv.it>.

- [07] *CATALOGO DELLA SISMICITA' ITALIANA* (Bollettino integrato con fasi da tutte le reti sismiche operanti nel territorio italiano dal 1981 al 2002), <http://csi.rm.ingv.it/> .
- [8] *CATALOGO PARAMETRICO TERREMOTI ITALIANI* (dal 217a.C.)
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/home.html>



PREVENZIONE SISMICA ED ENTI LOCALI: L'ESPERIENZA MOLISANA

Christian del Pinto

Responsabile Scientifico Centro Funzionale (Servizio per la Protezione Civile - Regione Molise)

La Protezione Civile e i Centri Funzionali

La Protezione Civile è un Sistema che opera, nei momenti di normalità, per sviluppare attività di previsione, prevenzione e studio dei diversi rischi che incombono sul territorio, e in emergenza si attiva per fornire le risposte operative migliori possibili. L'attività del sistema della protezione civile è regolata da un insieme di norme statali e regionali, che consentono di governare e gestire le diverse situazioni che si presentano nella quotidianità e nella gestione delle diverse emergenze, per salvaguardare la vita e i beni dei cittadini e l'ambiente.

L'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004, definendo gli "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione Civile", struttura la Rete Nazionale dei Centri Funzionali.

Con la Delibera della Giunta Regionale n° 953 del 7 agosto 2003 è stato istituito il Centro Funzionale della Regione Molise, a cui sono stati assegnati i compiti di previsione, monitoraggio e sorveglianza ai sensi delle Leggi 267/1998 e 365/2000. Attraverso il Centro Funzionale, il Servizio per la Protezione Civile della Regione Molise assolve in ambito Regionale ai compiti previsti dall'Ordinanza del PCM n. 3260 del 27/12/2002.

Il Centro Funzionale del Molise non si occupa però solo di rischio idrogeologico ed idraulico, ma anche di problematiche legate alla geofisica della terra solida, attraverso, tra le altre, la Rete di Monitoraggio Sismico a Scala Regionale.

Ciò fa sì che il Centro Funzionale della Regione Molise possa essere considerato Multirischio.

In attuazione del D.P.C.M. datato 24 luglio 2002, sono assegnate al Centro Funzionale del Servizio di Protezione civile le funzioni originariamente assegnate al Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, ai sensi del DPR 24.1.1991 n. 85 art. 22, c.2:

- accentramento dei dati rilevati dalle reti di monitoraggio ricadenti nel proprio territorio, comprese quelle trasferite ai sensi del D.P.C.M. del 24 luglio 2002 o gestite da altri soggetti;
- rilievo e elaborazioni delle grandezze del clima terrestre;
- rilievo dei corsi d'acqua;
- rilievo ed elaborazioni delle grandezze relative a deflussi superficiali, trasporto solido, deflussi sotterranei e sorgenti, nonché osservazione e studio dell'erosione superficiale;
- rilievo ed elaborazione delle grandezze relative a clima marittimo, stato dei litorali e livelli marini;
- pubblicazione degli elementi osservati ed elaborati; pubblicazione di cartografie tematiche;
- risposte a domande su grandi derivazioni e progetti di opere civili idrauliche e di bonifica di competenza statale;
- attività conoscitiva sui processi meteo-idrologici finalizzata alla difesa del suolo, fruizione e gestione delle risorse idriche; organizzazione, gestione e coordinamento di un sistema informativo unico e di una rete regionale integrata di rilevamento e sorveglianza definendo con le Amministrazioni statali, regionali e gli altri soggetti pubblici e privati interessati, le integrazioni e i coordinamenti necessari; fornire dati, pareri e consulenze.

Rientrano nel "Sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico":

- gli scenari di evento e di danno (definizione della dinamica dell'evento calamitoso, identificazione dei beni esposti, definizione del grado di esposizione al danno);
- la Rete di monitoraggio meteo-idropluviometrico (rete di stazioni remote con trasmissione dati in ponte radio e GSM e Centro di controllo presso il Centro Funzionale di Campochiaro);
- il Sistema di precursori ed indicatori di evento (associazione scenari e sistema di precursori e indicatori e soglie pluviometriche e idrometriche).

Come in precedenza affermato, a far sì che il Centro Funzionale del Molise possa essere considerato Multi-rischio, è la presenza di attività di monitoraggio e studio del territorio nell'ambito della geofisica della terra solida. A tal proposito è stato creato, all'interno del Centro, un Settore Sismico (in seguito alla Delibera di Giunta Regionale n° 1467 del 20 settembre 2006) suddiviso come segue:

- Area raccolta dati (ricerca siti, logistica e pianificazione installazioni, produzione verifiche strumentali di idoneità dei siti, progettazione, implementazione e sviluppo della rete di monitoraggio sismico regionale);
- Area trasmissione dati (progettazione, gestione e sviluppo della rete HiperLan);
- Area ordinamento dati (composizione e pubblicazione del catalogo semestrale della sismicità molisana e delle schede monografiche degli eventi significativi);
- Area modellistico-analitica (formulazione del data-base, aggiornamento sistematico della distribuzione spaziotemporale degli eventi avvenuti, sviluppo di aggiornamenti per le locali mappe di *hazard*, creazione e valutazione di scenari sismici).

Perché una Rete Sismica Regionale in Molise?

L'esigenza di realizzare una Rete Sismica Regionale è palesemente deducibile dallo studio della sismicità del Molise. In relazione alla sezione molisana della Catena Appenninica è possibile trovare, in Letteratura, una certa abbondanza di dati stratigrafici, ma la disponibilità di dettagliate analisi strutturali è tuttora carente. Ciò ha spesso comportato, per la regione in esame, l'elaborazione di ricostruzioni tettoniche differenti o addirittura contrastanti. A dispetto di ciò, il territorio molisano risulta possedere un elevato interesse in ambito sismogenetico, non solo per il ricordo di eventi sismici storici, estremamente distruttivi, avvenuti all'interno dei propri confini, ma anche perché risulterebbe essere una sorta di "zona di interferenza" tra le strutture laziali-abruzzesi - precedentemente descritte - e quelle campane, in seguito alla presenza di alcune zone a scorrimento "fuori sequenza", prova dell'esistenza di una importante zona di taglio destra, (linea Ortona - Roccamonfina), eventualmente connessa con meccanismi profondi.

L'eterogeneità geologico-strutturale degli Appennini Centrali ha sempre sancito la necessità di operare un'analisi geologica, tettonica e sismogenetica propedeutica ad un frazionamento del territorio da esaminare in più di una regione. Conseguentemente si è resa necessaria l'applicazione della medesima metodologia - ad una risoluzione maggiore - anche alla Regione Molise, nel cui territorio si è assistito, nel corso dei secoli, al verificarsi di eventi sismici fortemente distruttivi (intensità epicentrale I_0 compresa tra il V e l'XI grado della Scala MCS).

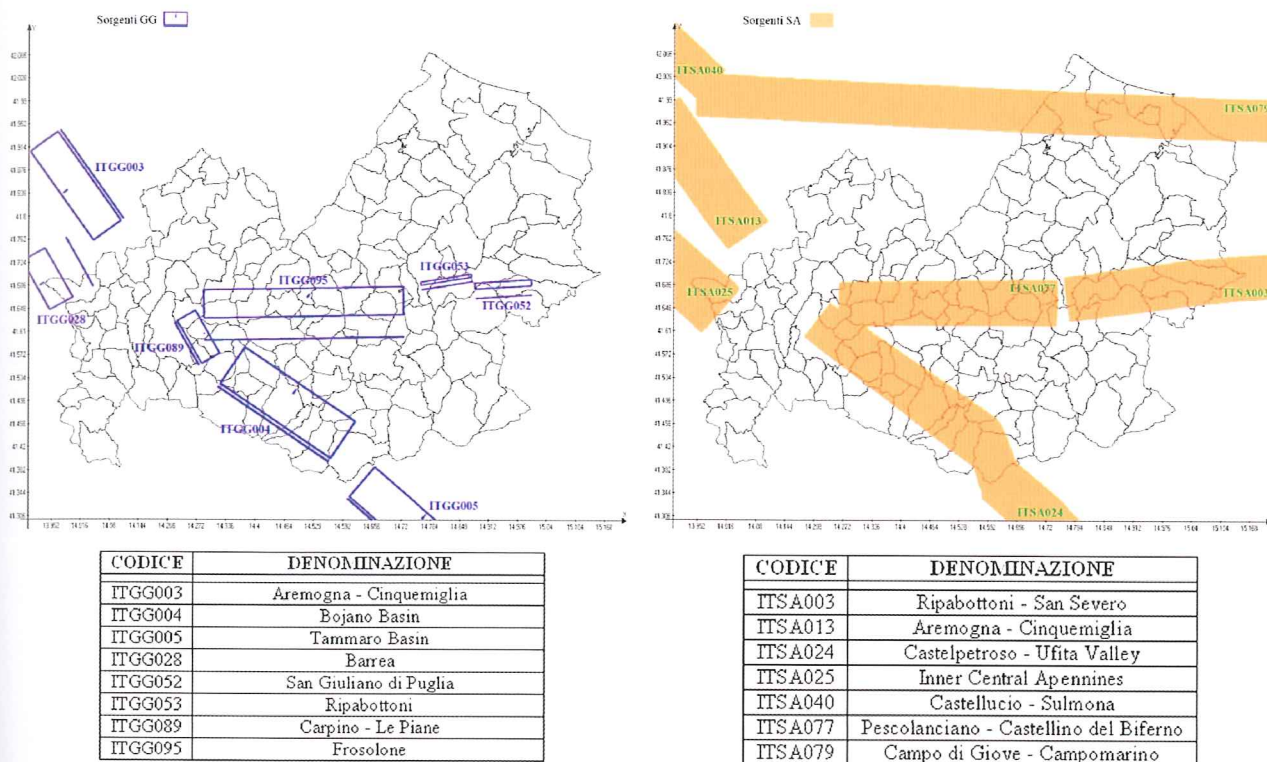
Ciò ha comportato una certa disponibilità di dati storici estrapolabili da diverse fonti, sia coeve che successive, la cui reperibilità ha avuto cause molto diverse, dai rilievi strutturali e testimonianze dirette (eventi storici) agli eventi registrati dal momento in cui è divenuta operativa, anche nel territorio molisano, la Rete Sismica Nazionale Centralizzata dell'I.N.G.V. (eventi strumentali, dal 1981 in poi).

Al fine di raccogliere in un'unica mappa tutte le informazioni a disposizione, nonché di ottimizzare in modo sensato il probabile ideale susseguirsi dell'installazione delle stazioni della Rete di Monitoraggio Sismico a scala regionale, si sono ordinati, in un opportuno catalogo, gli eventi sismici molisani per graficarne successivamente la distribuzione dei relativi epicentri, individuando in tal modo le zone in cui la posa in opera di un'opportuna strumentazione potesse essere considerata prioritaria, partendo dalle Sorgenti Sismiche e Zone Sismogenetiche definite in Letteratura, riportate nella *fig. 1*.

Le sorgenti sismiche (Sorgenti GG) di tipo individuale possono essere caratterizzate mediante analisi di tipo geofisico e geologico. Le loro caratteristiche principali possono essere riassunte come la capacità di generare scorrimenti di tipo primario in caso di un grande evento sismico ed il mantenimento un comportamento "caratteristico" rispetto alle dimensioni (larghezza e lunghezza) della frattura ed alla magnitudo attesa per un dato terremoto. Le sorgenti sismiche che non possono essere direttamente dedotte da dati di tipo geofisico e geologico possono esserlo invece mediante un'analisi quantitativa di dati provenienti da terremoti storici. Queste ultime sono le così dette Sorgenti di tipo MW, MP e MD.

Le Aree Sismogenetiche (Sorgenti SA), sono definibili come le zone crostali capaci di generare eventi sismici con magnitudo pari e superiore a 5.5. Tali aree sono state tracciate in seguito alla presa in considera-

zione di un ampio insieme di evidenze disponibili, tra cui la struttura tettonica a larga scala, i terremoti più ingenti non direttamente correlati con strutture tettoniche ovvie, i tracciati sismici e le osservazioni su deformazioni a breve e a lungo termine. Si è avuto modo di utilizzare, come pubblicazione di riferimento, il "Database of Individual Seismogenic Sources" (vers. 3) dell'I.N.G.V., il cui principale obiettivo è quello di individuare le sorgenti sismogenetiche, intese come una rappresentazione 3D semplificata e georeferenziata di un piano di faglia.

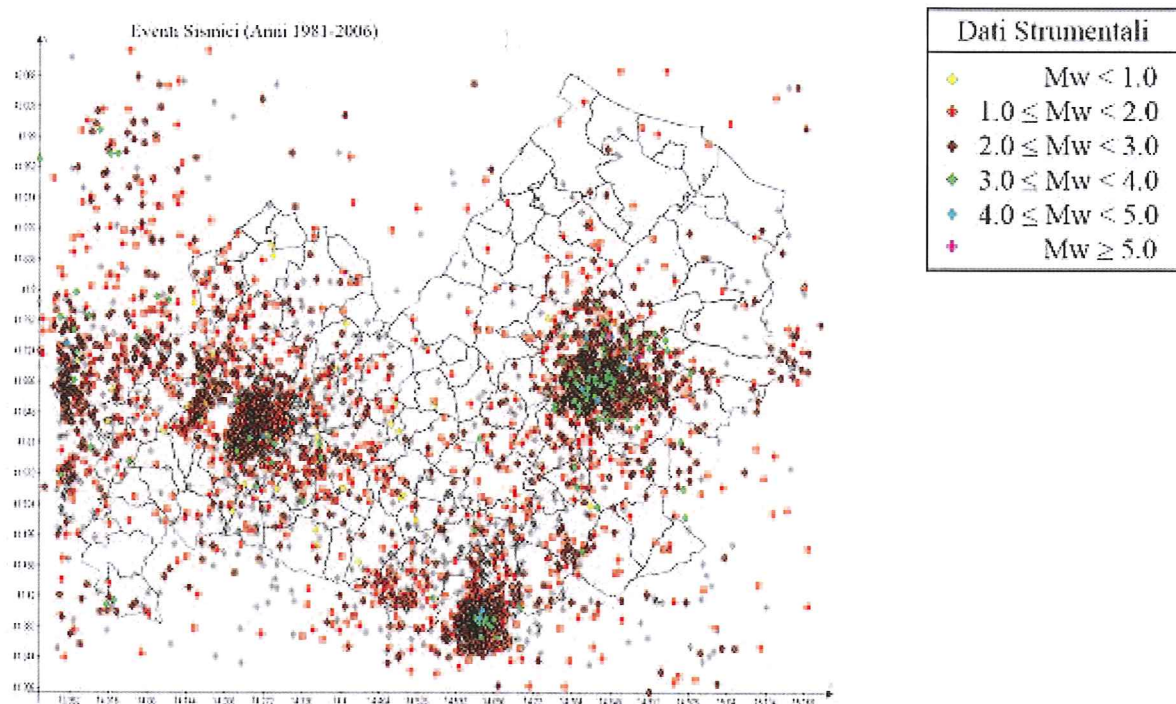


(fig. 1 - Sorgenti sismiche ed aree sismogenetiche riguardanti il Molise)

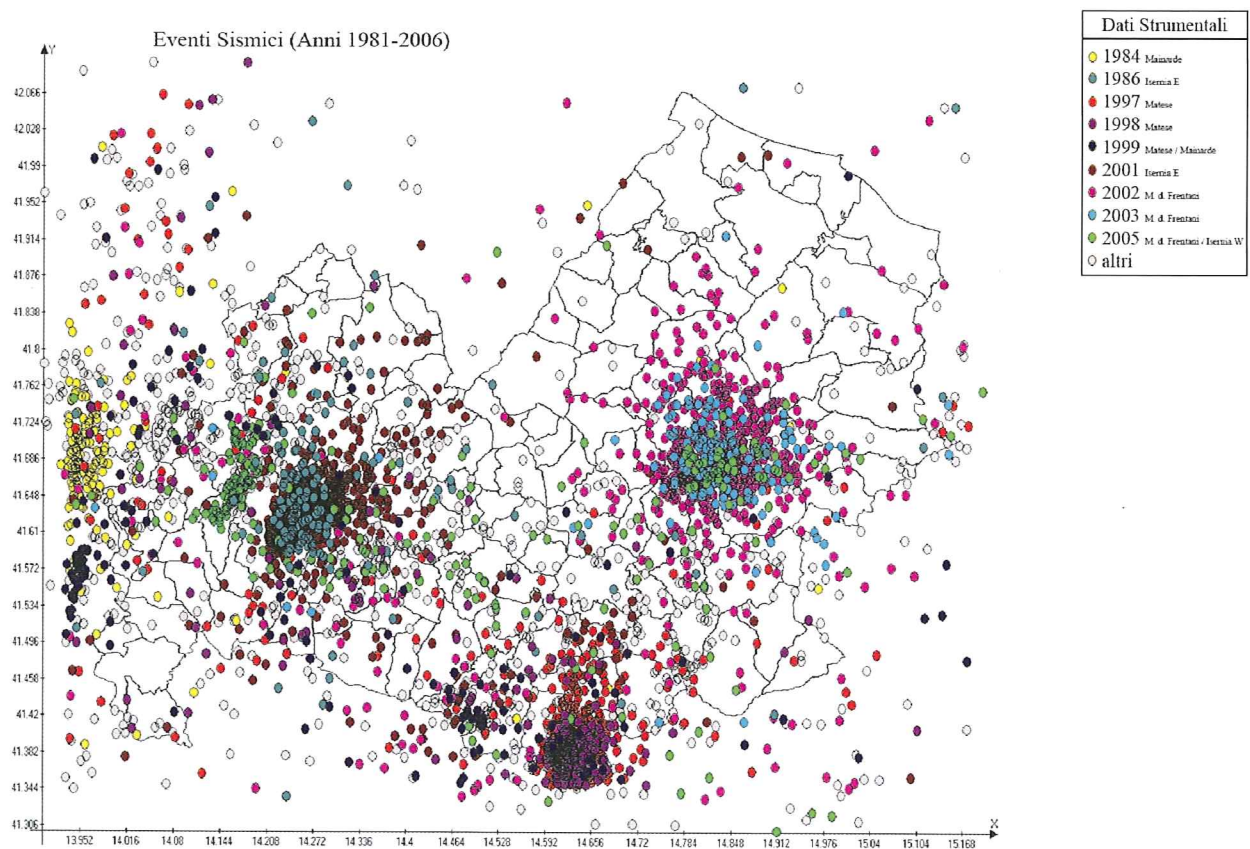
L'analisi dei dati storici ha identificato la Piana di Bojano come il teatro di molteplici terremoti distruttivi, caratterizzata dalla presenza di una faglia la cui dimensione è sufficiente a generare eventi con magnitudo pari a circa 6.5, come avvenuto negli anni 1293, 1456 e 1805. L'elenco degli eventi storici a magnitudo maggiore avvenuti in Molise e nelle zone limitrofe (poiché un terremoto non risente dei confini amministrativi tra regione e regione), è riportato nella seguente tabella.

Data	Ora	Località	I _{MAX}	I ₀	Latitudine	Longitudine	ZS
09/1293	-	Bojano	8.5	8.5	41.483	14.467	58
09/1349	-	Venafro	10.5	10.0	41.530	13.870	50
05/12/1456	-	Molise	11.0	10.0	41.583	14.433	58
25/08/1550	-	Ariano Irpino	8.5	8.5	41.150	15.017	58
06/05/1688	-	Matese	11.0	11.0	41.317	14.567	58
26/07/1805	21:01	Matese	11.0	10.0	41.500	14.533	58
21/08/1962	18:19	Sannio	9.0	9.0	41.167	14.967	58

Mediante l'elaborazione dei dati del Catalogo della Sismicità Italiana dell'I.N.G.V., è stato possibile ottenere un quadro d'unione della sismicità strumentale molisana dall'anno 1981 al 2006 (intervallo temporale in cui è compresa anche la crisi sismica di San Giuliano di Puglia del 2002), sia come distribuzione epicentrale degli eventi che come successive attivazioni temporale delle zone sismogeneticamente più attive. I risultati sono mostrati, rispettivamente, in fig. 2 e in fig. 3.



(fig. 2 - Distribuzione spaziale degli eventi sismici avvenuti in Molise dal 1981 al 2006)



(fig. 3 - Distribuzione temporale degli eventi sismici avvenuti in Molise dal 1981 al 2006)

Il numero totale di eventi registrati in Molise dal 1981 al 2006 dalla Rete Sismica Nazionale Centralizzata dell'I.N.G.V. è stato pari a 4501. Di questi, solo 2 hanno avuto magnitudo momento superiore a 5.0 (l'evento del 31 ottobre 2002 - tristemente noto per il crollo della scuola di San Giuliano di Puglia e del 1 novembre 2002 - e l'evento del 1 novembre 2002, entrambi con magnitudo momento 5.7), 13 tra 4.0 e 5.0, e 130 tra 3.0 e 4.0.

Dalla semplice visualizzazione delle mappe riportate nelle due precedenti figure, è possibile palesemente rendersi conto di quali siano le zone sismogeneticamente più attive della regione: Matese, Pentria, Monti dei Frentani e Mainarde.

La Rete Sismica Molisana

Il Servizio per la Protezione Civile della Regione Molise, a causa dell'oggettiva necessità di poter monitorare l'attività sismica presente nel proprio territorio di competenza per scopi preventivi e gestionali, ha pertanto deciso, nell'agosto del 2006, di realizzare l'installazione di una Rete di Monitoraggio Sismico a Scala Regionale per scopi preventivi e gestionali. Si tenga presente che una tale struttura di monitoraggio non nasce dal desiderio di un Ateneo o di un Istituto di Ricerca, ma da una precisa Volontà Istituzionale, come testimoniato dalla già citata Delibera di Giunta Regionale n° 1467 del 20 settembre 2006.

A tal proposito, si è deciso di instaurare una collaborazione con il Centro Nazionale Terremoti (CNT) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che, ai sensi del D.L. del 29 Settembre 1999, n° 381, art. 2 comma 1, lettera (c), "... svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale e di coordinamento delle Reti Sismiche Regionali e Locali", al fine di realizzare un coordinamento per seguire il progetto dalle varie fasi preliminari (studio delle locazioni più adatte dove ubicare i punti stazione, costruzione dei pozzetti per i sensori, posa in opera delle stazioni sismiche, taratura e calibrazione dei sensori, ecc.) a quella di raccolta ed elaborazione dei dati.

Man mano che si è andati avanti con l'installazione di nuove stazioni, i dati raccolti localmente sono stati disponibili in tempo reale ed è stato possibile operare una loro integrazione con quelli appartenenti ad altre reti (Rete Internazionale MedNet, Rete Sismica Nazionale dell'I.N.G.V., altre reti locali sia fisse che temporanee, etc.), al fine di realizzare un monitoraggio continuo e puntuale dell'aggiornamento delle condizioni sismotettoniche della Regione Molise. Quest'ultimo passaggio è fondamentalmente necessario per la compilazione - tra l'altro - delle mappe di *hazard* sismico (funzioni che misurano la probabilità di occorrenza di un evento sismico, sulla base di parametri descrittivi dello storia sismica dell'area interessata) e della conseguente revisione della classificazione sismica.

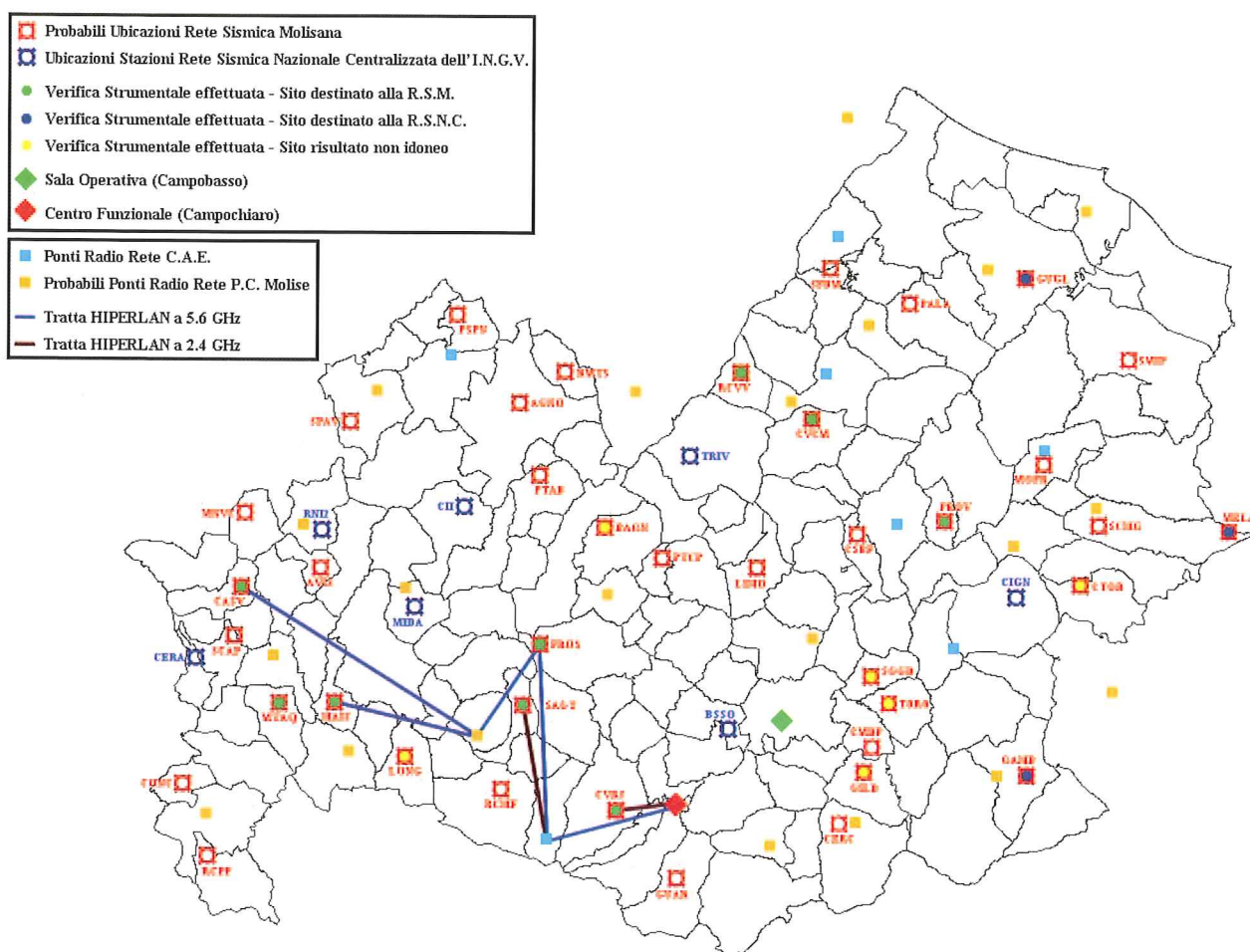
Il Progetto preliminare per l'installazione della Rete di Monitoraggio Sismico a scala regionale ha previsto la sua completa messa in opera nel giro di circa 3-4 anni. Tale Rete sarà ritenuta completa con l'installazione di circa 10-12 stazioni. Tali stazioni andranno ad implementare quelle già esistenti della Rete Sismica Nazionale dell'I.N.G.V. nonché l'unico punto della Rete MedNet (Carovilli) presenti sul territorio regionale. I sistemi di acquisizione di ogni stazione, messi a disposizione dal C.N.T., saranno costituiti dalle stazioni sismiche GAIA2 dell'I.N.G.V.. Il Progetto preliminare per l'installazione della Rete di Monitoraggio Sismico a Carattere Regionale è stato approvato della Giunta Regionale con la sopra citata Delibera n° 1467 del 20 settembre 2006.

In tempi immediatamente successivi sono iniziati i sopralluoghi, sull'intero territorio regionale, finalizzati all'identificazione di probabili siti da ritenere idonei all'installazione di una stazione sismica della Rete Regionale. Pur tenendo conto il numero di stazioni sismiche che si aveva intenzione di installare, è stato effettuato un numero maggiore di sopralluoghi sia perché qualcuno dei siti identificati avrebbe potuto rivelarsi non idoneo strumentalmente (a causa di eventuali presenze di amplificazioni litologiche o dovute a sedimenti, oltre che per un imprevisto alto rumore antropico), sia perché alcune delle ubicazioni avrebbero potuto, in futuro, essere utilizzate dal C.N.T. per incrementare, nella Regione, il numero delle stazioni della Rete Sismica Nazionale gestita dall'I.N.G.V.. In questo secondo caso, naturalmente, tali siti non sarebbero rientrati in quelli della Rete Regionale, pur mantenendo con essi un continuo interscambio di dati.

I criteri adottati per l'operazione di identificazione dei siti, ordinati nelle rispettive priorità considerate, possono essere riassunti come segue:

1. Ubicazione ritenuta a basso rumore antropico, sufficientemente distante da strade ad alta percorribilità, ferrovie, luoghi particolarmente frequentati, eccetera;
2. Ubicazione in proprietà pubblica (Amministrazioni Locali o Ecclesiastiche);
3. Ubicazione (preferibilmente) su roccia affiorante;
4. Ubicazione (preferibilmente) al coperto, in vani siti a pianterreno o in seminterrati, discretamente lontani dal centro abitato.

Mediante l'attuazione dei precedenti criteri sono state fino ad ora individuate più di 60 ubicazioni (in 42 differenti territori comunali) ritenute possibilmente idonee all'installazione delle stazioni della Rete di Monitoraggio Sismico a Scala Regionale, più o meno equamente suddivise tra le due Province. Tale suddivisione si è resa necessaria in quanto la Provincia di Campobasso, pur essendo più estesa, presenta un territorio geologicamente meno idoneo all'installazione di stazioni sismiche, con ampie zone sedimentarie ed ad elevata presenza argillosa. Inoltre, si è deciso di non prevedere installazioni nei centri con maggiore presenza di persone (Campobasso, Termoli, Isernia, Venafro, Bojano, Larino), che sono stati però idealmente "circondati" da una serie di ubicazioni opportunamente definite e a questi prossime. Proprio in questi giorni si stanno realizzando, sui siti precedentemente individuati e ritenuti probabilmente idonei, i relativi sopralluoghi strumentali, nel corso dei quali una stazione sismica completa viene lasciata in acquisizione continua per un periodo - variabile a seconda dei casi - compreso fra 1 e 7 giorni, per confermarne scientificamente la reale possibilità di utilizzo. Una sintesi dei sopralluoghi effettuati e delle stazioni sismiche già installate, è riportato nella fig. 4.



(fig. 4 - Quadro d'unione dei sopralluoghi effettuati e delle stazioni sismiche già operative sul territorio)

Si tenga presente che la geometria della Rete Sismica Locale è stata pianificata tenendo conto delle stazioni già esistenti (o in previsione di esistere) della Rete Sismica Nazionale dell'INGV, della situazione sismogenetica molisana - preferendo ubicazioni in prossimità delle faglie principali presenti e nelle zone in cui si sono verificati eventi sismici più intensi e/o con maggiore frequenza - e della localizzazione dei ponti radio principali previsti nel progetto della Rete Idropluviometrica Regionale.

La misura in continua (indispensabile per gli scopi di Protezione Civile), con un fissato campionamento a 100 Hz, genera la necessità di trasmettere e immagazzinare, per ogni secondo, 100 dati per ognuno dei 3 canali che compongono una singola stazione sismica (300 dati a stazione al secondo). Una rete di monitoraggio sismico regionale con geometria finale comprendente circa 12 stazioni, comporta di ottenere circa 3600 dati al secondo, indipendentemente dal verificarsi di un terremoto.

Di questi dati, è necessario garantire la trasmissione in tempo reale al Centro Funzionale della Protezione Civile Regionale. Da ciò è nata la necessità di realizzare una rete di trasmissione ad alta velocità dedicata per i dati sismici, anche in vista, in futuro, di utilizzare alcuni dei medesimi siti individuati durante i sopralluoghi (indipendentemente dall'istallazione di una stazione sismometrica) per realizzare un'eventuale rete regionale accelerometrica.

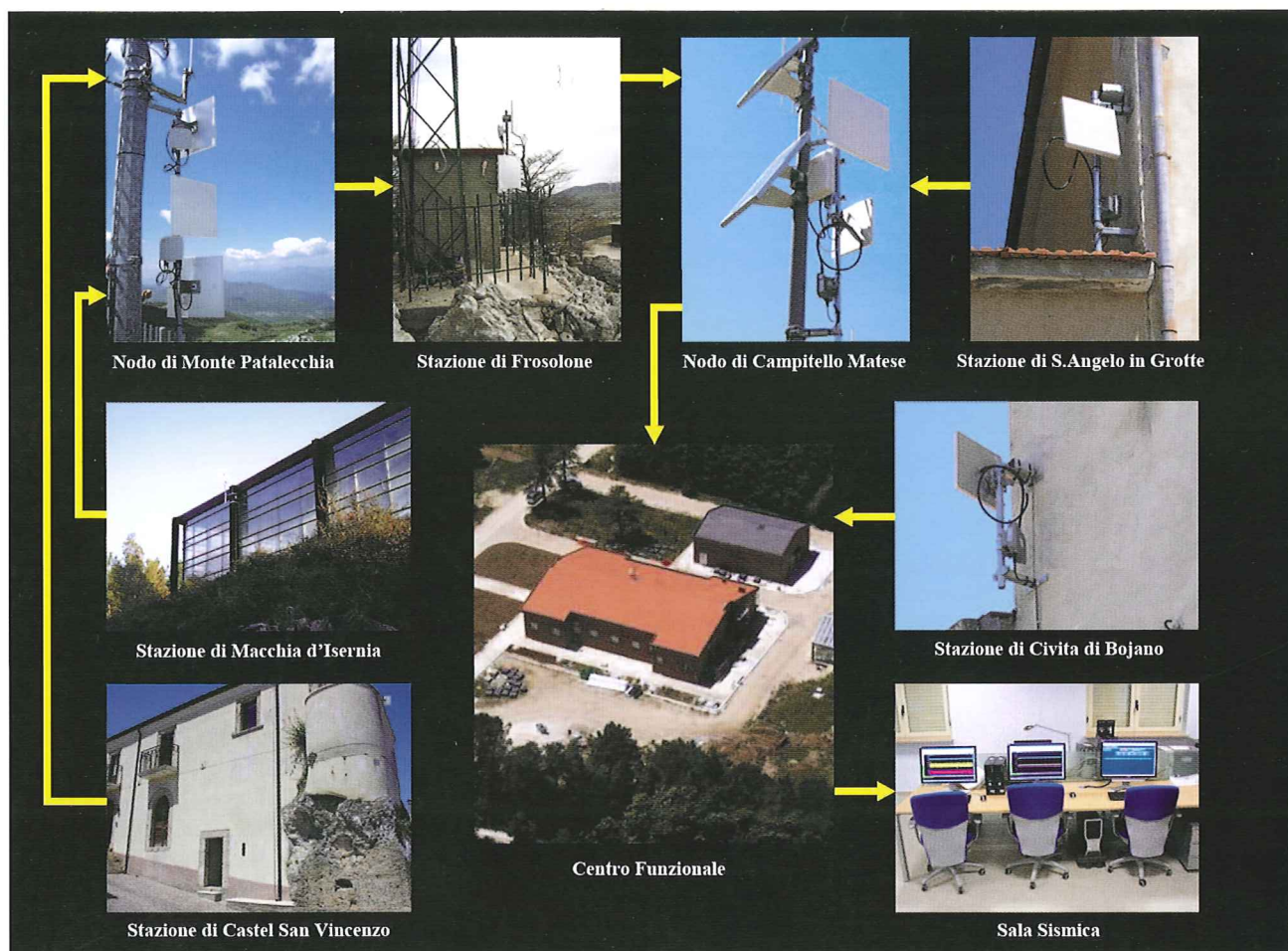
Si è scelto quindi di utilizzare la tecnologia HIPERLAN (in conformità agli standard previsti dalla relativa normativa vigente) per realizzare una dorsale a forma di anello composta da tratte con frequenza di 5.6 MHz alla quale allacciare tratte sismoterminali con frequenza di 2.4 MHz, che possa utilizzare anche i ponti radio già esistenti della Rete Idropluviometrica della Protezione Civile e della Rete Radio Regionale.

Tenendo conto che l'istallazione di tutte le stazioni della Rete Sismica Molisana non sarebbe stata fatta contemporaneamente ma sarebbe stata diluita nell'arco di circa 2 o 3 anni, si è deciso di non far realizzare nello stesso tempo l'intera rete di trasmissione dati, ma di suddividere il lavoro in una serie di fasi, ognuna delle quali fosse dipendente dalle stazioni sismiche che si andavano ad installare. In base al catalogo sismico regionale e tenendo conto dell'ubicazione delle differenti zone sismogenetiche, sono state individuate delle priorità di istallazione.

Le prime due stazioni sono state installate sul Matese nel luglio 2007 (Civita di Bojano e Sant'Angelo in Grotte). Di conseguenza, la fase I dell'istallazione della rete HIPERLAN è stata definita dalla connessione di queste due stazioni al Centro Funzionale. Dalla formulazione di un data-base degli eventi registrati dalle due stazioni installate (pari a circa il 60% degli eventi avvenuti nel territorio regionale II semestre del 2007) è stata decisa la direzione di espansione della Rete Sismica Molisana (e, di conseguenza, della rete HIPERLAN di trasmissione dei dati). Essendo stata monitorata, dalle due stazioni funzionanti, nettamente peggio la zona delle Mainarde rispetto a quella del cratere del sisma del 2002, si è deciso di espandere la Rete in direzione Ovest, fino a raggiungere l'abitato di Castel San Vincenzo (fase II). Ciò ha comportato l'aumento dell'efficienza della Rete Sismica Regionale ad oltre il 95%.

Questo è un punto estremamente importante, in quanto la valutazione dell'efficienza è necessaria per identificare eventuali problematiche inerenti la struttura della rete, sia in termini del funzionamento degli apparati di registrazione, acquisizione e trasmissione, sia per quanto concerne la rumorosità dei siti in cui sono state realizzate le installazioni (un evento locale piccolo, o uno lontano, potrebbero non essere acquisiti anche in seguito all'elevato rumore ambientale presente).

Tale stima sarà utile anche in futuro anche per studiare la progressione dell'efficienza in relazione al numero di stazioni installate della Rete. L'attuale geometria del sistema di trasmissione dei dati raccolti dalle stazioni della Rete Sismica Molisana è mostrata in *fig. 5*.



(fig.5 - Attuale struttura di trasmissione dei dati della Rete Sismica Molisana)

Poter disporre di una Rete Sismica Locale sovrapposta a strutture di monitoraggio a scala più larga (come la Rete Sismica Nazionale Centralizzata dell'I.N.G.V). permette la registrazione di eventi a magnitudo più basse, significativi per lo studio dell'evoluzione a risoluzione maggiore (sia spaziale che temporale) delle locali aree sismogenetiche di interesse. Ciò porta alla realizzazione di un data-base di riferimento più denso e maggiormente esaustivo per quanto concerne studi di sismicità regionale.

La realizzazione della Rete Sismica Molisana ha generato una serie di prodotti quali il Catalogo Semestrale della Sismicità Molisana, le Mappe della Sismicità Regionale, le Monografie degli eventi più importanti (sia locali e regionali, che telesismi) ed alcuni articoli scientifici. Mediante l'analisi dei dati raccolti in tempo reale è stato anche possibile smentire, in più di un'occasione (tra cui quella avvenuta il 24 aprile 2009, a ridosso della tragedia aquilana), l'inconsulto ed infondato allarme di "previsione" - attribuito al noto Giuliani - di un imminente evento sismico distruttivo che si sarebbe dovuto verificare nella regione, attraverso la formulazione di un comunicato ufficiale ed istituzionale secondo cui, come è stato riportato nel testo: *"Proprio perché il Molise è ben notoriamente un territorio sismico, il Servizio per la Protezione Civile della Regione sta allestendo una Rete di Monitoraggio Sismico a Scala Regionale (di cui sono attualmente funzionanti cinque stazioni) capillarizzando i siti della Rete Sismica Nazionale Centralizzata dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia presenti sul territorio, al fine di avere una maggiore risoluzione dei dati da interpretare in relazione allo studio dell'evoluzione delle strutture sismogenetiche presenti. Il monitoraggio realizzato in continua mediante l'utilizzo delle stazioni della Rete Sismica Molisana, nonché la conseguente elaborazione dei dati ottenuti, non mostra attualmente alcuna anomalia rispetto all'ordinaria attività delle locali zone sismogenetiche."*

Bibliografia di Riferimento

- Alessio G., Godano C. & Gorini A. (1990)** - A low magnitude seismic sequence near Isernia (Molise, Central Italy) in January 1986. *Pageoph*, vol. 134, No. 2, pp. 243-260.
- Barchi M., Galadini F., Lavecchia G., Messina P., Michetti A. M., Peruzza L., Pizzi A., Tondi E. & Vittori E. (A cura di) (2000)** - Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000, pp. 62.
- Bisio L., Di Giovanbattista R., Milano G. & Chiarabba C. (2004)** - Three-dimensional earthquake locations and upper crustal structure of the Sannio-Matese region (Southern Italy). *Tectonophysics*, 385, pp. 121-136.
- Blumetti A.M., Dramis F. & Michetti A.M. (1993)** - Fault-generated mountain fronts in the central Apennines (central Italy): geomorphological features and seismotectonic implications. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18, pp. 203-223.
- Boncio P., Lavecchia G. & Bruno Pace B. (2004)** - Defining a model of 3D seismogenic sources for Seismic Hazard Assessment applications: The case of central Apennines (Italy). *Journal of Seismology*, 8, pp. 407-425.
- Camassi, R. & Stucchi, M. (1997)** - NT4.1, a parametric catalogue of damaging earthquakes in the Italian area (Release NT4.1.1), GNDT, Milano, Internet, <http://emidius.itim.mi.cnr.it/NT/home.html>.
- Cello G. & Tondi E. (2000)** - Strutture sismogenetiche in Appennino. In Galadini F., Meletti C. & Rebez A. (A cura di) (2000) - Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, pp. 397, § 2.7.
- D'Agostino N., Funicello R., Speranza F. & Tozzi M. (1994)** - Caratteri della tettonica distensiva nell'Appennino Centrale: area di S. Stefano-Calascio. *Boll. Soc. Geol. It.*, 113, pp. 37-53.
- Decanini L., Di Pasquale G., Galli P., Mollaioli F. & Sanò T. (2004)** - Seismic hazard and seismic zonation of the region affected by the 2002 Molise, Italy, Earthquake. *Earthq. Spectra*, 20, S1, pp. S131-S165.
- Del Pinto C., Malagnini L., Akinci A. & De Luca G. (2003)** - Ground motion scaling negli Appennini Centrali. In: 22° Convegno Nazionale G.N.G.T.S., Roma 18-20 Novembre 2003, Volume dei Riassunti, Trieste, p. 184.
- Del Pinto C., Malagnini L., Akinci A. & De Luca G. (2003)** - Ground motion scaling in Central Apennines. AGU Fall Meeting 2003, San Francisco, December 8-12, 2003. Poster.
- Del Pinto C.: (2008)** - "A Brief Introduction to the Molisan Seismic Network", in "Strategies for Reduction of the Seismic Risk", pag. 7-17 (Eds. Giovanni Fabbrocino & Filippo Santucci de Magistris, Progetto M.E.E.T.I.N.G., Programma EU INTERREG/CARDS-PHARE), ISBN 88-88102-15-3
- Di Luzio E., Paniccia D., Pitzianti P., Sansonne P., Tozzi M. (1999)** - Evoluzione tettonica dell'Alto Molise. *Boll. Soc. Geol. It.*, 118, pp. 287-31, ff. 16, tab. 1, tavv. 3.
- Galadini F., Meletti C. & Rebez A. (A cura di) (2000)** - Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, pp. 397.
- Galli P., Galadini F. & Capini S. (2004)** - Analisi archeosismologiche nel santuario di Ercole di Campochiaro (Matese). Evidenze di un terremoto distruttivo sconosciuto e implicazioni sismotettoniche. Disp. sul sito <http://xoomer.virgilio.it/davmonac/sanniti/terremoti.html>.
- Galli P. & Molin D. (2004)** - Macroseismic survey of the 2002 Molise, Italy, Earthquake and historical seismicity of San Giuliano di Puglia. *Earthq. Spectra*, 20, S1, pp. S39-S52.
- Ghisetti F. & Vezzani L. (2000)** - Modalità di riattivazione, circolazione dei fluidi e rottura sismica di alcune delle principali faglie normali nelle zone esterne dell'Appennino centrale. In Galadini F., Meletti C. & Rebez A. (A cura di) (2000) - Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, pp. 397, § 2.9.
- Gruppo di Lavoro C. P. T. I. (2004)** - Catalogo parametrico dei terremoti italiani. INGV, Roma.
- Magri G. & Molin D. (1983)** - Il terremoto del Dicembre 1456 nell'Appennino Centro-Meridionale. ENEA, RT/AMB 83/08, pp. 180.
- 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, pp. 57-78.
- Pinto A. V., Tsionis G., Mola E. & Taucher E. (2003)** - Preliminary investigation of the Molise (Italy) earthquakes of 31 October and 1 Novembre 2002. *Bull. Of Earthq. Engineering*, 1, pp. 349-370.
- Scrocca D. & Tozzi M. (1999)** - Tettogenesi mio-pliocenica dell'Appennino molisano. *Boll. Soc. Geol. It.*, 118, pp. 255-286, ff. 18, tabb. 5.
- SGA (2003)** - Integrazione di ricerca di archeologia e storia territoriale riguardante il terremoto del 1456 e

l'area molisano-campana relativamente ai terremoti prima del Mille. RPT 255/03, Bologna, pp. 139.

Tondi E., Cello G. & Mazzoli S. (1997) - Strutture sismogenetiche in Appennino Centrale: potenziale sismico, analisi frattale e processi di crescita. *Il Quaternario*, 10, pp. 409-414.

Vilardo G., Nappi R., Petti P. & Ventura G. (2003) - Fault geometries from the space distribution of the 1990-1997 Sannio-Benevento earthquakes: inferences of the active deformation in Southern Apennines. *Tectonophysics*, 363, pp. 259-271.



PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Michele Tataseo

Prof. a contratto presso l'Università la Sapienza di Roma – Facoltà di Architettura –
“Consolidamento degli edifici storici”

PREVENZIONE = CONOSCENZA

La relazione geologica appena esposta pone in evidenza l'esistenza di un elevato rischio sismico nell'intera Italia centrale ed in modo particolare nella Valle Peligna, che risente in maniera indiretta degli effetti di più faglie poste a varie profondità e distanze.

Una tale situazione impone l'“**obbligo**” all'intera popolazione ed in maniera particolare agli **Amministratori** di agire tempestivamente con opere di **prevenzione** finalizzate alla minimizzazione dei danni che un ipotetico terremoto potrebbe causare alle strutture della intera vallata.

In particolare si dovrebbe intervenire con adeguati interventi di messa in sicurezza su:

- edifici pubblici come scuole, ospedali, uffici aperti al pubblico, etc.;
- edifici suscettibili di grande affollamento come Chiese, teatri, cinema, etc.;
- edifici privati, sia nei Centri Storici che al di fuori.

Bisogna inoltre tener presente la grande importanza del Centro Storico di Sulmona, uno dei più belli dell'intera Italia centrale e forse il più importante d'Abruzzo, per l'elevato valore architettonico ed artistico degli edifici, delle Chiese e di tutti i manufatti che ne fanno parte.

Ciò comporta una ulteriore responsabilità degli amministratori, impegnati nella conservazione di un così alto Patrimonio Culturale, soprattutto dopo quanto accaduto a L'Aquila il 6 aprile 2009.

Nel breve articolo che segue e che tratta la sicurezza, si dà per scontato che la progettazione di nuovi edifici sarà eseguita sulla scorta della vigente normativa sismica: Decreto Ministeriale (Ministero delle Infrastrutture) del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, Circolare M.I.T. n. 617 del 2 febbraio 2009 “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008” e le successive modifiche ed integrazioni. E comunque in tal caso i controlli saranno effettuati dall'Ufficio del Genio Civile.

Il grande problema della prevenzione sorge quando si parla di edifici esistenti. In questo caso per **prevenzione** si intende la messa in sicurezza degli immobili nei confronti del rischio sismico (*nelle fotografie 1 e 2* sono riportati due edifici aquilani che, messi in sicurezza con adeguati interventi, all'esterno non hanno subito dissesti gravi ed importanti come i distacchi delle facciate, opportunamente tenute da tiranti; tale meccanismo di rottura è molto pericoloso e può provocare come effetto indotto il crollo degli orizzontamenti; in tali fabbricati è probabile che anche i danni interni, certamente verificatisi a seguito di un terremoto forte come quello del 6 aprile scorso, siano di entità limitata).



Fotografia 1



Fotografia 2

Subentra in tale contesto l'ulteriore problema della **conoscenza** della struttura sulla quale si interviene, perché solo in tal modo si possono ottimizzare gli interventi da eseguire in modo tale da renderli economicamente "accettabili" ed anche meno invasivi da un punto di vista della conservazione del bene.

Si ricorda a tal proposito la massima del prof. arch. Paolo Rocchi (progettista della ricostruzione della volta crollata nel 1997 nella Basilica Superiore del Sacro Convento di San Francesco in Assisi e della messa in sicurezza con miglioramento sismico oltre che delle Basiliche Superiore ed Inferiore, anche dell'intero Complesso conventuale):

"CONOSCERE PER NON INTERVENIRE"

che significa minimizzare gli interventi sulla scorta di una approfondita conoscenza, operando così nel modo più razionale. Questa è la strada che si deve percorrere per una **buona prevenzione**.

L'iter corretto per progettare un buon intervento di consolidamento sismico e quindi una messa in sicurezza adeguata è il seguente:

CONOSCENZA STRUTTURALE – CONOSCENZA VULNERABILITA'

↓

VERIFICA SISMICA

↓

MESSA IN SICUREZZA CON MIGLIORAMENTO O ADEGUAMENTO SISMICO.

CONOSCENZA STRUTTURALE - CONOSCENZA VULNERABILITA'

Alla base della progettazione si pone la "**verifica sismica**" (globale o locale), necessaria in questo tipo di interventi e basata su una schematizzazione matematica computerizzata o manuale che simula la struttura e la forza sismica cui essa è soggetta, sia nello stato di fatto ante operam, che nelle condizioni post operam con gli interventi di rinforzo ipotizzati.

Qui entra in ballo il ruolo della conoscenza, fondamentale negli edifici esistenti, nei quali, a differenza di quelli di nuova realizzazione, non si è liberi di procedere dimensionando le strutture scegliendo i materiali e le relative caratteristiche meccaniche, ma si parte da un manufatto che occorre studiare nella maniera più approfondita possibile prima ancora di pensare alla progettazione; tale fase è la più complessa, tanto da venire spesso chiamata "**progetto della campagna diagnostica**".

Si opera in due modi diversi:

- sulla *struttura*, ovvero sulla schematizzazione, mediante una analisi accurata dello stato di fatto, che richiede come input:
 - i rilievi geometrico, strutturale e del quadro fessurativo (quest'ultimo è importante per la conoscenza dei dissesti pregressi presenti sulle strutture); in tale fase è consigliabile effettuare saggi sugli intonaci ed altre eventuali limitate prove da stabilire in funzione dell'edificio e dei dissesti statici, se presenti (*l'immagine 3* illustra l'importanza della conoscenza dello spessore portante della volta per la parte resistente ed anche della stratigrafia completa per l'analisi dei carichi; a parità di altezza in chiave visibile, il primo elemento ha uno spessore

strutturale di 12 cm a fronte di una altezza di carico di riempimento di 40 cm, il secondo ha uno spessore strutturale di 30 cm con un'altezza di carico di riempimento di soli 22 cm; se si sopravvaluta lo spessore strutturale si possono avere danni come *nella fotografia 4*, ove la volta è addirittura in folio);

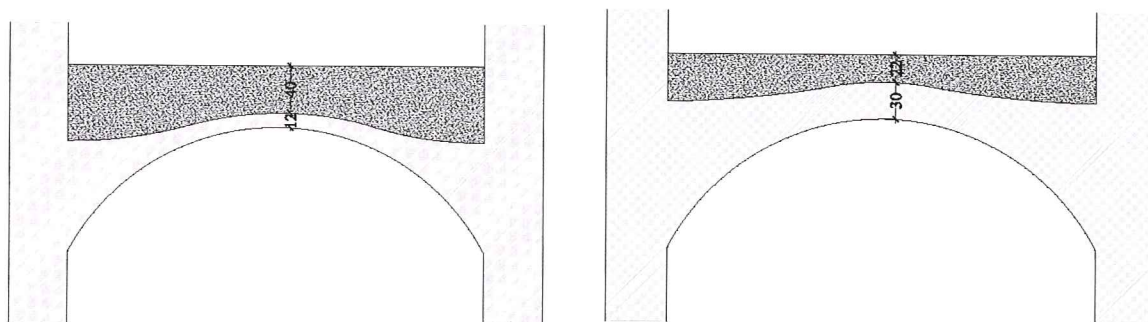


Immagine 3



Fotografia 4

- la relazione storica, con la quale, soprattutto per gli edifici più antichi, si individuano le varie fasi costruttive, le eventuali aggregazioni e sopraelevazioni, le variazioni strutturali avvenute nel corso dei secoli come lo spostamento di aperture, che possono aver ridotto la sezione resistente delle murature, etc.; la storia costruttiva di un edificio consente di individuare eventuali discontinuità strutturali, porzioni di fabbricato realizzate con caratteristiche tipologiche e meccaniche diverse ed aventi differenti rigidezze;
- la conoscenza dei vincoli reciproci tra elementi portanti ed eventualmente anche con i fabbricati in adiacenza;
- la conoscenza della tipologia dei singoli elementi portanti (murature piene, a sacco, in pietrame squadrato o no etc., orizzontamenti costituiti da volte a botte, crociera, etc., solai metallici, lignei, etc., coperture, possibilmente fondazioni, etc.); tale livello di conoscenza deve emergere dalla esecuzione di un insieme di saggi e prove sulla struttura, ottimizzate sulla scorta dell'analisi dei rilievi strutturale e dei dissesti e della ricostruzione delle fasi costruttive;

- la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali come resistenza, deformabilità, etc. e dello stato di conservazione; bisogna tener presente l'effetto memoria di sismi precedenti, che produce micro rotture interne agli elementi in muratura, non rilevabili senza l'ausilio di adeguate indagini, con decadimento della resistenza ed incremento della deformabilità degli elementi portanti, oltre a dissesti locali in funzione della tipologia costruttiva come scollamento dei paramenti murari, etc. (*nell'immagine 5* è indicata la differenza tra muratura a sacco con possibile spezzata di frattura, ed in mattoni pieni, mentre *nelle fotografie 6 e 7* sono visibili crolli delle murature per scollamento dei paramenti murari; il dissesto probabilmente era pregresso al sisma, dovuto a vetustà oppure all'effetto di terremoti precedenti minori e chiaramente non visibile dall'esterno); anche tali dati devono essere ottenuti mediante una serie di saggi e prove;

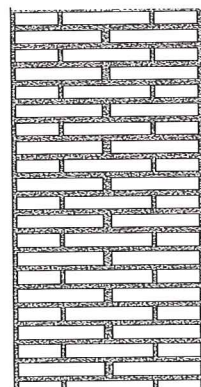
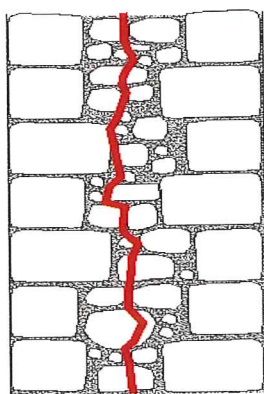


Immagine 5



Fotografia 6



Fotografia 7

l'insieme di prove, che è bene ripetere, devono essere ottimizzate, a tutti gli effetti può essere considerato il **"progetto della campagna diagnostica"**, fondamentale per una corretta prevenzione; tanto meglio sono eseguite le lavorazioni elencate in precedenza e tanto più è possibile minimizzare le indagini, riducendone i costi e soprattutto individuando quelle più appropriate alla situazione in esame;

- sulla *forza sismica*, calcolata in base ad una serie di input definiti in linea di massima come segue:
 - parametri dipendenti dalla zona sismica, dal substrato di appoggio, dalla tipologia e dalla destinazione d'uso del fabbricato, dalla microzonazione sismica, etc., indipendenti dalla conoscenza strutturale dell'edificio che si analizza;
 - coefficiente maggiorativo dell'azione definito **"fattore di conoscenza"**, introdotto dalle richiamate "Norme Tecniche sulle Costruzioni" del gennaio 2008, che varia tra 1.00 e 1.35 in funzione del **"livello di conoscenza strutturale"** del fabbricato e riguarda i dati da inserire nella schematizzazione della struttura (cfr. *tabelle A e B*).

Come intuibile, una completa **"conoscenza strutturale"** del fabbricato comporta una serie di vantaggi:

- anzitutto l'azione sismica ha un coefficiente di conoscenza pari a 1, mentre in caso contrario tale coefficiente sale a 1.35 con incremento delle sollecitazioni sugli elementi portanti del 35 %, ed aumento dei costi delle opere necessarie per la messa in sicurezza o il miglioramento;
- poi il fatto che la verifica venga svolta su una schematizzazione corrispondente alla realtà sotto tutti i punti di vista fa sì che il progettista conosca esattamente i punti di debolezza della struttura e quindi possa definire senza incertezze gli interventi necessari per porre in sicurezza l'edificio, ottimizzandoli, riducendo in tal modo le opere da eseguire e di conseguenza le spese;
- la probabilità notevolmente ridotta che in corso d'opera emergano nuove necessità non previste in fase iniziale; le non prevedibili si possono trovare sempre.

In mancanza di conoscenza strutturale si hanno invece i seguenti svantaggi;

- incremento del 35 % dell'azione sismica, con tutto ciò che ne consegue;
- inserimento di caratteristiche geometriche (dimensioni degli elementi portanti, etc.), ma soprattutto meccaniche (resistenza, deformabilità, etc.), ridotte rispetto a quelle reali e prese da quelle normative, certamente cautelative;
- incertezza sugli interventi e quindi possibile sovradimensionamento;
- incremento notevole dei costi delle opere, stimato in almeno il 50 % ma probabilmente maggiore, rispetto ad una conoscenza buona;
- rischio di non individuare neanche in corso d'opera i difetti strutturali occulti, come ad esempio il possibile scollamento dei paramenti murari con tutto ciò che ne consegue o la presenza di volte a spessore ridotto, non visibili senza stratigrafia endoscopica (*immagini 3 e 5*); è superfluo ricordare che senza la conoscenza dell'elemento strutturale non è possibile effettuare verifiche di calcolo: si prevede il consolidamento di tali elementi, forse non necessario, oppure si evita, non essendo presenti lesioni, e si rischia il crollo; non è possibile individuare neppure i vani di passaggio spostati e richiusi in maniera non strutturale nelle murature, spesso presenti negli edifici storici, e numerosi altri aspetti strutturali.

Tra tutti i parametri su indicati, quello sul quale si può e si deve agire per progettare bene gli interventi e ottenere la messa in sicurezza migliore possibile è proprio il **"livello di conoscenza del fabbricato"**. Gli altri, a parte la destinazione d'uso che può variare limitatamente ad alcuni edifici pubblici (non i privati, né le Chiese), sono stabiliti e non possono essere cambiati.

Si ricorda ancora il motto del prof. Rocchi, che dice sempre ed insegna: **"conoscere per non intervenire"**.

Quindi una buona prevenzione non può prescindere da una approfondita conoscenza della struttura e dal contesto in cui essa si trova (aggregato, microzonazione sismica, etc.).

In tal modo con la **"Conoscenza"** si possono studiare i possibili meccanismi di rottura della struttura con i relativi gradi di pericolosità; essi nell'insieme determinano la **"Vulnerabilità"** dell'edificio, sulla base della quale si individua la tipologia e si progetta l'entità degli interventi di rinforzo eventualmente necessari.

Per esempio nel progetto "Una Chiesa per Natale" della Protezione Civile, nelle fasi progettuali era stato richiesto, oltre a tutti gli altri elaborati necessari, anche il calcolo dell'indice di danno e di quello di vulnerabilità; quest'ultimo prima e dopo la realizzazione degli interventi di consolidamento ipotizzati. In condizioni di emergenza e rischio ciò è stato fatto prevalentemente sulla carta, senza la possibilità di eseguire prove o anche solo di entrare nei locali inaccessibili, come per esempio i sottotetti, quindi in maniera piuttosto

orientativa.

Successivamente in corso d'opera il Vice Commissario delegato, ing. Marchetti, ha ordinato ai vari Direttori dei Lavori di ricalcolare l'indice di vulnerabilità in funzione di quanto emerso nel corso dei lavori eseguendo, ove necessario, anche saggi e prove. In tal modo è stato possibile verificare direttamente che l'indice iniziale, ipotizzato in fase progettuale (senza conoscenza diretta) era completamente diverso da quello finale, calcolato in fase esecutiva (con la conoscenza diretta, anche se spesso non completa per cause di forza maggiore).

VERIFICA SISMICA - MESSA IN SICUREZZA

Una volta completata la prima fase, relativa alla conoscenza ed alla analisi accurata delle debolezze dell'edificio mediante la vulnerabilità si può passare alla esecuzione della **verifica sismica**.

I metodi di verifica e soprattutto la tipologia di interventi da eseguire, che possono essere più o meno complessi, dipendono dal livello di sicurezza che si vuole raggiungere.

In particolare la normativa vigente dal luglio 2008 divide le opere di rinforzo da eseguire sui fabbricati esistenti in:

- *interventi di "riparazione o intervento locale", che riguardano singole parti e/o elementi della struttura; migliorandone il comportamento sismico, senza alterare gli equilibri statico-dinamici del fabbricato; per tali interventi la verifica è locale e si presume che nello stesso momento in cui essi vengono progettati si è riscontrata una carenza strutturale che ne richiede l'inserimento;*
come dice la parola stessa tali interventi sono quelli tipici di riparazione dei danni subiti dopo un sisma e ad essi fanno riferimento le ordinanze della Protezione Civile relative alle inagibilità di tipo B e C;
- *interventi di "miglioramento sismico", finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alla azione sismica; la verifica va estesa a tutto l'aggregato di cui fa parte il fabbricato;*
le opere di consolidamento che rientrano in questa tipologia sono quelle che aumentano la resistenza globale dei fabbricati senza alterarne la configurazione strutturale, né il funzionamento dinamico;
- *interventi di "adeguamento sismico", quando per qualsiasi esigenza viene variata la configurazione strutturale dell'edificio (sopraelevazioni, ampliamenti, trasformazione della configurazione statica, ad esempio con solai al posto delle volte,) e/o ne viene cambiata destinazione d'uso con incremento dei carichi in fondazione superiori al 10 %;*
si ricorre all'adeguamento sismico nei casi in cui sia necessaria una variazione di destinazioni d'uso con notevole incremento dei carichi oppure quando è prevista una variazione del funzionamento strutturale dell'edificio.

Appare chiaro che passando dalla riparazione al miglioramento ed all'adeguamento sismico diventa più importante l'insieme delle opere da eseguire per raggiungere lo scopo, con un forte incremento dei costi. Altrettanta importanza assume la fase della conoscenza per i motivi già visti in precedenza.

E' opportuno ricordare che per gli edifici storici e più in generale per i Beni Culturali Tutelati secondo il D.L. 42/2004 è possibile limitarsi ad interventi di miglioramento seguendo le "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale" del Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

La redazione delle Linee Guida è stata necessaria perchè sulla maggior parte degli edifici storici non è possibile eseguire interventi di adeguamento senza stravolgerne la conformazione strutturale con pesanti opere invasive e snaturarne di conseguenza la natura. Spesso non è possibile pensare ad interventi di adeguamento proprio per la tipologia strutturale (es. Chiese, Teatri) che non consente ciò.

COSTI

La "**Fase diagnostica**" ha un costo, limitato, che finora raramente è stato considerato tra le spese necessarie per gli interventi di miglioramento sismico o comunque di rinforzo strutturale.

Occorre però tener presente che in tal modo, come già detto, è possibile limitare le opere di consolidamento, riducendone notevolmente la spesa, anche dell'ordine del 50 %, rispetto allo stesso progetto eseguito senza le dovute conoscenze. Non è possibile stabilire un rapporto tra il costo della fase diagnostica e quello degli interventi di rinforzo, poiché ciò dipende molto dalla grandezza dell'edificio, dallo stato di conservazione, dalle fasi costruttive di realizzazione, dall'assetto strutturale (bisogna verificare se l'edificio ha già

una disposizione antisismica, sia pur non adeguata, o meno, etc.).

E' comunque certo che si tratta di ordini di grandezza completamente differenti: per i consolidamenti si sta intorno alle centinaia di migliaia di euro, mentre per la fase diagnostica intorno alle decine e forse al di sotto.

Considerati:

- l'importanza architettonico – artistica del Centro Storico di Sulmona, oramai probabilmente quello di maggior valore nella Regione,
- l'alto rischio sismico, soprattutto alla luce di quanto accaduto a L'Aquila;

si rende urgente la programmazione di un piano di prevenzione che deve essere studiato ed avviato dal Comune e poi sostenuto da Provincia e Regione, oltre che dai rappresentanti politici a livello nazionale e che deve essere ovviamente supportato dai proprietari di immobili.

Si potrebbe pensare di concepire una attività per fasi successive, del genere:

- A. microzonazione sismica dell'intero territorio comunale ed individuazione degli aggregati strutturali, con particolare riferimento al centro Storico; tale attività andrebbe svolta direttamente dal Comune;
- B. esecuzione dei rilievi, delle ricerche storico – costruttive, della campagna diagnostica (comprensiva di indagini geognostiche e relazione geologica) per singolo edificio, con attività gestita dai singoli proprietari e vistata dal Comune;
- C. individuazione della vulnerabilità d'insieme e per singolo edificio;
- D. verifiche sismiche ed individuazione degli eventuali interventi necessari alla relativa messa in sicurezza;
- E. sulla scorta dei risultati delle attività A, B, C e D stilare una lista delle priorità e della urgenza degli interventi da porre in opera, anche in funzione delle destinazioni d'uso degli edifici e della loro importanza;
- F. realizzazione degli interventi di rinforzo a scaglioni.

Come detto le operatività previste hanno dei costi, che potrebbero essere ripartiti come segue:

- l'attività A interamente a carico del Comune;
- le attività B, C e D a carico dai proprietari, che potrebbero inoltre usufruire dei finanziamenti pubblici – come ad esempio la deduzione del 36 % per le ristrutturazioni ed il rimborso dal 30 al 50 % per edifici vincolati secondo la legge 42/04 -; tali agevolazioni andrebbero rese cumulabili (uno schema possibile è riportato *nell'immagine 8*, ripresa dal recente convegno del Rotary di Sulmona: "La sismicità nella valle Peligna: stato delle conoscenze e prevenzione"), soprattutto vista la finalità del progetto; si dovrebbe inoltre individuare un canale di finanziamenti parziali per gli edifici non vincolati;

a tal proposito è molto importante dire che per come sono strutturate oggi la legge finanziaria per la deduzione del 36 % delle spese di ristrutturazione e la legge 42/04 per edifici vincolati, non è possibile far rientrare nelle attività rimborsabili le fasi diagnostica e progettuali e precisamente:

- i rilievi geometrico, strutturale e del quadro fessurativo;
- la ricerca storico – costruttiva;
- la campagna diagnostica;
- la verifica sismica;
- la progettazione degli interventi;

considerata la scarsa incidenza di tali operatività sull'importo totale dei lavori, con un valore oscillante tra il 10 % ed il 20 %, deve essere compito degli amministratori far sì che nella prossima legge finanziaria, almeno nelle zone a rischio come la nostra, ciò venga reso possibile, ed inoltre che i tempi di recupero sia della fase della conoscenza, che di quella dei lavori di messa in sicurezza, vengano ridotti da 10 a non più di 5 anni;

- le ristrutturazioni sarebbero a carico dei proprietari, ma supportati dalla attivazione di finanziamenti appositamente studiati.

FINANZIAMENTI FASE DIAGNOSTICA

Costo ipotetico	10,00
Di cui:	
- 36% ridotto per le ristrutturazioni	- 3,60
- 30% - 50% rimborsato in edifici vincolati o per appoggio enti locali	<u>- 4,00</u>
	2,40

12

Immagine 8

Sarebbe inoltre auspicabile che il Comune si facesse carico di dare incentivi con rimborsi forfettari, stimolando così la prevenzione.

In tal modo potrebbe essere ridotto all'osso l'onere iniziale a carico dei proprietari, che dovrebbero intervenire direttamente, anche in caso di parziale finanziamento statale, nella fase del consolidamento, ma ciò è ovvio.

Chiaramente il ruolo fondamentale è quello del Comune, che deve farsi carico di portare avanti un simile progetto, assumendo un ruolo di coordinamento e controllo e studiando nei dettagli soprattutto gli aspetti tecnici ed economici.

E' importante notare come la realizzazione di un simile progetto, oltre a mettere in sicurezza la città, può essere molto importante anche per lo sviluppo economico, a seguito dei numerosi lavori che verrebbero eseguiti; ed il numero di cantieri aperti è sempre stato segno di una economia solida e viva.

PRINCIPALI E PIU' COMUNI PROVE SULLE STRUTTURE

Come già detto l'approfondimento della conoscenza non può prescindere da una serie di operatività che sono finalizzate all'inquadramento strutturale del manufatto da studiare e del relativo stato di fatto inteso come stato di conservazione relativo all'insieme di dissesti statici eventualmente presenti sugli elementi portanti.

Le principali fasi della conoscenza riguardano l'esecuzione (o la verifica se già esistenti) dei rilievi geometrico, strutturale e del quadro dei dissesti, per completare i quali potrebbe essere necessario il supporto di saggi sull'intonaco e prove mirate (es. indagini endoscopiche).

E' inoltre fondamentale una ricerca storico – costruttiva nel caso degli edifici antichi ed il supporto del progetto originario per i nuovi, con particolare riguardo per quelli in cemento armato.

Una volta in possesso di tali elementi è possibile studiare una campagna diagnostica, che consiste in un insieme di prove sulla struttura in grado di determinare la tipologia costruttiva degli elementi, le caratteristiche meccaniche dei materiali ed eventualmente di accertare la presenza di eventuali situazioni di instabilità solo ipotizzate sulla carta.

La campagna diagnostica deve essere ottimizzata in modo tale da ridurre al minimo il numero di indagini, stabilendo l'ubicazione delle prove nei punti significativi. In tal modo si riduce il sia pur lieve impatto sulle strutture (in modo particolare su quelle storiche) e si evita di arrecare eccessivo disturbo ai proprietari, minimizzando anche i costi. Proprio per tale motivo la definizione e l'ubicazione delle prove viene anche detta “progetto di campagna diagnostica”.

Le prove più comuni sono quelle di seguito indicate.

Edifici in muratura

Le indagini elementari e comunemente usate si eseguono per conoscere:

- la tipologia muraria: muratura a sacco, in mattoni, in pietrame squadrato, misto, in tufo, listata, etc.; in tal caso sono adatte **indagini endoscopiche**, che mediante l'introduzione di una sonda telescopica in un foro di 20 – 30 mm di diametro, riescono ad indagare la muratura all'interno;
- lo stato di conservazione interno della muratura: consistenza del legante (potrebbe essere degradato dal tempo e danneggiato da precedenti eventi sismici), eventuali scollamenti tra paramenti esterni e conglomerato interno nelle murature a sacco, etc.; anche in questo caso si possono eseguire **indagini endoscopiche**;
- il coefficiente di sicurezza nei confronti della compressione per carichi verticali e del taglio per l'azione sismica; nel primo caso possono essere eseguite **prove di carico sulle murature** mediante martinetti piatti doppi, da accoppiare ad **indagini soniche**, meno distruttive ed invasive e più economiche; nel secondo caso si eseguono **prove di scorrimento**;
- eventuali lesioni interne o la presenza di vuoti non visibili dall'esterno; in tal caso sono molto utili le **indagini termografiche**, che sono una sorta di radiografia della muratura e riescono a delineare la situazione presente dietro l'intonaco.

Edifici in cemento armato

Gli scopi per cui si eseguono indagini sono i seguenti:

- conoscere la resistenza a compressione del calcestruzzo ed a trazione delle armature in acciaio; nel primo caso viene utilizzato il **Metodo Sonreb**, che consiste nella combinazione di **prove sclerometriche** ed **indagini ultrasoniche**, mentre nel secondo caso l'unico metodo è quello di eseguire **prove di laboratorio** su campioni estratti dagli elementi portanti;
- individuare le armature presenti in alcune sezioni tipo stabilite dal progettista del rinforzo; le prove da eseguire sono: **saggi** con rimozione locale del copriferro su pilastri e travi, **prove pacometriche** etc.

E' chiaro che esistono molti altri tipi di prove, forse meno comuni ma certamente più specifiche in determinati casi, che, considerata la natura puramente divulgativa del presente lavoro, non è opportuno menzionare. Resta da dire che laddove si miri ad un miglioramento sismico non solo locale o addirittura ad un adeguamento, oppure nei casi in cui al rischio sismico si accompagni un rischio geologico globale o limitato all'edificio in fase di studio, è necessaria la conoscenza geologica e geotecnica.

Anche in questi casi sono numerose le prove che si possono eseguire, sostanzialmente mirate a definire la stratigrafia del sottosuolo, le caratteristiche meccaniche del sottosuolo stesso, la risposta sismica, la tipologia delle fondazioni ed ove possibile le caratteristiche geometriche e meccaniche, la quota di attestazione etc.

PRINCIPALI INTERVENTI DI PREVENZIONE

La "**Messa in sicurezza**" avviene tramite la realizzazione di un insieme di opere tali da conseguire un miglioramento oppure un adeguamento della struttura per sopportare l'azione dinamica.

A parte casi isolati una corretta prevenzione richiede una analisi dello stato di fatto e successivamente una serie di interventi ad hoc tesi a migliorare il funzionamento sismico dell'edificio. In questo caso si rientra nel "**miglioramento sismico**", finalizzato ad accrescere la capacità delle strutture esistenti di resistere al terremoto; tale insieme di opere è quello che riguarda la messa in sicurezza della maggior parte dei fabbricati esistenti.

Alla base della progettazione si pone la "**verifica sismica**", necessaria in questo tipo di interventi e basata su una schematizzazione matematica computerizzata che simula la struttura e l'insieme di sollecitazioni cui essa è soggetta, sia nello stato di fatto nelle condizioni ante operam, che dopo gli interventi nelle condizioni post operam per verificarne l'efficacia.

Fermo restando il discorso e la convinzione che una buona prevenzione sia imprescindibile dalla conoscenza del fabbricato, ci sono alcuni interventi semplici in grado di incrementare la sicurezza sismica, anche se è difficile in questi casi valutarne la reale efficacia senza le dovute verifiche puntuali.

Questa non è la sede per descrivere in maniera tecnica o dettagliata il funzionamento dinamico delle varie tipologie di edificio e di entrare nei dettagli; si può però affermare che lo scopo di migliorare la risposta dinamica segue i principi fondamentali di seguito descritti.

Edifici in muratura

- creare un funzionamento di tipo scatolare in grado di attivare la risposta delle murature parallele alla direzione del sisma (più propriamente alle componenti del sisma secondo le direzioni corrispondenti alla disposizione delle murature), aventi maggiore rigidezza e quindi resistenza; in un simile sistema, nel quale vanno resi continui i collegamenti tra pareti ortogonali e tra pareti e solai, è proprio il solaio con la sua rigidezza (da creare se non esistente) a svolgere il ruolo fondamentale di ripartitore delle forze sismiche tra le murature; ovviamente tale sistema non può essere applicato a qualsiasi tipo di fabbricato in quanto le pareti parallele, poste nelle due direzioni principali, non devono essere distanti più di 7.00 m;
- le Chiese, i teatri, i cinema non rientrano nella su indicata tipologia strutturale, ma funzionano come un insieme di macroelementi, la cui risposta sismica ed i conseguenti eventuali interventi di rinforzo vanno studiati caso per caso in funzione dei possibili meccanismi di rottura attivabili con un terremoto e quindi in funzione della vulnerabilità; è comunque molto importante in tali edifici evitare deformazioni relative elevate tra murature parallele, che potrebbero causare il crollo di orizzontamenti, portanti o di finitura.

In questo ambito si può parlare di alcuni interventi tipo in grado di conferire alle strutture miglioramenti sismici. Deve essere chiaro che si parla a livello generale, di esempio e senza la conoscenza dei danni pregressi agli elementi portanti:

- a causa della vetustà delle murature ed anche dei danni interni subiti a seguito dei diversi sismi cui sono state soggette, è opportuno sempre verificare la compattezza muraria ed intervenire con opere di rigenerazione mediante iniezioni di miscele aventi composizione da stabilire in funzione della tipologia muraria sulla quale si interviene; è chiaro che tale intervento non può essere applicato sulle murature costituite su tutto lo spessore da mattoni pieni, blocchi di tufo etc., ove solitamente sono necessarie altre opere;
- il collegamento tra murature perpendicolari o inclinate può avvenire per esempio mediante inserimento di barre armate opportunamente sigillate con miscele a stabilità volumetrica per non perdere l'attrito tra barre e murature, fondamentale nel sistema di rinforzo;
- l'irrigidimento dei solai ed il collegamento con le murature possono essere ottenuti anche in questo caso mediante inserimento di soletta armata all'estradosso del solaio (o di piatti metallici all'intradosso etc.) con barre armate perimetrali al solaio stesso inserite nella muratura, oppure mediante inserimento di cordoli metallici perimetrali ad L all'intradosso, sempre collegati al solaio e, mediante imperniature, alla muratura;
- è sempre molto importante l'inserimento di tiranti (opportunamente ubicati e dimensionati in tutte le loro parti: attacco murario, capochiave, sezione), che può avvenire dall'esterno, o, quando non possibile, anche dall'interno studiando tecniche apposite, come ad esempio con tesatore interno e capochiave ad uncino; la grande efficacia del lavoro svolto dai tiranti è visibile *nelle fotografie 1 e 2*.

E' bene ricordare che gli interventi descritti non evitano il formarsi di lesioni più o meno importanti a seguito di possibili sismi futuri, ma certamente rinforzano gli elementi portanti, che in tal modo riducono in maniera consistente le probabilità di collassare grazie all'incremento della loro sismo-resistenza la diminuzione di deformazioni differenti tra elementi a contatto, causa di enormi danni e diffusi crolli.

Edifici in cemento armato

La verifica sismica e l'eventuale rinforzo degli edifici in cemento armato è mediamente più complessa di quella per gli edifici in muratura, escluso che non si sia in possesso del progetto originario. Ciò perché nella risposta sismica sono molto importanti la quantità e la disposizione delle armature, non visibili dall'esterno e delle quali va individuata la presenza in un numero significativo di elementi. Tuttavia occorre anche tener presente che il cemento armato proprio per la sua costituzione è in grado di offrire resistenze superiori a quelle di calcolo (ottenute con tutti i necessari coefficienti di sicurezza) e di salvaguardare le vite umane, tanto è vero che a L'Aquila, tranne situazioni locali legate forse anche ad interventi sconsiderati sulle strutture, ma soprattutto a situazioni di rischio geologico, gli edifici in cemento armato, pur progettati per zona sismica di II categoria e con forze di calcolo nettamente inferiori a quelle sviluppate dall'ultimo terremoto (ancor più se messe in relazione alla superficialità dell'epicentro ed alla tipologia del sottosuolo), e pur avendo caratteristiche di resistenza localmente basse, hanno subito danni, ma non hanno collassato.

Inoltre per tale tipologia non è possibile stabilire un metodo di rinforzo generale, essendo molto importante capire in base a quale principio ed a quale funzionamento antisismico il tecnico ha operato nella progettazione iniziale del fabbricato. A livello generale si possono raggruppare tali principi di progettazione in funzione dell'epoca di costruzione e delle normative allora vigenti.

E' chiaro quindi che anche gli interventi di miglioramento sismico, locale o globale, devono essere progettati rispettando il funzionamento originario della costruzione.

E' altrettanto vero che per la verifica sismica è fondamentale avere il progetto strutturale e se possibile il

collaudo, che forniscono, oltre alle dimensioni geometriche degli elementi portanti, anche la distribuzione delle armature e le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati, come la resistenza del calcestruzzo e dell'acciaio. Bisogna dire inoltre che edifici costruiti in tempi anche relativamente recenti non potranno mai rispettare le verifiche molto restrittive della normativa vigente.

Gli interventi più comuni possono avere la seguente tipologia:

inserimento di fasce e/o lamine in FRP, sia per incrementare la resistenza a flessione (lamine) e/o a taglio (fasce) delle travi, che per aumentare la resistenza a compressione dei pilastri (cerchiatura con fasce in FRP), o per incrementare la resistenza dei nodi (fasce);

inserimento di placcaggi in acciaio con le medesime finalità su descritte; tale tecnica, usata per lo più fino alla comparsa dei materiali in FRP, è però molto invasiva e l'applicazione meno pratica.

Tabella A: Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per gli edifici in muratura.

Livello di conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	Fattore di confidenza
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete. Individuazione tipologia di fondazioni.	Verifiche in situ limitate.	Indagini in situ limitate. Resistenza valore: minimo tabella norma. Modulo elastico: valore medio tabella norma.	Tutti.	1.35
LC2	Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	Verifiche in situ estese ed esaustive.	Indagini in situ estese. Resistenza valore: medio tabella norma. Modulo elastico: media prove o valore medio tabella norma.		1.20
LC3			Indagini in situ esaustive. Resistenza: funzione del numero di prove effettuate combinate con i valori di norma. Modulo elastico: funzione del numero di prove effettuate combinate con i valori di norma.		1.00

Tabella B: Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per gli edifici in calcestruzzo armato o in acciaio.

Livello di conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	Fattore di confidenza
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex - novo completo.	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e limitate verifiche in situ.	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in situ.	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche in situ.	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in situ oppure estese prove in situ.	Tutti.	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in situ.	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in situ.	Tutti.	1.00