



GRUPPO NAZIONALE DI GEOFISICA
DELLA TERRA SOLIDA

Atti del 32° Convegno Nazionale

Trieste, 19–21 novembre 2013

Palazzo dei Congressi
della Stazione Marittima

**Tema 2: Caratterizzazione sismica
del territorio**



ISTITUTO NAZIONALE DI
OCEANOGRAFIA E DI
GEOFISICA SPERIMENTALE

GRUPPO NAZIONALE DI GEOFISICA DELLA TERRA SOLIDA



32^o convegno
nazionale

Trieste

19-21 novembre 2013
Stazione Marittima

ATTI

Tema 2: Caratterizzazione sismica del territorio



ISTITUTO NAZIONALE DI
OCEANOGRAFIA E DI
GEOFISICA SPERIMENTALE



32° Convegno Nazionale

Atti - Tema 2: Caratterizzazione sismica del territorio

Comitato organizzatore

D. Slejko
D. Albarello
A. Argnani
E. Del Pezzo
M. Dolce
M. Fedi
P. Galli
S. Grimaz
E. Loinger
L. Martelli
A. Masi
G. Naso
R. Petrini
L. Sambuelli
G. Santarato
E. Serpelloni
S. Solarino
U. Tinivella
A. Vesnaver

A cura di: D. Slejko, A. Rebez,
A. Riggio, D. Albarello, M. Dolce,
S. Grimaz, L. Martelli, A. Masi,
G. Naso

Con la collaborazione di:
M. Bobbio, P. Giurco e L. Riosa

Copertina: M. Sedmach

Impaginazione e stampa:
Mosetti Tecniche Grafiche, Trieste

Finito di stampare nel mese di novembre 2013

ISBN 978-88-902101-9-8 collezione completa
ISBN 978-88-902101-7-4 questo volume

Indice

Lectio Magistralis	XI
THE CRUST IN ITALY FROM SEISMIC PROSPECTING AND ADDITIONAL INVESTIGATING TECHNIQUES R. Nicolich	XIII
Tema 2 - Caratterizzazione sismica del territorio	1
sessione 2.1 - Pericolosità sismica, vulnerabilità, scenari di scuotimento e di danno	3
EARTHQUAKE FORECASTING MODELS AND THEIR IMPACT ON THE GROUND MOTION HAZARD IN THE MARMARA REGION, TURKEY A. Akinci, M. Murru, R. Console, G. Falcone, S. Pucci	5
SCORING PROCEDURES FOR PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT (PSHA): A PRELIMINARY APPLICATION IN THE FRAME OF THE DPC-INGV-S2 PROJECT (2012-2013) D. Albarello, V. D'Amico, L. Peruzza	9
SOIL HAZARD ASSESSMENT IN ITALY: SITE-SPECIFIC AND REGIONAL-SCALE ESTIMATES WITHIN THE FRAMEWORK OF THE DPC-INGV S2 2012-2013 PROJECT S. Barani, M. Vanini, E. Faccioli, R. Paolucci, C. Smerzini, M. Villani, G. di Capua, G. Tarabusi, C. Barnaba, D. Spallarossa, A. Rebez, L. Martelli, A. Piccin, S. Rosselli, L. Peruzza	15
EXPERIMENTAL AND NUMERICAL SEISMIC CHARACTERIZATION OF 'BLOCKHAUS' SHEAR WALLS UNDER IN-PLANE LATERAL LOADS C. Bedon, M. Fragiaco, C. Amadio, C. Sadoch	22
GPS HORIZONTAL KINEMATICS PATTERN IN THE ITALIAN PENINSULA N. Cenni, E. Mantovani, P. Baldi, M. Viti, D. Babbucci, M. Bacchetti, A. Vannucchi	29
LOCAL VS. DURATION MAGNITUDE RELATIONSHIP FOR THE MT. ETNA SEISMIC CATALOGUE S. D'Amico, E. Giampiccolo, T. Tuvè	34
SYNTHESIS 0.1: BETA RELEASE OF A SYNTHETIC WAVEFORMS REPOSITORY M. D'Amico, F. Pacor, R. Puglia, L. Luzi, G. Ameri, F. Gallovi, A. Spinelli, M. Rota Stabelli	38
MAPPE PROBABILISTICHE TIME-DEPENDENT DI PERICOLOSITÀ SISMICA ALL'ETNA: PRIMI RISULTATI S. D'Amico, R. Azzaro, H. Langer, L. Peruzza, G. Tusa, T. Tuvè	45
SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT AT URBAN SCALE BASED ON FIELD SURVEY, REMOTE SENSING AND CENSUS DATA C. Del Gaudio, P. Ricci, G.M. Verderame, G. Manfredi	50
MULTIPLE PARAMETER MONITORING AND SEISMIC PRECURSORY PHENOMENOLOGY IN UNUSUAL ANIMAL BEHAVIOUR IN WESTERN PIEMONTE G. de Liso, C. Fidani, A. Viotto	60
ELECTROMAGNETIC PERTURBATIONS ASSOCIATED WITH M = 5, JULY 21, 2013, ANCONA, ITALY EARTHQUAKE OBSERVED BY CIEN P. M. Siciliani, C. Fidani, F. Stoppa, G. Iezzi, M. Arcaleni, S. Tardioli, D. Marcelli	66
ANIMAL BEHAVIOUR AND THE ECONOMY BEFORE EARTHQUAKES C. Fidani	71
PERICOLOSITÀ SISMICA E GENERAZIONE DI ACCELEROGRAMMI PER VERIFICHE SISMICHE SULLE DIGHE G. Fiorentino, L. Furgani, C. Nuti, F. Sabetta	75
LE CALAMITÀ NATURALI ED IL MERCATO ASSICURATIVO ITALIANO: SOLUZIONI DISPONIBILI, ANALISI COMPARATIVE E PRIME DEDUZIONI F.T. Gizzi, M.R. Potenza, C. Zotta	80
MORPHOSTRUCTURAL ZONATION AND PATTERN RECOGNITION OF EARTHQUAKE PRONE AREAS IN THE PO PLAIN A. Gorshkov, A. Peresan, A. Soloviev, G.F. Panza	87
WHERE THE NEXT MAJOR EARTHQUAKE IN THE ITALIAN PENINSULA? E. Mantovani, M. Viti, N. Cenni, D. Babbucci, C. Tamburelli, A. Vannucchi	94

FUNDAMENTAL PERIOD OF BUILDINGS, SEISMIC SITE RESPONSE AND IMPLICATIONS ON EARTHQUAKE SEISMIC ACTION DEFINITION IN THE SIRACUSA AREA, ITALY F. Panzera, S. D'Amico, G. Lombardo, E. Longo	103
SEISMIC MEASUREMENTS TO REVEAL SHORT-TERM VARIATIONS IN THE ELASTIC PROPERTIES OF THE EARTH CRUST D. Piccinini, L. Zaccarelli, M. Pastori, L. Margheriti, F.P. Lucente, P. De Gori, L. Faenza, G. Soldati	110
LA RETE GEOCHIMICA TOSCANA PER LO STUDIO DEI PRECURSORI IDROGEOCHIMICI DELL'ATTIVITÀ SISMICA L. Pierotti, G. Facca, F. Gherardi	115
SEISMIC AMPLIFICATION MAP FOR SOME AREAS IN THE NORTHERN ITALY A. Rebez, G. Di Capua, M. Santulin, A. Tamaro	119
RADON AS SEISMIC PRECURSOR IN THE FRAMEWORK OF THE S3 PROJECT A. Riggio, M. Santulin, A. Tamaro	123
EFFECTIVENESS OF THE N2 METHOD FOR THE SEISMIC ANALYSIS OF STRUCTURES WITH DIFFERENT HYSTERETIC BEHAVIOUR G. Rinaldin, C. Amadio, M. Fragiaco	131
SCENARI DI DANNO EMPIRICI E ANALITICI A CONFRONTO CON RECENTI TERREMOTI ITALIANI F. Sabetta, E. Speranza, B. Borzi, M. Faravelli	136
EFFECTS OF THE RUPTURE DIRECTIVITY ON THE PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD MAPS IN THE SOUTHERN APENNINES, ITALY E. Spagnuolo, A. Akinci, A. Herrero	142
APPLYING ROBUST SATELLITE TECHNIQUES (RST) TO TIR ANOMALIES MONITORING IN TWO EARTHQUAKES PRONE AREAS OF ITALY: RESULTS OF A ONE YEAR MONITORING EXERCISE PERFORMED IN THE FRAMEWORK OF THE INGV-DPC PROJECT S3 V. Tramutoli, N. Genzano, M. Lisi, G. Sileo, R. Paciello, N. Pergola	146
GROUND-MOTION PREDICTIVE EQUATIONS FOR LOW-MAGNITUDE EARTHQUAKES IN THE CATANIA PROVINCE: THE CASE OF VOLCANIC AREA OF MOUNT ETNA G. Tusa, H. Langer	153
A SIMPLE EARTHQUAKE SIMULATOR TO EXPLORE THE COEFFICIENT OF VARIATION OF THE RECURRENCE TIME F. Visini, B. Pace	158
sessione 2.2 - Effetti di sito	165
PRELIMINARY HVSR ANALYSIS IN THE HISTORICAL CENTRE OF FERRARA, NORTH ITALY N. Abu Zeid, F. Albertin, S. Bignardi, G. Santarato	167
PRELIMINARY RESULTS OF SEISMIC RESPONSE ANALYSES AT "SANTA MARIA DI COLLEMAGGIO" BASILICA (L'AQUILA, ITALY) S. Amoroso, I. Gaudiosi, G. Milana, M. Tallini	172
SITE EFFECTS IN THE EASTERN PO PLAIN BY MEAN OF WEAK AND STRONG EARTHQUAKES C. Barnaba, G. Laurenzano, L. Moratto, A. Vuan, M. Romanelli, D. Pesaresi, M. Plasencia Linares, E. Priolo	179
MICROZONAZIONE SISMICA DI UMBERTIDE: MODELLO GEOLOGICO-GEOFISICO E POSSIBILE UTILIZZO DEI RISULTATI FINALI IN AMBITO DI PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE A. Boscherini, M. Barluzzi, A. Motti, N. Natali, G. Simone, F. Pergalani	185
ICMS 2008: PROPOSTA DI DISCIPLINA D'USO DEL SUOLO IN ZONE DI INSTABILITÀ F. Bramerini, G. Di Salvo, M. Giuffrè, Gruppo di lavoro_FAC, Gruppo di lavoro_LQ	191
LA CARTA GEOLOGICO TECNICA PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA S. Castenetto, G. Naso, M. Coltella, P. Imprescia, M. Moscatelli, A. Pagliaroli, E. Peronace, V. Scionti	195
LA MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO IN AREE VULCANICHE: L'ESPERIENZA DELLE AREE ETNEE S. Catalano, G. Romagnoli, G. Tortorici, F. Pavano, G. Sturiale, A. Torrisi, C. Bennici, S. Rosa	202
EFFETTI DI SITO INDOTTI DA VALLI SEPOLTE NELLE AREE PERIFERICHE DEL MONTE ETNA: IL CASO DEL TERREMOTO DI SANTA VENERINA S. Catalano, S. Imposa, G. Tortorici, A. Torrisi, G. Romagnoli, S. Grassi	209
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 DELLA CITTÀ DI RIETI A. Colombi, G. Scarascia Mugnozza, G. Martini, A. Paciello, S. Martino, L. Salvatori, S. Hailemichael, V. Verrubbi, A. Peloso, A. Porchia	215
MICROZONAZIONE SISMICA DI UMBERTIDE: ANALISI NUMERICA M. Compagnoni, F. Pergalani	220

ANALYSIS OF AMBIENT NOISE INSTANTANEOUS POLARISATION FOR SITE RESPONSE CHARACTERISATION V. Del Gaudio	226
INTEGRATION OF STRATIGRAPHIC DATA WITH HVSR MEASURES FOR STUDIES OF SEISMIC MICROZONATION: THE CASE OF OLIVERI (ME) P. Di Stefano, D. Luzio, P. Renda, R. Martorana, P. Capizzi, A. D'Alessandro, N. Messina, G. Napoli, M. Perricone, S. Todaro, G. Zarcone	235
IL PERCORSO METODOLOGICO PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA P. Imprescia, M. Coltella, G. Naso	241
STUDIO SISMOLOGICO PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA DI SITO AI FINI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI ALCUNI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA G. Laurenzano, E. Priolo, C. Barnaba, M.R. Gallipoli, P. Klin, L. Martelli, M. Mucciarelli, M. Romanelli	247
DOVE L'H/V NON ERA MAI GIUNTO PRIMA: IL CASO DI MASSA E. Lunedei, E. Paolucci, I. Milani, S. Pagliaccia, D. Albarello, P.L. Fantozzi, P. Pieruccini	253
CARTOGRAFIA SPEDITIVA DELL'AMPLIFICAZIONE E DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE NELLE AREE EPICENTRALI DEL TERREMOTO DELL'EMILIA 2012 ($M_s=5.9$) L. Martelli, L. Calabrese, G. Ercolessi, P. Severi, G. Tarabusi, D. Pileggi, S. Rosselli, L. Minarelli, F. Pergalani, M. Compagnoni, G. Vannucchi, C. Madiati, J. Facciorusso, V. Fioravante, D. Giretti, M. Mucciarelli, E. Priolo, G. Laurenzano, M. Romani, A. Manicardi, B. Mengoli, C. Ugoletti	262
UN METODO SPERIMENTALE PER LA VALUTAZIONE DELL'OPERATIVITÀ DI UN EDIFICIO STRATEGICO CHE TENGA CONTO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE D. Spina, F. Mori, A. Pagliaroli	267
MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 DEL CENTRO STORICO DI ROMA M. Moscatelli, A. Pagliaroli, M. Mancini, F. Stigliano, A. Colombi	274
MISURE DI SISMICA PASSIVA PER LA CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DELL'ARGINE DESTRO DEL FIUME PO E. Paolucci, D. Pileggi, D. Albarello, F. Guerrini, L. Martelli	284
FAGLIE ATTIVE E CAPACI NEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA: DEFINIZIONI E PROCEDURE DI ZONAZIONE E. Peronace, P. Buncio, P. Galli, G. Naso	293
LA MICROZONAZIONE SISMICA DI UN SITO UNESCO: IL CENTRO STORICO DI SAN GIMIGNANO (SIENA) G. Peruzzi, E. Lunedei, D. Albarello, P. Pieruccini, D. Firuzabadi, F. Sandrelli, M. Coltorti, P.L. Fantozzi	299
MICROZONAZIONE SISMICA DI UMBERTIDE: ANALISI SPERIMENTALE E. Priolo, R. de Franco, C. Barnaba, G. Boniolo, G. Caielli, A. Corsi, G. Laurenzano, A. Morrone, A. Motti, P. Ragazzo, M. Romanelli, A. Tento	306
ON THE PERFORMANCES OF SITE PARAMETERS FOR SOIL CLASSIFICATION R. Puglia, D. Albarello, L. Luzi, D. Bindi, R. Gallipoli, M. Mucciarelli, G. Naso, F. Pacor, E. Peronace	312
DEFINIZIONE DI UN INDICE DI AFFIDABILITÀ DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA BASATO SULLE INDAGINI EFFETTUATE B. Quadrio, M. Ambrosanio, M. Ioannilli, F. Bramerini, S. Castenetto, G. Naso	317
MICROZONING STRATEGY IN NEAR FIELD AREAS: SOME EVIDENCES AND OPEN PROBLEMS M.L. Rainone, P. Signanini, G. Vessia	325
GEOTECHNICAL MODEL FOR SANTIAGO DE CUBA CITY Z.C. Rivera, J. García, D. Slejko, A. Medina	330
PROPOSTE DI INTEGRAZIONE DEGLI ICMS (2008): LE INSTABILITÀ COSISMICHE NEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA V. Scionti, Gruppo di lavoro_FAC, Gruppo di lavoro_LQ	334
sessione 2.3 - Strumenti per la riduzione del rischio	341
INGVTERREMOTI: THE COMMUNICATION IS A RISK, THE SILENCE IS A FAULT A. Amato, L. Arcoraci, E. Casarotti, V. Lauciani, C. Meletti, C. Nostro, A. Piersanti, M. Pignone, L. Postpischl	343
ANALISI NUMERICHE NON LINEARI PER LA CALIBRAZIONE DI UNA METODOLOGIA SPEDITIVA PER LA LOCALIZZAZIONE E LA VALUTAZIONE DEL DANNO SU STRUTTURE INTELAIATE IN CEMENTO ARMATO G. Auletta, R. Ditommaso, F. C. Ponso, C. Iacovino	349
VARIANTE AL PTCP DELLA PROVINCIA DI BOLOGNA IN MATERIA DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO D. Bartoli	355

ATTIVITÀ DI PREVENZIONE SISMICA NELLA REGIONE LAZIO	362
A. Colombi	
LA MICROZONAZIONE SISMICA QUALE STRUMENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	
A SUPPORTO DELLA PIANIFICAZIONE	367
R. Cultrone	
I TERREMOTI DELL'IRPINIA E DEL POLLINO: MEMORIA STORICA, COMUNICAZIONE E PERCEZIONE ATTUALE	
TRA GEOETICA E GEOGRAFIA	375
F. De Pascale, M. Bernardo, F. Muto	
INDICI DI OPERATIVITÀ PER LA VALUTAZIONE DELLA CONDIZIONE LIMITE DI EMERGENZA (CLE)	382
M. Dolce, E. Speranza, G. Di Pasquale, F. Giordano, F. Bocchi	
THE FEBRUARY 16 th EARTHQUAKE SEQUENCE IN CENTRAL ITALY, A TOOL FOR IMPROVING	
MICROZONATION RESULTS IN THE MUNICIPALITY OF ARPINO	389
D. Famiani, M. Manuel, G. Milana	
ATTIVITÀ DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO IN GARFAGNANA E LUNIGIANA: ALCUNI RISULTATI	
DOPO L'EVENTO DEL 21 GIUGNO 2013	396
M. Ferrini	
RIDUZIONE DEL RISCHIO: ESITI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA NELLE CARTE E NORME	
DEGLI STRUMENTI URBANISTICI	402
A. Fraulini, A. Manicardi, B. Mengoli, C. Ugoletti, G.P. Mazzetti	
STUDIO DELLA RISPOSTA DI SITO IN UN AREA DEL VERSANTE MERIDIONALE DEL MT. ETNA	409
S. Imposa, F. Fazio, S. Grassi, G. Rannisi	
GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO SECONDO UN FRAMEWORK DI ENTERPRISE RISK MANAGEMENT	416
P. Luraschi	
AN ALTERNATIVE APPROACH FOR THE ESTIMATE OF SEISMIC HAZARD: APPLICATIONS TO ITALIAN REGIONS	
AND COMPARISON WITH THE PRESENT HAZARD MAPS	422
E. Mantovani, D. Babbucci, M. Baglione, N. Cenni, V. D'Intinosante, L. Martelli, C. Tamburelli, M. Viti	
MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA EPICENTRALE DEL TERREMOTO DELLA PIANURA EMILIANA	
DEL 2012 (ORD. 70/2012)	428
L. Martelli, L. Calabrese, G. Ercolessi, P. Severi, M. Romani, G. Tarabusi, D. Pileggi, S. Rosselli,	
L. Minarelli, F. Pergalani, M. Compagnoni, G. Vannucchi, C. Madiati, J. Facciorusso, V. Fioravante,	
D. Giretti, M. Mucciarelli, E. Priolo, G. Laurenzano, F. Bramerin, E. Speranza, C. Conte, G. Di Salvo,	
M. Giuffrè, M. Zuppiroli, F. Guidi, V. Vona, A. Manicardi, B. Mengoli, C. Ugoletti, L. Ricci	
AZIONI SVOLTE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO NELL'AMBITO DEL PROGETTO PILOTA	
"OSSERVATORIO AMBIENTALE PERMANENTE DELLA BIODIVERSITÀ" DEL COMUNE DI COLLI A VOLTURNO (IS)	434
G. Milano	
VARIATION OF VIBRATION PERIOD OF A RC BUILDING DURING THE POLLINO SEISMIC SWARM	441
M. Mucciarelli, T.A. Stabile, M.R. Gallipoli, P. Comelli, M. Bertoni	
CHALLENGING RISK REDUCTION THROUGH EDUCATION AND PREPAREDNESS	446
G.L. Piangiamore, G. Musacchio, M. Bocchia	
LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO ATTRAVERSO LE BEST-PRACTICES DELLA RICOSTRUZIONE POST EVENTO:	
IL CASO DI RAGUSA IBLA	452
R. Pirgu, C. Pagano Mariano	
IL MONITORAGGIO SISMICO DELL'ATTIVITÀ DI STOCCAGGIO DI GAS METANO NEL SERBATOIO NATURALE	
DI COLLALTO (TV): LA RETE SISMICA DI COLLALTO	457
E. Priolo, M. Romanelli, M. Plasencia Linares, M. Garbin, L. Peruzza, P. Bernardi, L. Moratto	
RAPIDA DEFINIZIONE DEL QUADRO DI RISENTIMENTO SISMICO A LIVELLO TERRITORIALE	
MEDIANTE STRUMENTI INNOVATIVI BASATI SUL CONTRIBUTO ATTIVO DEL VOLONTARIATO.	
PRIMA SPERIMENTAZIONE NEL CORSO DELL'ESERCITAZIONE "SISMA NORD-EST" DEL 14 SETTEMBRE 2013	466
D. Sandron, P. Malisan, S. Grimaz, A. Rebez, F. Di Bernardo, A. Masi, M. Mucciarelli	
SHORTCOMINGS OF THE CURRENT ASSESSMENT OF SEISMIC HAZARD: EXAMPLES FROM SOME ITALIAN REGIONS	474
M. Viti, D. Babbucci, M. Baglione, N. Cenni, V. D'Intinosante, E. Mantovani, L. Martelli, C. Tamburelli	
IN LINE HVSR MEASURE FOR MICROZONATION STUDY	480
M. Compagnoni, M. Lualdi, F. Pergalani, G. Saccà	
INDICE DEGLI AUTORI	487

- Moretti A., De Rose C., Caresta L., Ferrini G. 2012. Amplificazione e direzionalità del segnale sismico in prossimità della zona di faglia di Zizzoli-Arischia (L'Aquila). GNGTS 2012 sessione 2.2, 184-191.
- Muscillo S., Del Gaudio V., Wasowski J. 2012. Caratterizzazione della risposta sismica in aree di pendio soggette a frane: nuovi sviluppi ed applicazioni dell'analisi di rumore ambientale. GNGTS 2012 sessione 2.2, 191-199.
- Nakamura Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quarterly Report of Railway Technical Research Institute. Rept., 30, 25-33.
- Nogoshi M., Igarashi T. 1970. On the propagation characteristics of the microtremors. Journal of the Seismological Society of Japan, 24, 24-40.
- Pagliaroli A., Avallè A., Galadini F., Falcucci E., Gori S., Scardia G., Giaccio B., Messina P., Sottili G., Galli P., Peronace E., Quadrio B., Simionato M. 2012. Valutazione sperimentale e numerica della risposta sismica di rilievi isolati: tre casi di studio in Abruzzo. GNGTS 2012 sessione 2.2, 199-206.
- Panzerà F., Rigano S., Lombardo C. 2010. Effetti di sito in faglie, cavità e rilievi topografici. Progetto Stessa, Cap.2, 73-121.
- Panzerà F., Lombardo G., R. Rigano 2011. Evidence of topographic effects through the analysis of ambient noise measurements. Seismological Research, Letters, 82(3), 413-419. doi 10.1785/gssrl.82.3.413.
- Panzerà F., Lombardo G., Monaco C., Di Stefano A., D'Amico S., Galea P. 2012. Site effects on fault zone: results from ambient noise measurements. GNGTS 2012, sessione 2.2, 214-220.
- Pischiutta M., Salvini F., Fletcher J., Rovelli A., Ben-zion Y. 2012. Horizontal polarization of ground motion in the Hayward fault zone at Fremont, California: dominant fault-high-angle polarization and fault-induced cracks. Geophysical Journal International, 188(3), 1255-1272.
- SESAME 2005. Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations – European Research Project.

GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

SECONDO UN FRAMEWORK DI ENTERPRISE RISK MANAGEMENT

P. Luraschi

Milliman

Introduzione. Perché il rischio sismico non viene di fatto gestito in Italia e ci si limita a valutare i danni conseguenti ad ogni evento? La risposta a questa domanda va cercata in una combinazione di considerazioni di carattere sismologico, ingegneristico, sociologico, politico, culturale etc...

Da un punto di vista di risk management un evento sismico può essere inquadrato in quella famiglia di fenomeni che si prestano a valutazioni predittive sufficientemente robuste nel medio-lungo periodo ma le cui conseguenze non sono sostanzialmente prevedibili con ragionevole affidabilità nel breve periodo.

In tale contesto, accertato che il rischio sismico è un sistema adattativo complesso (si veda nel seguito per maggiori dettagli) il cui comportamento non è totalmente prevedibile e che nonostante il raffinamento successivo dei modelli predittivi non si può prescindere dalla possibilità di un effetto inatteso del rischio stesso, è evidente che la valutazione predittiva di per se non può essere utilizzata come unico strumento di gestione e mitigazione del rischio. È invece possibile utilizzare approcci non tradizionali di risk management che, come meglio dettagliato nel seguito, studiano in primis la struttura ed il contesto in cui il rischio si inserisce al fine di comprenderne le dinamiche evolutive e quindi supportare l'adozione una gestione strategica delle attività di resilienza post evento.

La risposta più efficiente in termini di mitigazione del rischio sismico va quindi cercata in una combinazione di approcci di risk management, resilienza, coperture assicurative adeguate e dell'inevitabile contributo statale di solidarietà.

Specificità del rischio sismico. L'analisi del rischio sismico evidenzia, da un punto di vista di risk management, talune peculiarità, che lo differenziano sensibilmente non solo dalle diverse fattispecie di rischio ma persino da altre calamità naturali.

Il primo e probabilmente più rilevante aspetto del rischio sismico è la sostanziale impossibilità di prevedere dove e quando si verificherà il prossimo evento. Negli anni sono stati sperimentati

numerosi modelli predittivi tanto specifici per la tipologia di rischio in esame (e.g. basati sul monitoraggio del comportamento degli animali o sullo studio dei segnali elettromagnetici) quanto basati su tecniche statistiche ‘tradizionali’ (e.g. basati sulla analisi comparativa dei dati relativi a eventi sismici passati per derivare la calibrazione di curve probabilistiche di previsione dei fenomeni ovvero per studi quali l’esistenza di correlazione tra una successione di scosse sismiche di modesta entità ed un successivo fenomeno sismico di magnitudo rilevante: Luraschi e Corrigan, 2013). In relazione a questo secondo gruppo di approcci vale la pena ricordare che da un punto di vista statistico il primo passo del processo è la rappresentazione della realtà che si vuole modellare con un ‘campione statistico’ ossia con un gruppo di unità elementari che siano adeguatamente rappresentative delle peculiarità della realtà stessa. Va da se che premessa fondamentale per l’efficacia di un modello statistico ‘tradizionale’ è la disponibilità di un campione statistico robusto (i.e. sufficientemente numeroso e variegato da rappresentare le specificità del fenomeno in esame). Nel caso del rischio sismico tale premessa non è facilmente realizzabile per una serie di ragioni connaturate alla natura del rischio stesso. Infatti, oltre alla non proporzionalità meglio approfondita nel seguito tra danni prodotti e magnitudo dell’evento che li ha causati, vale la pena ricordare che, come nel caso più generale del rischio operativo, il rischio sismico è caratterizzato dalla preponderanza, in termini di impatto assoluto, dei cosiddetti ‘cigni neri’ ossia di eventi caratterizzati da una bassissima frequenza di accadimento ma da un impatto estremamente significativo (Taleb, 2009). Già di per se tale caratteristica rende difficoltosa la creazione di un campione statistico robusto.

Va poi considerato che la non diretta correlazione tra i danni provocati da un evento sismico e la magnitudo / distanza dall’epicentro dell’evento rendono complessa la previsione delle conseguenze dannose di un evento sismico essendo queste ultime il risultato di un insieme di fattori eterogenei (e.g. aspetti geologici, ingegneristici, economici, sociali, politici e culturali). Proprio l’eterogeneità di tali fattori associata alla predominanza di “cigni neri” sono le principali difficoltà nella realizzazione di database delle perdite che siano utilizzabili come campioni statistici per la creazione di modelli predittivi ‘tradizionali’. Se infatti la predominanza di cigni neri riduce la significatività dei dati di perdita registrati in relazione agli eventi frequenti / con impatto contenuto, l’eterogeneità dei fattori rende necessaria una segmentazione del database di perdite in sotto – campioni in base alle famiglie omogenee fattori di rischio che hanno determinato le perdite stesse. Da ciò consegue che le perdite registrate dovrebbero addirittura essere tali da garantire un’adeguata numerosità di ciascun sotto – campione. Di fatto ciò non avviene e si rende quindi necessario integrare i dati storici con le cosiddette ‘expert opinion’ con conseguente introduzione di possibili distorsioni dovute alla soggettività recepita dal modello valutativo (per esempio in base al peso soggettivamente attribuito ai diversi segnali che hanno preceduto un evento sismico).

Quale che sia l’approccio adottato, la conclusione è che seppur i modelli previsionali siano stati raffinati nel tempo (per esempio ottenendo le ‘earthquake hazard maps’ che possono supportare l’individuazione di zone a elevato rischio sismico) e vi sia buona affidabilità predittiva nel lungo periodo, la previsione puntuale di breve periodo di un terremoto e delle sue conseguenze è ad oggi di fatto impossibile (e.g. un terremoto ‘atteso’ secondo i modelli predittivi potrebbe non verificarsi per decenni).

Anche limitandosi a considerare gli aspetti sopra evidenziati, è palese come nel caso del rischio sismico non sia sufficiente adottare un approccio statistico ‘tradizionale’ basato cioè sull’osservazione retrospettiva delle conseguenze del fenomeno oggetto di analisi (i.e. nel caso specifico i danni prodotti da un terremoto). Di fatto un evento sismico è infatti assimilabile ad un ‘sistema adattativo complesso’ (“CAS” in inglese) ossia a un *sistema dinamico* con capacità di auto-organizzazione composto da un numero elevato di parti interagenti in modo non *lineare* che danno luogo a comportamenti globali che non possono essere compresi a partire dal comportamento dei singoli elementi che li compongono in quanto interagenti tra loro. L’interazione tra i singoli elementi determina infatti il comportamento globale dei *sistemi* e

fornisce loro delle proprietà che possono essere completamente estranee agli elementi singoli. La *scienza* può rilevare le modifiche locali, ma non può prevedere uno stato *futuro* del sistema considerato nella sua interezza (Allan *et al.*, 2011). L'analisi di un sistema adattativo complesso richiede quindi un approccio olistico che a partire dall'analisi della struttura in cui il fenomeno si manifesta, individui i fattori che hanno determinato il fenomeno e la loro interazione/regola evolutiva. Tale approccio si contrappone a quello statico e retrospettivo che si basa in primis sull'analisi delle conseguenze storiche di un rischio, ossia sugli eventi di perdita prodotti dal rischio stesso (i.e. gli effetti del rischio). Al contrario, un approccio di tipo olistico analizza in primis il contesto di riferimento per il fenomeno in esame (i.e. la struttura del sistema) individuando i processi e le loro relazioni per derivare gli eventi di perdita come conseguenze del possibile malfunzionamento di una o più componenti del sistema così individuato. Da tale analisi è possibile estrapolare i fattori che hanno influenza sul verificarsi di un rischio e sulle sue conseguenze. Il monitoraggio e la modellazione delle logiche evolutive di tali fattori guidano nella gestione e nella quantificazione del rischio in esame. Considerare la struttura nella sua essenza significa quindi di fatto recepirne l'evoluzione nel tempo e potenzialmente prevedere rischi emergenti quelli cioè che non hanno mai prodotto eventi di perdita in passato e che quindi non possono essere recepiti da un approccio di tipo retrospettivo.

Lo stato dell'arte nella gestione del rischio sismico. L'approccio e il livello di maturità nella gestione del rischio sismico varia in funzione della rilevanza storica, in termini di frequenza ma soprattutto di impatto, degli eventi sismici nel contesto di riferimento e dalle caratteristiche socio-economico-politiche del contesto stesso. In linea generale, escludendo paesi quali la Nuova Zelanda in cui sono stati adottati strumenti e approcci finalizzati al reale contenimento dei danni causati dal rischio sismico (si veda per maggiori dettagli http://www.csi.net.nz/images/Case_Study-ChristchurchCivicOffices.pdf), l'atteggiamento nei confronti del rischio è sostanzialmente passivo limitandosi di fatto al parziale trasferimento a terzi dei danni economici causati.

Con le esclusioni sopra indicate infatti è possibile rilevare come spesso, e l'Italia ne è un esempio (ANIA, 2011), al di là degli interventi statali di partecipazione ai danni economici derivanti a imprese/cittadini, la sola azione preventiva è il mero trasferimento di una parte del rischio a compagnie di assicurazione. In realtà la sottoscrizione di contratti assicurativi non produce di per sé alcun beneficio in termini di mitigazione assoluta del rischio oltre a non ridurre l'impatto sul cittadino/impresa degli effetti dannosi indiretti o non economici di un sisma (e.g. perdite di vite umane, danni di immagine e strategici conseguenti a blocchi della produzione industriale ecc.).

Danni eventi naturali per area geografica (2012)					
Evento	Luogo	Morti	N. Strutture Colpite	Perdita Economica (\$Miliardi)	Perdita Assicurata (\$Miliardi)
Uragano Sandy	US, Caraibi, Bahamas	254	1.800.000	65 ⁽¹⁾	28,2 ⁽²⁾
Siccità e ondate di calore	US	123	Sconosciute	35 ⁽¹⁾	20 ⁽²⁾
Terremoti	Italia	25	10.000	15,8	1,3
Inondazione	Cina	21	100.000	4,92	0,148

(1) stima provvisoria
(2) totale di assicurazioni private e programmi statali di supporto
FONTE: AQW Benfield

Danni maggiori eventi naturali (2012)					
Area	Numero eventi	Morti	Perdita Economica (\$Miliardi)	Perdita Assicurata (\$Miliardi)	%
Nord America	43	560	118,5	64,6	54,5
America Latina e Caraibi	30	1167	4,2	0,9	21,4
Europa	33	1480	26,8	5,5	20,5
Africa	53	2300	1,5	0,2	13,3
Asia	115	7177	30,5	3,4	11,1
Oceania/Australia	7	97	1,1	0,3	27,3
Acque Internazionali/ spazio	37	1148	3,1	2,4	77,4
Totale	318	13929	185,7	77,3	41,6

FONTE: SwissRe Economic Research and Consulting

Fig. 1 – Danni da eventi naturali.

La Fig. 1 illustra la dimensione del mercato assicurativo globale in rapporto alle perdite registrate in conseguenza di calamità naturali (Swiss Re, 2013; AON, 2012). Dall'analisi dei dati risulta evidente come solo una componente esigua dei danni siano di fatto trasferiti a compagnie di assicurazione attestando quindi che, seppur con le dovute differenziazioni geografiche, persino la più semplice forma di gestione del rischio (i.e. il trasferimento a terzi) è mediamente poco diffusa.

Le ragioni di tale sostanziale passività nei confronti delle conseguenze del rischio sismico vanno ricercate in una complessa combinazione di fattori sociali, economici, politici e geografici. Prescindendo da specificità di contesto è comunque rilevante osservare come spesso l'offerta assicurativa relativa a prodotti assicurativi a copertura dei danni causati dal rischio sismico sia estremamente limitata o comunque condizionata da approcci semplificati di pricing e di gestione delle coperture. Va infatti rilevato che le specificità del rischio sismico hanno impatto significativo anche sulla possibilità per le compagnie di assicurazione stesse di porre in essere politiche di pricing e di gestione assimilabili per sofisticazione, efficienza ed accuratezza a quelle di altre coperture assicurative del loro portafoglio. Una delle principali difficoltà nella identificazione di un pricing robusto risiede nella sostanziale indisponibilità di dati attendibili e completi che aiutino a identificare i parametri di stima dei danni possibili causati da un evento sismico. Ricordando che un premio assicurativo è calcolato sulla base della stima statistico – probabilistica dell'importo atteso di rimborso del contratto, ossia sul prodotto nei diversi istanti di efficacia del contratto tra il valore assicurato e la probabilità che tale valore venga effettivamente liquidato, la sostanziale indisponibilità di modelli predittivi dei danni complessivi conseguenti ad un evento e la impossibilità di determinare la probabilità di un evento sismico di una data magnitudo, in un prefissato luogo in un periodo predeterminato, rendono sostanzialmente inapplicabili modelli di pricing statistico di tipo tradizionale.

Di più, anche ipotizzando di essere in grado di stimare il danno probabile ad un edificio assicurato in un determinato arco temporale, la valutazione complessiva dovrebbe tenere conto della correlazione tra i rischi del portafoglio complessivo che di fatto determinano la natura catastrofale del rischio sismico.

L'applicazione di un pricing robusto che sia strettamente correlato alla rischiosità del rischio assicurato avrebbe in realtà benefici non solo per le compagnie di assicurazione ma fungerebbe anche da incentivo per la gestione efficiente del rischio sismico da parte delle imprese/cittadini in quanto la fattiva mitigazione del rischio sismico si tradurrebbe in una riduzione del premio assicurativo ad esso relativo.

Al contrario, l'indisponibilità di modelli predittivi e dati storici robusti si riflette anche nella normativa di vigilanza (EIOPA, 2013) relativa alla determinazione del requisito patrimoniale minimo relativo a rischi catastrofali.

Vale infine la pena ricordare che un altro aspetto estremamente critico, nel conteso attuale, relativo alla gestione di contratti assicurativi a copertura del rischio sismico è la difficoltà di accertare in tempi brevi l'entità dei danni conseguenti ad un evento sismico per poi procedere alla liquidazione degli indennizzi.

Approccio Enterprise Risk Management e rischio sismico. Ricordando che in una logica di risk management le azioni di gestione del rischio hanno l'obiettivo di ridurre le sue due principali dimensioni: frequenza ed impatto, nel caso del rischio sismico per cui la frequenza non è, escludendo gli eventi conseguenti ad azioni umane, né condizionabile né di fatto prevedibile, ogni azione di mitigazione del rischio deve necessariamente focalizzarsi sulla riduzione dell'impatto del rischio stesso, ossia sul contenimento dei danni conseguenti al verificarsi dell'evento.

È già stato evidenziato come modelli di risk assessment retrospettivi abbiamo dimostrato scarsa efficacia in virtù della eterogeneità di fattori e della predominanza di cigni neri del rischio sismico che deve quindi essere analizzato e gestito in una logica olistica in cui il contesto

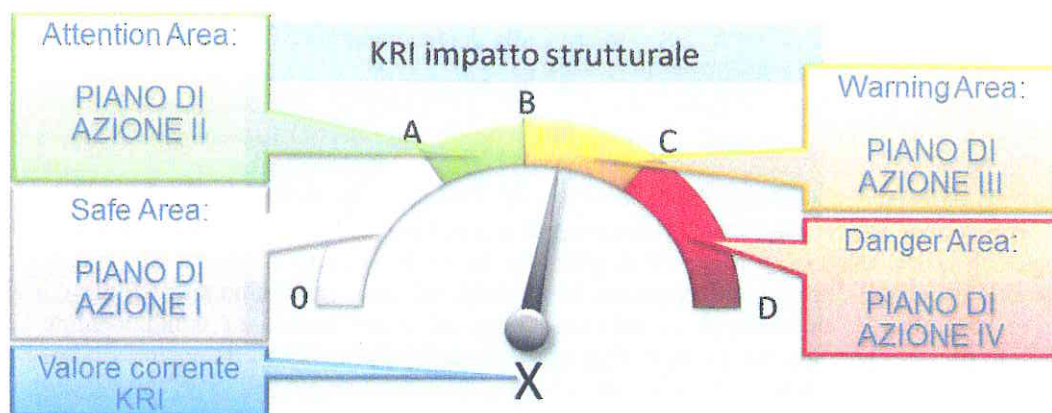
di riferimento è analizzato e modellato in modo da catturare le dinamiche fondamentali che, all'interno del sistema stesso, governano il rischio e le sue conseguenze.

Da un punto di vista operativo, una volta analizzato il contesto in cui il rischio si manifesta e individuati i principali fattori che concorrono a determinare i danni di ogni evento, è necessario identificare per ciascuno di essi parametri che possano fungere da Key Risk Indicators ('KRI' nel seguito), individuare metodi e approcci che consentano di evidenziare con tempestività modifiche nei valori di tali KRI che possano essere rivelatrici di un mutamento nella esposizione al rischio e quindi la necessità di ricorrere a strategie di contenimento dei danni potenziali.

Tale operazione può risultare estremamente complessa: anche prescindendo infatti dalla difficoltà di ponderare i singoli indicatori nonché dalla difficoltà di uniformare in modo oggettivo gli elementi coinvolti nella valutazione (e.g. uniformare perdite di vite umane, perdite pecuniarie, danni artistici, culturali o ambientali) senza introdurre distorsioni soggettive nella valutazione, anche solo l'individuazione dei singoli indicatori di rischio per i diversi fattori coinvolti presenta criticità significative. Perché un indicatore sia infatti utile nella gestione di un rischio è necessario che rispetti certe caratteristiche quali: la rilevanza (i.e. la effettiva correlazione con il fattore cui è connesso), la misurabilità (i.e. la possibilità di essere quantificato e quindi confrontato in istanti temporali differenti), la capacità predittiva (i.e. la capacità di segnalare possibili modifiche all'esposizione futura al rischio) e la semplicità (i.e. la possibilità di essere misurato e monitorato nel tempo con effort accettabile in termini di tempo, costo e risorse).

Tale approccio che costituisce il cuore di un sistema di risk management di fatto non viene adottato nel caso del rischio sismico. Spesso anche le compagnie di assicurazione, nonostante siano i soggetti cui viene trasferito il rischio e quindi teoricamente in grado di misurarlo monitorarlo e gestirlo, non solo non attuano adeguate misure di Loss Prevention come accade per gli altri rischi dei loro portafoglio, ma sono spesso chiamate a rispondere di danni nettamente superiori a quelli considerati nel pricing della copertura.

Va comunque osservato che se da un lato l'individuazione e il monitoraggio di un KRI sintetico unico per il rischio sismico presenta numero difficoltà attuative, è possibile realizzare con un contenuto effort economico – attuativo attività parziali di monitoraggio e contenimento dei danni sismici per mezzo della rilevazione, monitoraggio e gestione automatizzata di singoli KRI. Di più, l'applicazione di tecniche ed approcci di tipo olistico al rischio sismico possono supportare l'adozione di un approccio strategico alle attività di resilienza successive ad ogni evento con evidente beneficio in termini di ripristino della situazione ante-sisma.



Esemplificativo, ottenuto con MillimanGRC di Milliman

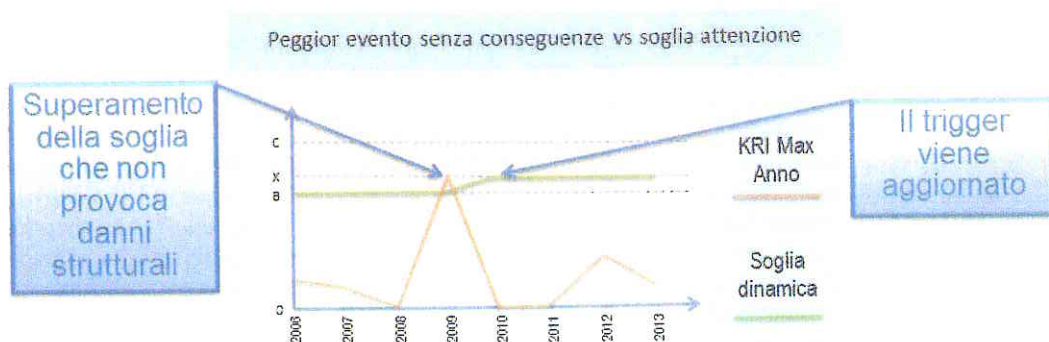
Fig. 2 – Monitoraggio KRI, trigger statici.

A scopo meramente esemplificativo si consideri la Fig. 2 che illustra come l'applicazione di metodi e strumenti gestionali (quale per esempio MillimanGRC di Milliman) di Enterprise Risk Management alle rilevazioni di un Canterbury Seismic Instruments ("CSI" nel seguito - <http://www.csi.net.nz/>) consentano l'attuazione di un piano strategico di gestione delle evacuazioni e dei successivi rientri in edifici collocati in aree in cui si sono verificate una o più scosse sismiche. Limitandosi a considerare in un primo momento la gestione dell'evacuazione di un singolo edificio di fatto è sufficiente individuare, sulla base di considerazioni di carattere strutturale dell'edificio, una serie di valori soglia (nel seguito 'trigger') per il valore (i.e. KRI) individuato dal CSI relativo all'edificio in esame. In corrispondenza a ciascun trigger verranno stabiliti dei piani di azione (e.g. possibile rientro nell'edificio dopo x ore dall'evacuazione etc....). Il sistema di ERM provvederà alla comparazione in tempo reale dell'ultimo valore rilevato dal CSI con tali trigger ed invierà opportune indicazioni operative ai soggetti responsabili della realizzazione del piano di azione corrente. Nel caso specifico della Fig. 2 si è ipotizzato a mero scopo esemplificativo l'individuazione di 4 piani di azione corrispondenti ad altrettanti range di variabilità per il CSI (safe area, attention area, warning area, danger area).

La Fig. 3 esemplifica il monitoraggio del medesimo KRI con le stesse finalità e modalità illustrate in Fig. 2 ma prevedendo il confronto con trigger dinamici che recepiscano, come tipico dei modelli casuali, modifiche nella struttura di riferimento per il rischio per esempio in conseguenza a scosse precedenti.

Il modello sopra indicato può essere esteso applicandolo a tutti gli edifici di una prefissata area geografica al fine di individuare un piano strategico complessivo di gestione delle evacuazioni che alle considerazioni strutturali del singolo edificio associ l'analisi di fattori (e.g. utilizzo del fabbricato, ora, giorno feriale/festivo, presenza di manifestazioni etc..) anch'essi rilevati automaticamente, sintetizzati ed elaborati dal sistema di ERM a supporto delle decisioni strategiche (i.e. definizione priorità di intervento, percorsi, criticità). La possibilità di aggiornare, sintetizzare e comunicare in tempo reale le informazioni ai soggetti responsabili di porre in essere ciascun piano di attività è una esemplificazione di come approcci e strumenti di ERM possano integrare ed efficientare non solo le attività di prevenzione del rischio sismico ma anche e soprattutto quelle di resilienza.

Approcci analoghi a quello sopra evidenziato possono supportare l'efficientamento dell'offerta e gestione di coperture relative al rischio sismico da parte di compagnie di assicurazione.



Esemplificativo, ottenuto con MillimanGRC di Milliman

Fig. 3 – Monitoraggio KRI, trigger dinamici.

Bibliografia

- Allan N., Cante N., Godfrey P., Yin Y.; 2011: A review of the risk of complex systems applied to risk appetite and emerging risks in ERM practice, (London) Institute and Faculty of Actuaries,
 Ania; 2011: Danni da eventi sismici e alluvionali al patrimonio abitativo italiano: studio quantitativo e possibili schemi assicurativi
 AON; 2012: Annual Global Climate and Catastrophe Report – Impact forecasting 2012
 EIOPA; 2013: DOC-13/061 28 - LTGA technical specification (part I)
 Luraschi P., Corrigan J.; 2013: Operational risk modelling framework, Capitolo 6
 Swiss Re; 2013: Sigma No 2/2013
 Taleb N. N.; 2009: Il cigno nero. Come l'improbabile governa la nostra vita

AN ALTERNATIVE APPROACH FOR THE ESTIMATE OF SEISMIC HAZARD: APPLICATIONS TO ITALIAN REGIONS AND COMPARISON WITH THE PRESENT HAZARD MAPS

E. Mantovani¹, D. Babbucci¹, M. Baglione², N. Cenni³, V. D'Intinosante², L. Martelli⁴, C. Tamburelli¹, M. Viti¹

¹ Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente, Università di Siena, Italy

² Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica, Regione Toscana, Italy

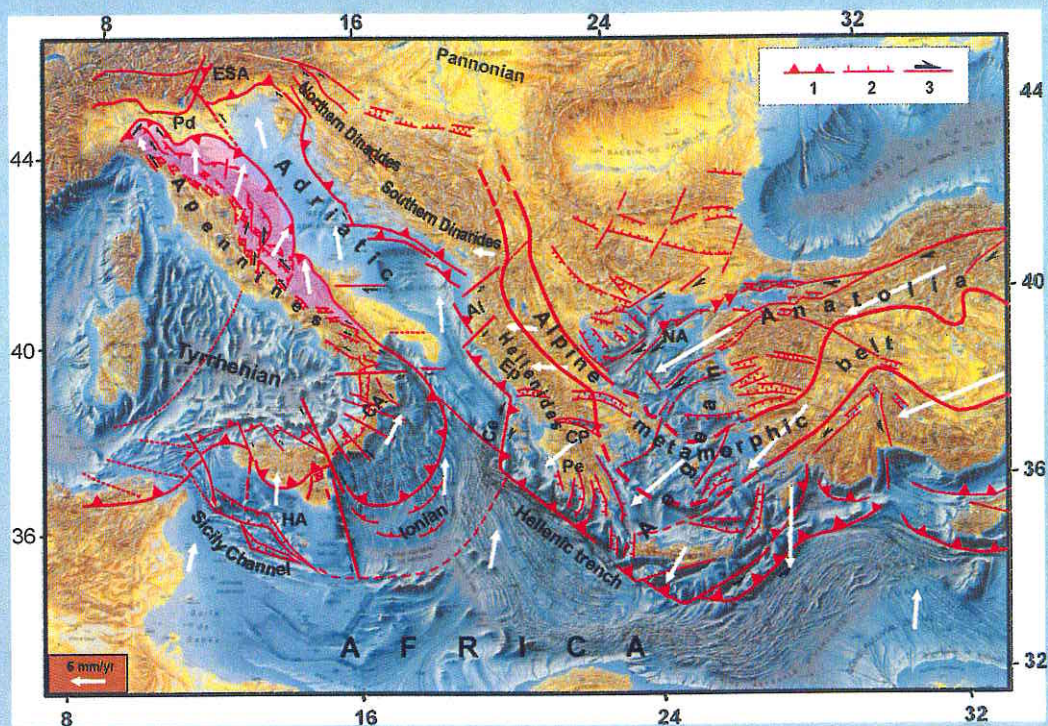
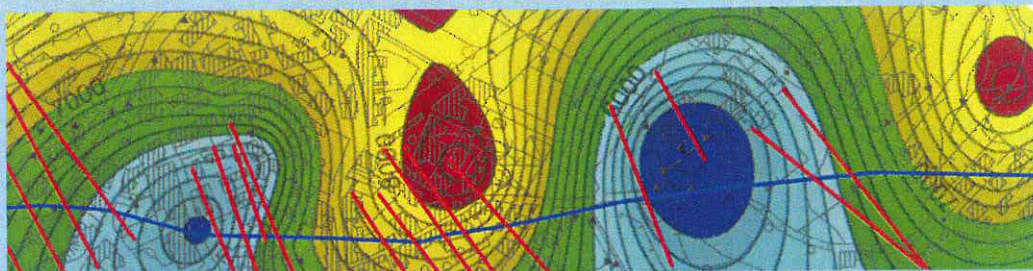
³ Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Italy

⁴ Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, Italy

Introduction. The estimate of seismic hazard in a zone is a scientific objective which has very important social implications. So, any effort must be made to identify the most reliable evaluation, through a critical analysis of the results obtained by different approaches. The hazard maps presently adopted for the mitigation of the seismic risk in Italy are based on the probabilistic approach (PSHA, e.g., Stucchi *et al.*, 2011), whose limitations have been pointed out by several researchers (Albarelo and D'Amico, 2008; Wyss, 2012; Stein *et al.*, 2012; Mantovani *et al.*, 2012, 2013; Viti *et al.*, this volume). A significant example of the major problems cited above can be taken from the present hazard maps concerning the Toscana and Emilia-Romagna Regions (Fig. 1). This result provides that in such Regions the maximum expected intensity (with a exceedence probability of 10% in 50 years) is VIII °MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg scale). This implies that a reasonable defence from earthquakes in those Regions, also considering social and economic criteria, can be obtained by making building able to resist the shaking caused by such intensity. Since the above two Regions have been hit by several shocks with greater intensity (IX and X MCS), the people living in those zones could be worried about the possibility that the PSHA prediction underestimates the real risk.

In our opinion, the above fear can hardly be removed since the reliability of the procedure used to achieve the present hazard maps cannot be evaluated, being based on a number of arbitrary assumptions about the behaviour of seismicity. For instance, the hypothesis that earthquakes are casual and independent events is not compatible with the nature of such phenomenon (e.g., Castanos and Lomnitz, 2000; Mantovani *et al.*, 2012, 2013; Stein *et al.*, 2012). Furthermore, the assumption that the available data set (some centuries long) is representative of the future behaviour of seismicity can hardly be verified, considering that the deformation and the consequent fracturing of rocks has developed over geological times. Thus, the probability that the space-time distribution of earthquakes during the next 50 years will just resembles the one that developed in the last 300-400 years is extremely low (e.g., Swafford and Stein, 2007). On the contrary, it is reasonable to think that in the next 50 years the faults activated in recent times have a low probability of being reactivated.

The above remarks imply that any statistical estimate of seismicity parameters in a given zone (such as return periods, starting time of the seismic cycle, etc.) may be affected by unknown uncertainty, which may reflect in a biased estimate of earthquake probability.



con la sponsorizzazione di:



13° Convegno Nazionale



CODEVINTEC
Tecnologie per le Scienze della Terra

volume

raccolta

ISBN 978-88-902101-7-4 ISBN 978-88-902101-9-8

