

GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE



CONSIGLIO NAZIONALE
DEI GEOLOGI

In questo numero

NTC 2018,
il perché di un ricorso

La Federazione
Europea dei Geologi

Tra Geologia e Storia, un nuovo
approccio per valutare il rischio
sismico delle aree appenniniche

La distribuzione degli effetti
macrosismici dei terremoti del
2016 in Italia centrale

Problemi e soluzioni
in studi di geotecnica e
microzonazione sismica



TRACK PILE[®]

La rivoluzione nel mondo dei micropali

MICROPALI A PRESSIONE PER EDIFICI E STRUTTURE DI NUOVA COSTRUZIONE

BREVETTO EUROPEO DEPOSITATO

TRACK PILE[®] è una tecnologia rivoluzionaria che permette di infiggere i micropali a pressione a profondità elevate e con tempistiche straordinariamente brevi.

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

- Fondazioni di qualsiasi tipologia
- Pavimentazioni industriali
- Manti stradali in calcestruzzo
- Basamenti in cancestruzzo
- Ponti autostradali e ferroviari
- Piste aeroportuali ed eliportuali

SOPRALLUOGHI
E PREVENTIVI
GRATUITI
IN TUTTA ITALIA

Numero Verde
800-222273

novatek.it



UN APPROCCIO COMPLETO AL VOSTRO SERVIZIO

PREMESSA

La nuova normativa per il RICONOSCIMENTO delle nuove sorgenti è contenuta nel Decreto Ministeriale del 10/2/15 pubblicato in G.U n. 50 del 2/3/2015. La legge prescrive che devono essere eseguiti obbligatoriamente gli studi isotopici e deve esserci un monitoraggio secondo precise indicazioni metodologiche. Se la procedura riguarda poi il riconoscimento di una nuova sorgente, nell'ambito di una CONCESSIONE dove esistano già altre sorgenti autorizzate, occorre effettuare il monitoraggio isotopico anche su quest'ultime. L'iter per il RICONOSCIMENTO e il successivo sfruttamento della nuova sorgente presentano sicuramente aspetti che devono essere tenuti ben presenti e che potremmo riassumere nei seguenti.

LE VARIABILI

- Il Calcolo di tutti gli afflussi nell'ambito del bacino, inclusi i corpi idrici e le precipitazioni. Attraverso lo studio

su modello matematico gli isotopi determiniamo la quota media ponderata di ricarica della sorgente.

- La Costruzione di pluviometri e/o manufatti per il prelievo da sottoporre ad analisi isotopica. Prelievi dedicati alle condizioni del cliente ed idonei alla campionatura corretta per evitare evaporazioni indesiderate o "denaturazioni" del campione da analizzare.
- Il Monitoraggio con prelievi mensile delle acque di pioggia da sottoporre ad analisi isotopiche.
- Il Calcolo delle perdite: traspirazione, evaporazione, perdite del bacino-deflussi naturali e prelievi.
- Il Calcolo della quota media isotopica della sorgente.
- Il Modello numerico di bilancio idrico calibrato su base isotopica al fine della determinazione del prelievo sfruttabile ideale.

IDRORICERCHE con le sue competenze e tecnologie si mette a fianco dei geologi del territorio per supportarli pienamente in questo lavoro. In sinergia con il professionista offre al cliente finale la possibilità di raggiungere l'obiettivo prefissato.

IL SERVICE OFFERTO

- Supporto tecnico e amministrativo nell'istanza di domanda di permesso di ricerca.
- Espletamento dell'iter tecnico e autorizzativo per il riconoscimento della nuova sorgente
- Consulenza al fine dello sfruttamento ideale della sorgente
- Preparazione della documentazione necessaria per l'iter autorizzativo della domanda di concessione e l'assistenza nelle fasi autorizzative, sempre in coordinamento col professionista del territorio.

INTERPELLATECI SENZA IMPEGNO PER UN APPROFONDIMENTO



Sede: Loc. Brucco - Fraz. Abrau | 12013 | Chiusa di Pesio | Cuneo - Italia
Tel: + 39 0171.734154 Fax: + 39 0171.730043 | www.idroricerche.com

La sicurezza non ha prezzo.

Strumenti e Tecnologie
per le Scienze della Terra



Photo: Arianna Pesci

Monitoraggio sismico

Sismometri, strong motion, reti early warning ...

Studio del sottosuolo

Georadar, sismica, geoelettrica ...

Ingegneria civile

Georadar 3D, laser scanner, inclinometri ...

Rilievi costieri e fondali marini

Multibeam, SSS, SBP, magnetometri ...

Monitoraggio ambientale

Magnetometri, interferometri da terra ...



CODEVINTEC

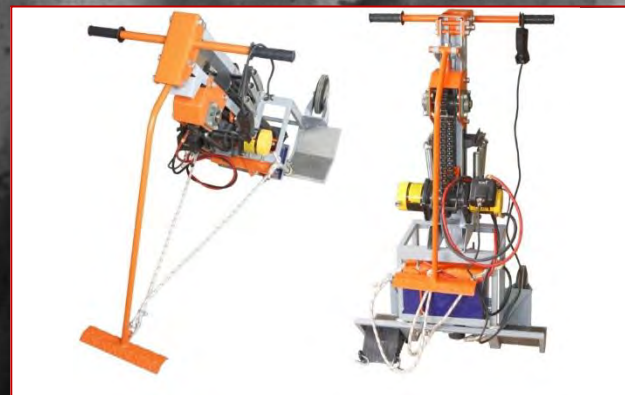
Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | info@codevintec.it | www.codevintec.it

**AMIAMO QUELLO
CHE FACCIAMO.
PER QUESTO
CERCHIAMO DI FARLO
AL MEGLIO.**



STRUMENTAZIONE PER CROSS-HOLE



MARTELLO PER INDAGINI SISMICHE P&S



STRUMENTAZIONE INDAGINI SU PALI



SONDE INCLINOMETRICHE



GEO SURVEYS

geofisica e geotecnica - servizi di indagine, ricerca e sviluppo



INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE IN SITO

INDAGINI SISMICHE ATTIVE

Rifrazione - Riflessione - Down Hole e Cross Hole - Masw

INDAGINI SISMICHE PASSIVE

Re.Mi. - Spac - Esac - HVSR

INDAGINI GEOELETTRICHE

Sondaggi elettrici verticali (SEV) - Tomografie 2D e 3D

INDAGINI GEORADAR

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

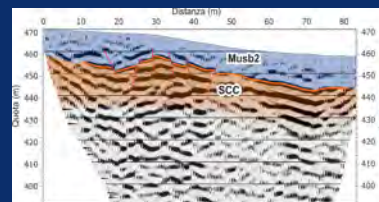
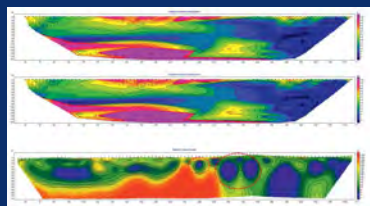
Misure di resistività termica

INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO

Prove penetrometriche statiche (CPT e CPTU) e dinamiche (SCPT)

Campionatore ambientale

Campionatore Shelby



GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE

Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi
N. 1/2018

DIRETTORE RESPONSABILE

Alessandro Reina

COMITATO DI REDAZIONE

Francesco Peduto, Vincenzo Giovine,
Arcangelo Francesco Violo, Raffaele Nardone,
Antonio Alba, Domenico Angelone, Lorenzo Benedetto,
Alessandra Biserna, Adriana Cavaglià, Luigi Matteoli,
Gabriele Ponzoni, Alessandro Reina, Paolo Spagna,
Fabio Tortorici, Tommaso Mascetti

COMITATO SCIENTIFICO

Eros Aiello, Vincenzo Simeone, Guido Giordano, Antonio Martini,
Giulio Iovine, Claudio Mariotti, Sergio Castenetto, Sergio Rusi,
Ezio Crestaz, Alfredo Degiovanni, Francesco Maria Guadagno,
Paolo Fabbri, Rocco Dominici, Domenico Guida, Tiziana Apuani,
Elisabetta Erba, Alessandro Conticelli, Nicola Casagli, Rinaldo
Genevois, Gilberto Panebianchi, Silvia Castellaro, Floriana Pergalani,
Vincenzo Morra, Silvia Fabbrocino, Gabriele Scarascia Mugnozza,
Massimiliano Imperato

SEGRETERIA DI REDAZIONE

Maristella Becattini

maristella.becattini@cngeologi.it

DIREZIONE, REDAZIONE, AMMINISTRAZIONE

Consiglio Nazionale dei Geologi
Via Vittoria Colonna, 40 - 00193 Roma
Tel. 06.68807736 / 06.68807737 - Fax 06.68807742

SITO INTERNET

www.cngeologi.it

UFFICIO STAMPA

Ilenia Inqui
addettostampa@cngeologi.it

PUBBLICITÀ

Agicom srl
Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060 Castelnuovo di Porto (Roma)
Tel 06.9078285 Fax 06.9079256
agicom@agicom.it
www.agicom.it

GRAFICA E IMPAGINAZIONE

Agicom srl
Immagini: ©shutterstock.com

STAMPA

Spadamedia S.r.l.

Iscritto al Registro degli Operatori di Comunicazione (ROC)
al n. 4768. Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 55 del
5 febbraio 1986.

Questa rivista viene spedita a tutti i geologi iscritti agli Ordini
regionali, Enti, Uffici Tecnici interessati e università.

Può essere scaricata online in PDF dal sito **www.cngeologi.it**
Spedizione in abbonamento postale 45%, art. 2, comma 20/b,
legge 662/96 - Filiale di Roma.

Un fascicolo € 16,00 - Numeri arretrati € 18,00.

Versamenti sul c/c n. 347005 intestato a:

Consiglio Nazionale dei Geologi

Via Vittoria Colonna, 40 - 00193 Roma, specificando la causale.

I manoscritti, anche se non pubblicati, non si restituiscono.

*L'Autore dell'articolo è responsabile di quanto in esso contenuto,
delle autorizzazioni alla pubblicazione di figure, tabelle, ecc.,
dei riferimenti e strumentazioni.*

Associato all'USPI, Unione Stampa Periodica Italiana.

GARANZIA DI RISERVATEZZA

L'editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la
possibilità di richiedere gratuitamente la rettifica o la cancellazione, scrivendo a:
Consiglio Nazionale dei Geologi - Via Vittoria Colonna 40, 00193 Roma.

Le informazioni custodite nell'archivio elettronico dell'Editore saranno utilizzate al
solo scopo di inviare la rivista o altre comunicazioni concernenti l'abbonamento
(D.L. 30/6/2003, n. 196, sulla tutela dei dati personali).

PER GLI AUTORI:

Le Norme di Stampa sono consultabili sul sito cngceologi.it, nell'area Rivista.

IN COPERTINA:

Dolomiti, Sesto (BZ)

Foto di: Riccardo Caputo

Sommario

L'Editoriale

A. Reina

9

Il Punto del Presidente

F. Peduto

11

Interventi

G. Ponzoni

15

**La Federazione Europea dei Geologi (EFG):
un'opportunità di lavoro o una curiosità 'esotica'**

Rischio sismico

G. Valensise¹, G. Tarabusi¹, E. Guidoboni, G. Ferrari¹

21

La vulnerabilità dimenticata.

**Tra Geologia e Storia: un nuovo approccio per va-
lutare il rischio sismico delle aree appenniniche**

Rischio sismico

P. Galli

33

**La distribuzione degli effetti macrosismici
dei terremoti del 2016 in Italia centrale**

Rischio sismico

G. Dal Moro

43

**Problemi e soluzioni per la corretta definizione
del profilo Vs (velocità delle onde di taglio)
in studi di geotecnica e microzonazione sismica**

Recensioni

A. Lugo

63

Geologi, Ingegneri, Rabdomanti e Stregoni.

Ricordi, facezie e qualche sassolino dalle scarpe

Porta il **#fresh** surveying nel tuo business con innovazioni uniche e pratiche di GeoMax





Alessandro Reina

Direttore Responsabile

Siamo ad un importante punto di svolta nello sviluppo della nostra professione per diversi motivi. Certamente estremamente interessante è la pubblicazione delle nuove NTC. Come riferisce in maniera esauriente il Presidente Peduto, si erano create molte aspettative nella nuova proposizione del testo delle NTC in tema di prevenzione e quindi di lavoro per i geologi. Di sicuro alcuni articoli chiariscono meglio il ruolo e il contributo del professionista geologo, ma in tanti altri ancora non vengono esplicitati in maniera esaustiva. Ma per un approfondimento circa la linea politica del CNG vi rimando alla lettura dell'articolo del Presidente Peduto.

Nel suo articolo il Consigliere Gabriele Ponzoni illustra le potenzialità delle Federazione dei Geologi Europei. Vi esorto (non soltanto ai giovani geologi) a non sottovalutare la possibilità di iscrivervi alla FEG: si tratta di un panorama non completamente esplorato ma che invece propone e offre scenari molto interessanti per i professionisti geologi.

Questo numero è sostanzialmente dedicato agli aspetti della sismicità del territorio italiano con due articoli imperniati su questo tema.

Gianluca Valensise, Gabriele Tarabusi, Emanuela Guidoboni e Graziano Ferrari, illustrano i significativi risultati di uno studio che porta a conclusioni sui differenti effetti di sismi simili: Amatrice e Norcia condividono la stessa pericolosità sismica ma hanno subito livelli di danno diversissimi. Si ritiene che tali effetti siano da attribuire a una elevatissima vulnerabilità del costruito ad Amatrice, a cui si contrappone una vulnerabilità bassa o molto bassa per gli edifici di Norcia. Aspetto molto interessante però è aver posto in evidenza come tale differenza sembra non essere solo attribuita alla vulnerabilità dei due centri ma anche alla mancanza di memoria storica e quindi di preparazione della popolazione.

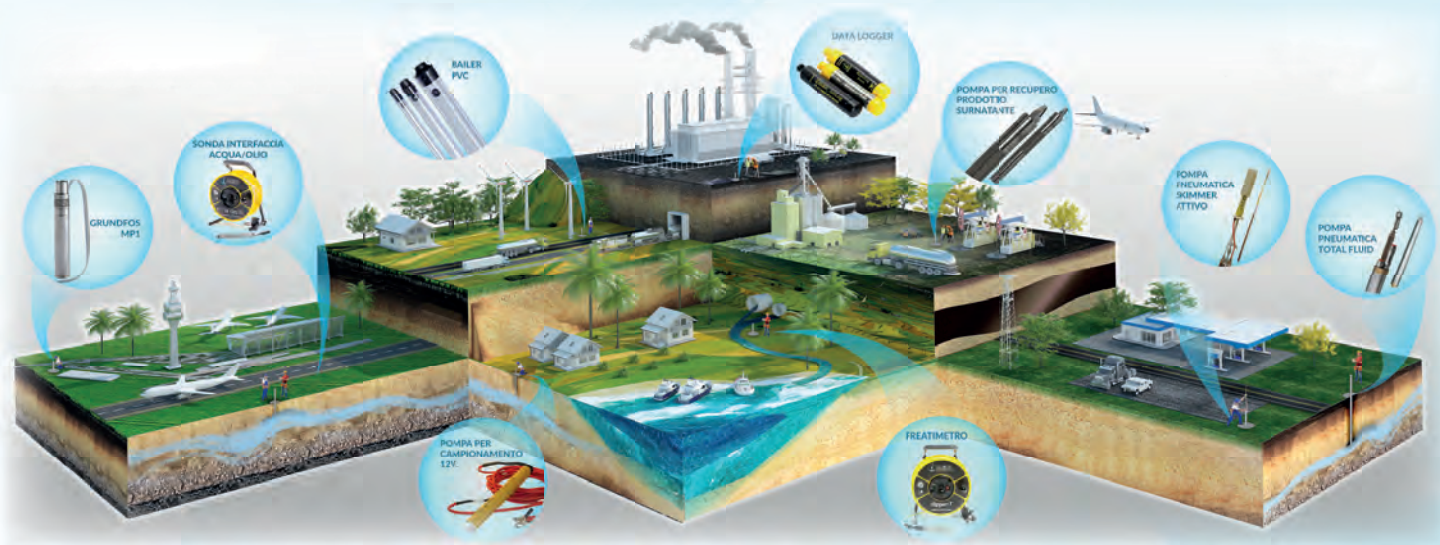
Paolo Galli giunge con il suo lavoro ad una conclusione che apre nuovi scenari di studio: il quadro finale della sequenza del 2016-2017 è risultato catastrofico. Può essere considerato un caso unico nella storia sismica del nostro Paese, quella cioè narrata nei nostri cataloghi sismici. Di fatto, nessun altro evento storico della regione può essere assimilato a questo, né in termini di distribuzione delle intensità macrosismiche né come livello di danno raggiunto. È il primo terremoto in Europa avvenuto su una faglia precedentemente investigata con metodi meramente geologici, che ne avessero preconizzato il luogo e la magnitudo. Da qui ancora una volta si evince l'importanza fondamentale degli studi geologici delle aree sismiche.

Giancarlo Dal Moro (Eliosoft) fornisce un utile contributo ai professionisti geologi con un metodo per la corretta definizione del profilo VS (velocità delle onde di taglio) in studi di geotecnica e microzonazione sismica. La Eliosoft inoltre ci ha fornito inoltre un utile inserto che contempla la descrizione della esecuzione di tutte le indagini geognostiche dirette ed indirette, i documenti da fornire e esempio di computo metrico.

Buona lettura

GRUNDFOS 

HCC
Soil & Water group



Specialisti del Sottosuolo

I migliori prodotti per le bonifiche ambientali



ACQUAGEO 

Valle D'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia,
Emilia Romagna, Trentino Alto Adige, Veneto,
Friuli Venezia Giulia

General Manager: Juska Cudia
Tel. +39 0298 80326
info@acquageo.com

 **ELETTRICA MILLY**

Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia
Basilicata, Calabria, Sicilia

General Manager: Stefano Callori
Tel. +39 0773 523024
callori@elettricamilly.com

SMARTGEO 

Toscana, Umbria, Marche

General Manager: Dario Trojanis
Mobile +39 392 7577735
commerciale@smartgeosrl.com

 **MBT**

Sardegna

General Manager: Mario Armeni
Mobile. +39 366 3280026
marioarmenimbt@gmail.com

www.grouphcc.com

info@grouphcc.com



Francesco Peduto

Presidente Consiglio Nazionale Geologi

NTC 2018, il perché di un ricorso

Dopo una gestazione durata 10 anni, le Nuove **NTC 2018** o, più correttamente, l'Aggiornamento delle **“Norme tecniche per le costruzioni”** del 2008 è stato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018 e dunque sono andate in vigore dal 22 marzo c.a.

Contro queste norme il Consiglio Nazionale dei Geologi insieme a 13 Ordini regionali ha promosso, il 20 aprile scorso, un ricorso al T.A.R. Lazio – Roma per l'annullamento, in parte qua, del decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, di concerto con il Ministero dell'Interno e il Capo Dipartimento della Protezione Civile, del 17 gennaio 2018, recante “Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»”.

Più volte, in queste pagine, vi ho informato dello stato di avanzamento delle norme, dicendo sempre che solo alla fine avremmo tirato le somme e deciso cosa fare, ma andiamo alla storia del percorso di dette norme e al perché è maturato il convincimento di proporre un ricorso.

L'aggiornamento delle norme era già stato approvato dall'Assemblea generale del C.S.LL.PP. nella adunanza del 14 novembre 2014, con il solo voto contrario dell'allora rappresentante del Consiglio Nazionale dei Geologi. Quando nell'autunno del 2016 un delegato dell'attuale CNG riusciva finalmente ad essere nominato in Assemblea C.S.LL.PP., si è trovato di fronte a un vero e proprio disastro per i geologi: le NTC 2008 già erano discutibili e poco condivise dalla nostra categoria, ma la lettura del testo

aggiornato faceva segnare un ulteriore e deciso passo indietro per la geologia, il cui contributo nell'ambito delle costruzioni veniva del tutto banalizzato, relegandola ad un ruolo minimale e marginale come non aveva mai avuto. Con il paradosso che una norma rivista ai fini di incrementare la sicurezza dei territori e del costruito, di fatto non raggiungeva l'obiettivo per la carenza di cultura geologica, con tutto ciò che ne conseguiva in termini di prevenzione e tutela, anche alla luce dei recenti eventi sismici che hanno interessato (in particolare ma non solo) l'Italia centrale. Cito a tal proposito il par. 6.2, laddove recitava “...la progettazione geotecnica delle opere richiede preliminarmente la conoscenza generale del sito...”: la geologia cioè veniva eliminata dalle varie fasi progettuali e il geologo doveva limitarsi a un generico esame del sito interessato in modo avulso dall'opera in progetto!

Questo è solo un esempio, ma la contrazione di conoscenze geologiche era palese e diffusa e non solo nella norma, ma anche nella circolare, che era in stato avanzato sebbene non ancora approvata; vi risparmio, tuttavia, altre “perle” di questo tipo. L'attuale CNG ha ritenuto deleterio e poco produttivo continuare, come in passato, a disertare assemblee e commissioni di lavoro, compresa quella sulla circolare: la banalizzazione della geologia, di cui norma e circolare erano pregne, si spiega anche con l'assenza dai lavori della componente geologica.

Sono iniziate, a quel punto una serie di azioni ed interlocuzioni con i nostri colleghi universitari, con il mondo politico ed istituzionale; tra le tante cose messe in campo, ricordo l'appello del Consiglio Nazionale dei Geologi e dell'intera comunità scientifica geologica trasmesso a tutte le istituzioni e a tutte le forze politiche, affinché la norma venisse rivista.

Le iniziative avviate raggiunsero lo scopo e da parte dell'ing. Sessa, Presidente del C.S.LL.PP., ci fu un'apertura per “aggiustare” qualcosa nella norma sui par. 6.1 e 6.2 (di più diretto interesse per i geologi), tenendo conto che si trattava di un testo già approvato che, di conseguenza, non poteva essere stravolto e per riscrivere i relativi paragrafi della circolare.

Ci siamo affidati, quindi, oltre che al nostro delegato anche a docenti universitari ed esperti (Guadagno, Prestininzi, Scarascia Mugnozza, Simeone, Casagli, Aiello, Berti e Bozzano, sperando di non aver dimenticato nessuno), i quali hanno portato avanti, all'interno del C.S.LL.PP. confronti ed interlocuzioni, tante discussioni difficili e serrate, ma grazie a loro molto è stato corretto e sistemato, soprattutto nella circolare che, tuttavia, ad oggi ancora è in lavorazione e questo ha contribuito, non poco,

nella scelta finale di proporre ricorso.

Già le correzioni alla norma, tuttavia, hanno consentito di far assumere una nuova centralità alla geologia e di fare un passo avanti in direzione della sicurezza delle costruzioni e del territorio: la geologia è diventata la prima fase progettuale, la relazione geologica deve trattare tutte le pericolosità geologiche inclusa quella sismica e deve essere redatta sulla base di specifiche indagini. Questo è stato, a mio avviso, un risultato molto importante, come riconosciuto in sede di discussione sia all'interno del CNG che durante il confronto nella Conferenza dei Presidenti. Era il massimo risultato raggiungibile, in considerazione delle particolari condizioni nelle quali è stato possibile operare, grazie al quale è stato possibile ridare anche un minimo di dignità al lavoro del geologo: questo è un risultato che rivendico a questo CNG, per cui sono davvero grato a tutti coloro che ci hanno dato una mano, senza di loro la geologia era di fatto scomparsa dalle norme ed ora qui staremmo a parlare di altro.

L'aver potuto mettere mano, tuttavia, solo ai par. 6.1 e 6.2 e nemmeno in modo esaustivo, non ha assolutamente risolto tutte le problematiche relative alla geologia insite in tanti capitoli di queste norme, che l'aggiornamento ha in alcuni casi addirittura peggiorato, con tutte le conseguenze immaginabili sulla sicurezza e sulla prevenzione.

Le parti impugnate con la domanda di annullamento, previe misure cautelari, si riferiscono ai paragrafi 2.2.6, 5.1, 6.1.1, 6.2.1, 6.2.2, 6.10, 6.12, 7.11.2, 8.2, 8.3, 8.4, 10.1 e 12, nonché ai paragrafi 3.2.2, 6.4.3.1.1, 7.11.3.4.3. e di quelli contenenti le previsioni simili sotto specificate, delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» pubblicate sul S.O. alla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018 – Serie generale, oltre che ad ogni altro atto presupposto, istruttorio, prodromico, connesso e consequenziale, ove lesivo ed ancorché non conosciuto. I principali motivi di ricorso sono, in sintesi, i seguenti:

- violazione e falsa applicazione della vigente normativa primaria e secondaria, con conseguente eccesso di potere, per carente considerazione o, comunque, inadeguato riconoscimento della figura del geologo quale “progettista specialista” e delle sue specifiche competenze professionali, nonostante l'attuale impossibilità di procedere ad una eterointegrazione delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» così come aggiornate;
- violazione e falsa applicazione della vigente normativa primaria e secondaria, con conseguente eccesso di potere, per carente considerazione o, comunque, inadeguato riconoscimento dell'esigenza di eseguire accurati studi ed indagini geologiche, da trasfondere nella modellazione geologica, geotecnica e sismica, quali ineludibili elaborati di ogni livello di progettazione per le commesse pubbliche, ma anche per i lavori privati, nonostante la suddetta impossibilità di procedere ad una eterointegrazione delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» così come aggiornate anche per tali aspetti;
- violazione e falsa applicazione della vigente normativa primaria e secondaria, con conseguente eccesso di potere, che

impone l'utilizzo dei metodi e dei procedimenti della geotecnica per i calcoli di stabilità del complesso terreno-opera di fondazione nella misura in cui le «Norme Tecniche per le Costruzioni» prevedono l'utilizzo di relazioni, di correlazioni, di metodologie o di altri sistemi simili, non meglio specificati, per le verifiche di sicurezza e stabilità aventi rilevanza geotecnica, anche ai fini sismici.

Quella che viene contestata, quindi, è l'impostazione “di fondo” di una norma che era e resta priva di cultura geologica del territorio e del costruito e chi oggi rappresenta la categoria, come il CNG e la maggioranza degli OO.RR., non ha voluto assumersi una responsabilità innanzitutto “politica” di condividere impostazione e punti salienti della vecchia e nuova normativa, accettando questo aggiornamento delle NTC senza colpo ferire.

Quella presa è stata indubbiamente una decisione difficile e sofferta, come testimonia il fatto che è passata a maggioranza sia in CNG (14 favorevoli, 1 contrario) che in Conferenza dei Presidenti (13 OO.RR. favorevoli, 6 contrari, 1 che non si è pronunciato): sulla scelta di aderire o meno pesano logiche, argomentazioni e giudizi differenti, ma va detto che capisco e comprendo anche le ragioni di quegli OO.RR. che in modo convinto hanno deciso di non aderire.

L'impostazione del ricorso è stata affidata al Prof. Avv. Angelo Clarizia e all'Avv. Otello Emanuele, mediante successiva condivisione con gli OO.RR. aderenti e, ove richiesto, con i loro avvocati fiduciari.

La strada di questo ricorso è particolarmente complessa e da presidente del CNG, insieme al Consiglio, ho il dovere di portare avanti con fermezza le decisioni adottate, assumendomegli oneri e le responsabilità delle eventuali conseguenze.

SCEGLI IL NOSTRO BIM PER LA GEOTECNICA E LA GEOLOGIA

Versioni 2018 compatibili con AGS:
Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists



GEOSTRU TI OFFRE I SOFTWARE PIÙ POTENTI ED AFFIDABILI PER LA TUA PROFESSIONE.

Produciamo software di successo a livello mondiale per numerosi settori professionali. I nostri software sono caratterizzati da un costo molto competitivo e da una qualità garantita da oltre 36.000 installazioni in più di 135 paesi nel mondo. I prodotti GEOSTRU sono caratterizzati da un'estrema facilità d'uso: ogni software risolve uno specifico problema, riducendo i dati di input a quelli strettamente necessari. Inoltre tutti i software sono integrati fra loro con la possibilità di esportare dati da/e per ogni applicazione della suite anche in formato AGS4.

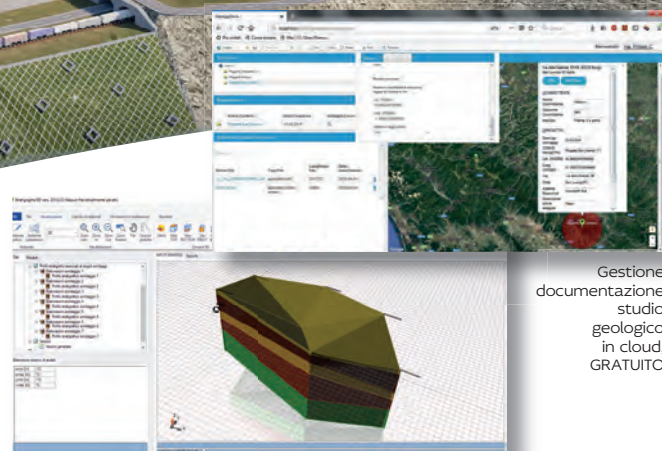
Tutti i prodotti sono pienamente compatibili con Normativa Italiana (NTC) e gli Eurocodici, in particolare l'EC7 per le opere geotecniche, l'EC8 per la sismica e l'EC2/3 per le verifiche strutturali.

Software aggiornati alle NTC 2018



Per i lettori di GTA
in esclusiva un
codice di sconto!

Leggi il QR code



Modellazione geologica 3D

Gestione
documentazione
studio
geologico
in cloud,
GRATUITO

SOFTWARE

Ingegneria - Geologia e Geotecnica - Meccanica delle rocce - Prove in situ - Idrologia e Idraulica
Topografia - Energia - Geofisica - Ufficio

SERVIZI GRATUITI PER I NOSTRI CLIENTI
alla pagina: geoapp.geostru.eu

Corsi GRATUITI certificati in collaborazione con GoMeeting. Visita il sito www.gomeeting.it

NUOVI SOFTWARE IN ARRIVO:

- Risposta sismica locale 2D
- Modellazione geologica 3D
- Gestione documentazione in cloud dello studio geologico (gratuito)

Software, risorse,
info, servizi e offerte
sul nostro sito:
www.geostru.eu



SAREMO PRESENTI AL GEOFLUID 2018 - PAD. 1

Piacenza, 3-6 Ottobre 2018



GEO FLUID

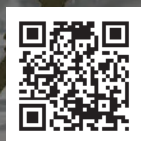
Drilling & Foundations

22^a Mostra Internazionale
delle Tecnologie ed Attrezzature
per la Ricerca, Estrazione
e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

www.geofluid.it



2018 **Mostra Internazionale**
International Exhibition



The most important international
event for Drilling & Foundations



La Federazione Europea dei Geologi (EFG)

un'opportunità di lavoro o una curiosità 'esotica'

Interventi

a cura del **Dott. Gabriele Ponzoni,**

Segretario generale della Federazione Europea dei Geologi e Consigliere del CNG

Con questo breve manoscritto, avrei piacere di poter illustrare ed illustrarVi una possibilità poco conosciuta ai geologi italiani desiderosi di cimentarsi su scenari internazionali. Questa opportunità è data dal conseguimento del titolo di Euro-Geologo rilasciato dalla EFG o European Federation of Geologist, [<https://eurogeologists.eu/>].

Il mio personale percorso su questa opportunità inizia nell'ormai lontano 2011, in Svezia, durante una missione di lavoro; infatti, li sentii parlare per la prima volta della Federazione Europea dei Geologi [EFG] e conobbi alcuni suoi rappresentanti. Era un'esperienza e situazione un po' strana in quanto personalmente non avevo mai avuto notizie sia della sua esistenza e sia del suo ruolo a livello europeo: un ruolo che nel tempo compresi di non essere affatto secondario per le varie federazioni nazionali europee dei geologi, e sia per le strutture dell'unione europea con sede a Brussels. E soprattutto per tutti quei geologi che desiderano esplorare le varie

opportunità di lavoro in giro per il mondo.

Quindi potete facilmente immaginare come lo scoprire l'esistenza di un'organizzazione internazionale atta a promuovere la figura del geologo professionista in ambito europeo, nonché a facilitare la sua possibilità di inserimento in contesti lavorativi esterni al proprio paese natio mi abbia sia entusiasmato per le possibilità in essa racchiuse ma contemporaneamente preoccupato per dovermi adattare a contesti a me completamente ignoti. In pratica la classica situazione di



noi italiani quando usciamo dai nostri contesti nazionali.

Quando in seguito tornai in Italia, iniziai quasi immediatamente a prendere informazioni su tale struttura e nel 2013 presentai la mia candidatura alla commissione del CNG per sostenere l'esame per il titolo di eurogeologo. Infatti l'Italia è uno dei pochissimi paesi della EFG che può gestire in modo autonomo sia il processo di candidatura, tramite la segreteria del CNG di Roma, e sia il relativo iter di "esame"; con l'indubbio vantaggio pratico di non "andare" fino a Brussels e quindi sostenere l'esame in "casa".

Un privilegio che al momento in Italia noi "geologi" sfruttiamo poco, ma tale riflessione la riprenderemo più avanti.

Una volta ottenuto il titolo, e fiero di averlo conseguito, iniziai a muovermi in modo più attivo sia

nei confronti dei colleghi geologi degli altri paesi e sia nei confronti dei vari amici geologi italiani: e scoprii una notevole differenziazione tra noi italiani (che a parte pochissime eccezioni ignoravano totalmente l'esistenza di questo titolo) e i vari colleghi europei.

Infatti, per i geologi professionisti UE, *che ovviamente desiderano lavorare su scenari internazionali*, è praticamente normale conseguire il titolo di eurogeologo. Tale titolo, in breve, attesta che il suo possessore è una persona esperta, (sigla PE), in qualche ramo dello scibile della geologia, (oil & gas, minerario, geotermia, geotecnica **un settore introdotto proprio da noi italiani nel 2017 e ampiamente stimato e riconosciuto come capacità a livello internazionale**, etc.) e di conseguenza certifica anche che, al di là del percorso nazionale seguito dal candidato (e mi riferisco sia alla durata del percorso accademico seguito per l'ottenimento del titolo di laurea o beachelor e sia dalla sua esperienza sul campo o nel mercato del lavoro professionale), il professionista esaminato abbia i requisiti minimi standard per poter operare in quel settore in tutti i paesi europei efferenti alla EFG.

Inoltre, viene data anche molta enfasi sia alla condotta etica del professionista e alla sua capacità di mantenere sempre un comportamento, diciamo adeguato, verso i propri colleghi, e verso la propria collettività: concetti che potete scorrere qui <https://euro-geologists.eu/statutesregulations/> nella **sezione C**, ma che riasunti sinteticamente, mirano a far crescere il ruolo del geologo sia all'interno della società e sia nel mercato del lavoro vero e proprio, dandogli uno spessore di affidabilità e responsabilità.



Infine, anche in Europa, si sottolinea la necessità di mantenere un adeguato aggiornamento professionale continuo con il conseguimento di un numero di crediti formativi annuali minimo; una richiesta che noi italiani, a seguito degli obblighi di legge introdotti negli anni scorsi nel nostro paese, riusciamo a soddisfare senza particolari problemi.

Ma ora torniamo ad esaminare le opportunità che il titolo di Eurogeologo ci può offrire:

- il titolo è spendibile in tutti i paesi che a vario titolo sono presenti nella EFG; a titolo di esempio la federazione russa dei geologi professionisti nel 2017 è rientrata nella EFG e con questo passo permette ai suoi membri, in possesso del titolo suddetto, di poter entrare nel mercato degli altri paesi nel settore di specializzazione dichiarato; tale procedura è tipica dei paesi del nord Europa mentre per i paesi come l'Italia e la Spagna, ove sono presenti degli ordini monitorati dei ministeri occorre un passaggio di validazione ulteriore dato da una commissione specifica, sotto egida del Ministero di Grazia e Giustizia che verifica le qualifiche del candidato; in ogni caso questa procedura di libera circolazione dei professionisti si muove nella direzione voluta dalle strutture centrali di Brussels che in questi ultimi anni stanno analizzando la riforma e ristrutturazione dei professionisti nel mercato UE...
- il titolo inoltre, è anche riconosciuto negli USA, Australia e Sud Africa; occorre sottolineare come tale titolo sia nato

soprattutto per spinta della scuola anglosassone per il mercato minerario e petrolifero e di conseguenza come per “loro” fosse strategico riuscire ad avere un accreditamento verso questi paesi e un riconoscimento dei percorsi professionali europei al fine di favorire le ricollocazioni dei geologi su mercati più ampi e favorirne la mobilità verso i paesi in quel momento maggiormente attrattivi; in ogni caso ad oggi, un possessore del titolo di eurogeologo può abbastanza facilmente entrare nel mercato del lavoro anche di quei paesi senza sostenere ulteriori esami. Un elemento fondamentale sia per i relativi permessi di soggiorno (altrimenti noti col nome di VISA), sia per i trattamenti economici (si evita infatti di essere dequalificati e quindi sottopagati) e sia per essere trattati alla

pari dei propri colleghi locali;

- Il titolo fa parte di un percorso di certificazione: infatti il titolo permette di entrare nel mercato del lavoro EFG con la qualifica di persona esperta, (come già detto in precedenza in un qualche ramo di attività), ma in questi ultimi mesi si sta avviando alla conclusione un altro processo di certificazione professionale in ambito UE atto ad ottenere il titolo di “persona competente”, (sigla PC), e quindi rispondente ai criteri previsti dalla certificazione in ambito internazionale in determinati settori (ad esempio il minerario, il petrolifero, minerali strategici, etc.), con conseguente possibilità di ottenere contratti economicamente più “vantaggiosi e remunerati”.
- Il titolo di eurogeologo sta diventando una qualifica, e richiesta, internazionale abbastanza comune per tutti i paesi extra UE (soprattutto Africa e MENA), che desiderano avere al proprio servizio dei professionisti, indipendentemente dalla nazionalità e che in qualche modo abbiano uno standard riconosciuto; tale titolo risolve il problema (spesso ma non sempre) sia per il professionista e sia per le autorità locali che sovente non riescono a districarsi tra i vari percorsi formativi propri dei vari paesi UE; spesso serve anche ai paesi UE per

stilare degli elenchi di professionisti internazionali arruolabili per progetti internazionali.

All'interno poi della EFG, scoprii, che esistevano (ed esistono!) anche 10 sezioni, che racchiudono dei gruppi di lavoro di specifici detti anche “Pannelli di Esperti”. Essi rappresentano uno strumento potentissimo per riuscire a far arrivare la voce dei 45.000 geologi europei, (mediante vari mezzi) all'interno dei vari media, della società e degli ambienti politici nazionali e europei di Brussels.

In tal modo, la nostra categoria professionale, oltre a *difendere i propri spazi di mercato* sempre più contesi da altri gruppi professionali ed erosi negli ultimi anni dalla crisi economica che c'è stata, riesce a generare una maggiore visibilità attuando dei processi di sensibilizzazione “politica” atti a generare *nuove tematiche di lavoro strategiche* per la sostenibilità ambientale/industriale della società europea in una visione di crescita di medio e lungo periodo.

Lo sforzo così attuato, e cioè con l'unione e sinergia di tutte le federazioni nazionali, permette un'azione molto più incisiva sia verso i legislatori europei e sia verso i programmi di ricerca e finanziamento promulgati dalle varie commissioni e DG UE potenzialmente interessanti per i geologi e le loro possibilità di impiego e di lavoro nonché anche verso le direttive legislative europee.

Ma torniamo ora al titolo di eurogeologo e alle sue potenzialità in modo da concludere questa breve e sintetica presentazione.

La mia personale opinione (e ci tengo a sottolineare il termine personale), è che nei prossimi anni, anche attraverso la sempre più probabile riorganizzazione degli ordini professionali, (una ristrutturazione attualmente in incubazione a Brussels e oggetto di un dibattito internazionale accesissimo), mediante direttive UE tendenti alla generazione di un mercato unico del lavoro omogenizzato, questo **titolo sarà uno strumento quasi essenziale** per restare competitivi ed evitare emarginalizzazioni a fronte di colleghi stranieri abituati a sistemi di mercato maggiormente aperti e dinamici con anche organizzazioni di studi professionali più articolati e grandi.

Nel sito del CNG, <http://www.cngeologi.it/home-fegefg/>, potrete trovare tutte le informazioni e i moduli per presentare la vostra candidatura e i format da compilare; in ogni caso per ulteriori dubbi potete telefonare alla segreteria centrale del CNG che vi può fornire ulteriori informazioni e delucidazioni.



www.indago-rovigo.it

Società accreditata per corsi APC

Distributore per l'Italia



ABEM | MALÅ



geotomographie



W&R
instruments s.r.o.



Geophex, Ltd.



ABEM WalkTEM IL TEM AVANZATO RESO SEMPLICE

Abem WalkTEM misura il transiente elettromagnetico in modo rapido e preciso. Il suo funzionamento è reso semplice grazie ad una interfaccia intuitiva.

Consente di effettuare indagini profonde in tempi brevi.

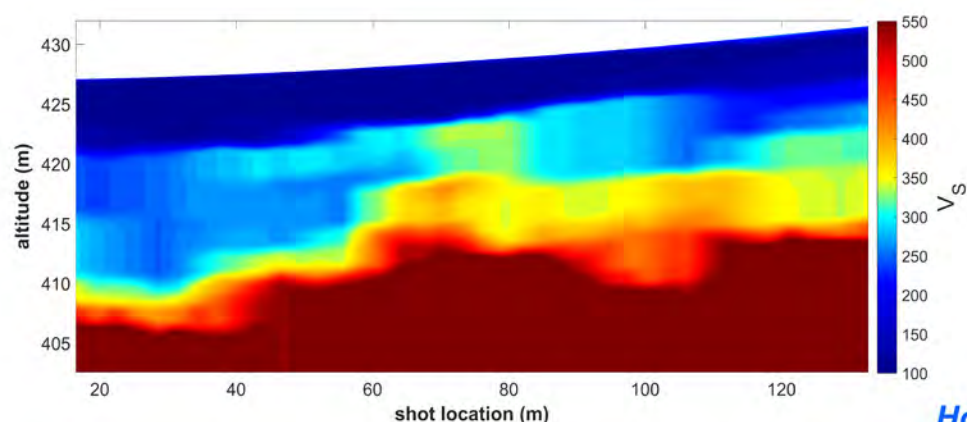


winMASW[®]

HoliSurface[®]

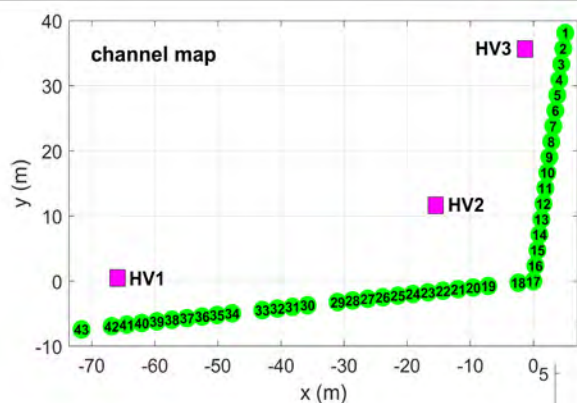
**Disponibili le *release* aggiornate alle NTC 2018
con nuovi e sempre più sofisticati strumenti di analisi**

**Elaborazione dati conto terzi per l'esplorazione di vaste aree a fini
geotecnici (ADAM-2D) e la caratterizzazione sismica di sito (RSL)**

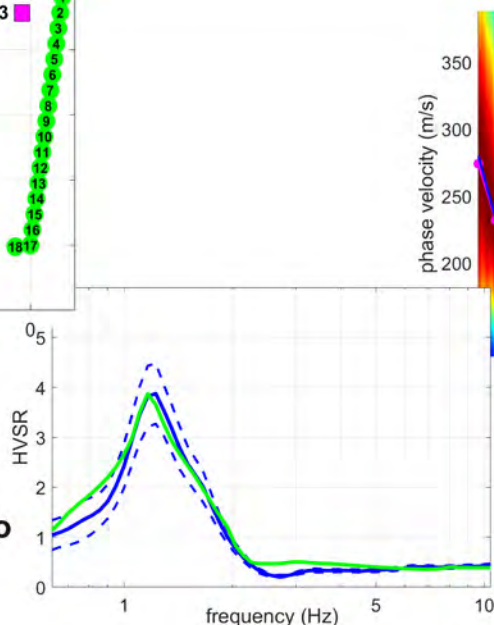


**Sezione 2D delle Vs da
analisi congiunta della
componente verticale (Z),
radiale (R) e della
superficie RPM offset-
frequenza (Rayleigh-wave
Particle Motion)**

**Possibile sia con approccio
HoliSurface[®] che con *winMASW[®]***



**Analisi congiunta ESAC (curva
effettiva) + HVSR medio ottenuto
dalle curve identificate in tre
diversi punti dell'array ESAC**



✓ software applicativi
per *tutta* la sismica

✓ sistemi di acquisizione
personalizzati

www.winmasw.com

info@winmasw.com

✓ servizi di acquisizione
e/o elaborazione dati

✓ ricerca e sviluppo,
training, consulenze

La vulnerabilità dimenticata

Tra Geologia e Storia: un nuovo approccio per valutare il rischio sismico delle aree appenniniche

di **Gianluca Valensise¹**, **Gabriele Tarabusi¹**, **Emanuela Guidoboni²** e **Graziano Ferrari¹**

¹INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Roma

²EEDIS - Centro euro-mediterraneo di documentazione Eventi Estremi e Disastri - Spoleto

1) 24 agosto 2016: ore 3:36

Senza alcun preavviso e senza scampo: in una notte di fine estate un terremoto di magnitudo 6.0 (M_w) distrugge Amatrice e diverse altre località in un'area abbastanza vasta al confine tra il Lazio, l'Umbria, le Marche e l'Abruzzo. Un territorio aspro, di difficile accessibilità, caratterizzato da una economia per lo più marginale e da una cronica tendenza allo spopolamento, con poche eccezioni (Figura 1).

Il terremoto causa 299 vittime, di cui 238 nella sola Amatrice. Seguiranno altre forti scosse: il 26

ottobre non lontano da Ussita e Visso, con M_w pari a 5.9; il 30 ottobre vicino a Norcia, con M_w pari a 6.5; e il 18 gennaio 2017 vicino a Campotosto, con varie scosse, di cui la più forte di M_w 5.5. Gli Italiani reagiscono con il consueto slancio, e si prodigano per fare avere soccorsi e solidarietà ai terremotati. Sono dispiaciuti e preoccupati, ma non sorpresi. Già solo la storia degli ultimi 150 anni dopo l'Unità d'Italia ci parla di un terremoto distruttivo in media ogni quattro anni e mezzo, quasi sempre accompagnato da lutti e da gravi conseguenze economiche (per dati di maggior dettaglio il lettore può far riferimento a GUIDOBONI & VALENSISE,



Figura 1 – Vedute aeree di Amatrice (sinistra) e Norcia (a destra), riprese all'inizio del novembre 2016. Ad Amatrice per la scossa del 24 agosto è stato assegnato un X-XI grado della scala MCS contro il VI di Norcia. Dopo la scossa del 30 ottobre Amatrice è salita all'XI; Norcia, che si è trovata molto vicina a questa seconda e più forte scossa, è salita all'VIII-IX. Complessivamente gli effetti cumulati delle tre scosse più forti hanno lasciato ben pochi edifici in piedi ad Amatrice; al contrario Norcia appare decisamente poco danneggiata, con la sola importante eccezione della chiesa di San Benedetto (di cui si vede bene la facciata, ancora in piedi). Eccezionale la prestazione del Palazzo Comunale e della relativa torre, edifici rinforzati in modo evidentemente efficace dopo i terremoti che hanno colpito Norcia nel 1859 e nel 1979.

2011). Del resto, è normale che in un paese geologicamente giovane e così centrale nell'agone geodinamico del Mediterraneo centrale - terreno privilegiato della contesa tra le placche Africana ed Europea - i terremoti si susseguano con una regolarità e con una frequenza impressionanti.

C'è però una caratteristica della sismicità italiana che sembra differenziarla, purtroppo in peggio, rispetto a quella di quasi tutto il resto del pianeta: il rapporto tra la magnitudo dei terremoti e i loro effetti, sia in termini di danneggiamento sia - inevitabilmente - in termini di vittime. In parole semplici, un terremoto di M_w 6.0, che in Italia causa un disastro come quello a cui abbiamo assistito, determina danni molto minori nella maggior parte delle aree sismiche del mondo, fino al punto da passare quasi inosservato, anche se localizzato in terraferma. A sfavore della maggioranza dei terremoti italiani gioca sicuramente la relativamente modesta profondità ipocentrale - basterà ricordare le vittime e i danni causati il 21 agosto del 2017 a Casamicciola da un terremoto di magnitudo compresa tra 3.6 e 4.0 ma con ipocentro a meno di 2 km di profondità. Ha pesato certamente la concentrazione di popolazione causata dalla vocazione turistica della zona. Ha pesato ancora il fatto che il terremoto sia avvenuto a notte fonda e senza essere stato preceduto da scosse premonitrici, provvidenziali in tanti forti terremoti del passato.

Il terremoto del 24 agosto 2016 dunque ci ha brutalmente ricordato che l'Italia è piena di centri abitati estremamente vulnerabili, che possono essere cancellati da un terremoto di M_w 6.0 con gravi perdite di vite umane. C'è però un elemento fortemente dissonante in questa prima disamina di cosa rende più luttuosi e dannosi i terremoti italiani, e in particolare quello del 24 agosto 2016. Lo dimostra con immediatezza il confronto proposto in Figura 1, che mostra l'evidente differenza nell'entità del danneggiamento subito da Amatrice e da Norcia. Le due immagini testimoniano anche agli occhi dei non addetti ai lavori che quel

terremoto ha tracciato una vera linea di demarcazione tra le diverse località colpite dalle tre scosse principali della sequenza del 2016-2017.

È proprio la forte differenza nella risposta sismica di Amatrice e di Norcia a seguito dei terremoti della sequenza 2016-2017 che ci ha spinto a cercare di capire se esistono motivazioni più complesse della semplice presa d'atto della differenza nella qualità dell'edificato tra queste due località. In altre parole, abbiamo cercato di capire se questa differenza è in buona misura casuale, o se invece ha una spiegazione che può essere generalizzata all'edificato storico di altre aree del paese, e potenzialmente dell'Italia intera. La ricerca è stata avviata nei primi mesi del 2017 dagli autori di questa nota, e i risultati sono stati pubblicati in un articolo apparso su *International Journal of Disaster Risk Reduction* (VALENSISE *et alii*, 2017), al quale si rimanda il lettore per una trattazione più esaustiva del tema.

2) Anatomia di una catastrofe

Cosa è successo effettivamente nell'area colpita dai terremoti del 2016-2017, e in particolare ad Amatrice e Norcia? Per capirlo procediamo con ordine, partendo dalla pericolosità sismica che caratterizza le due località. Come era facile immaginare, viste le ridotte dimensioni dell'area di cui ci stiamo interessando, la mappa di pericolosità MPS04 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>; Figura 2), che è alla base della normativa vigente per le costruzioni in zona sismica, mostra che la pericolosità di Amatrice e Norcia è molto simile, probabilmente indistinguibile. Una mappa di pericolosità descrive la propensione dei sistemi tettonici a causare livelli di scuotimento sismico nei diversi territori e la frequenza nel tempo con cui possiamo attenderci che tali livelli siano raggiunti: ma per definizione non è in grado di valutare quali saranno gli effetti di tale scuotimento sull'edificato, per prevedere i quali è necessario valutare il rischio sismico delle diverse aree. Su questo torneremo tra poco.

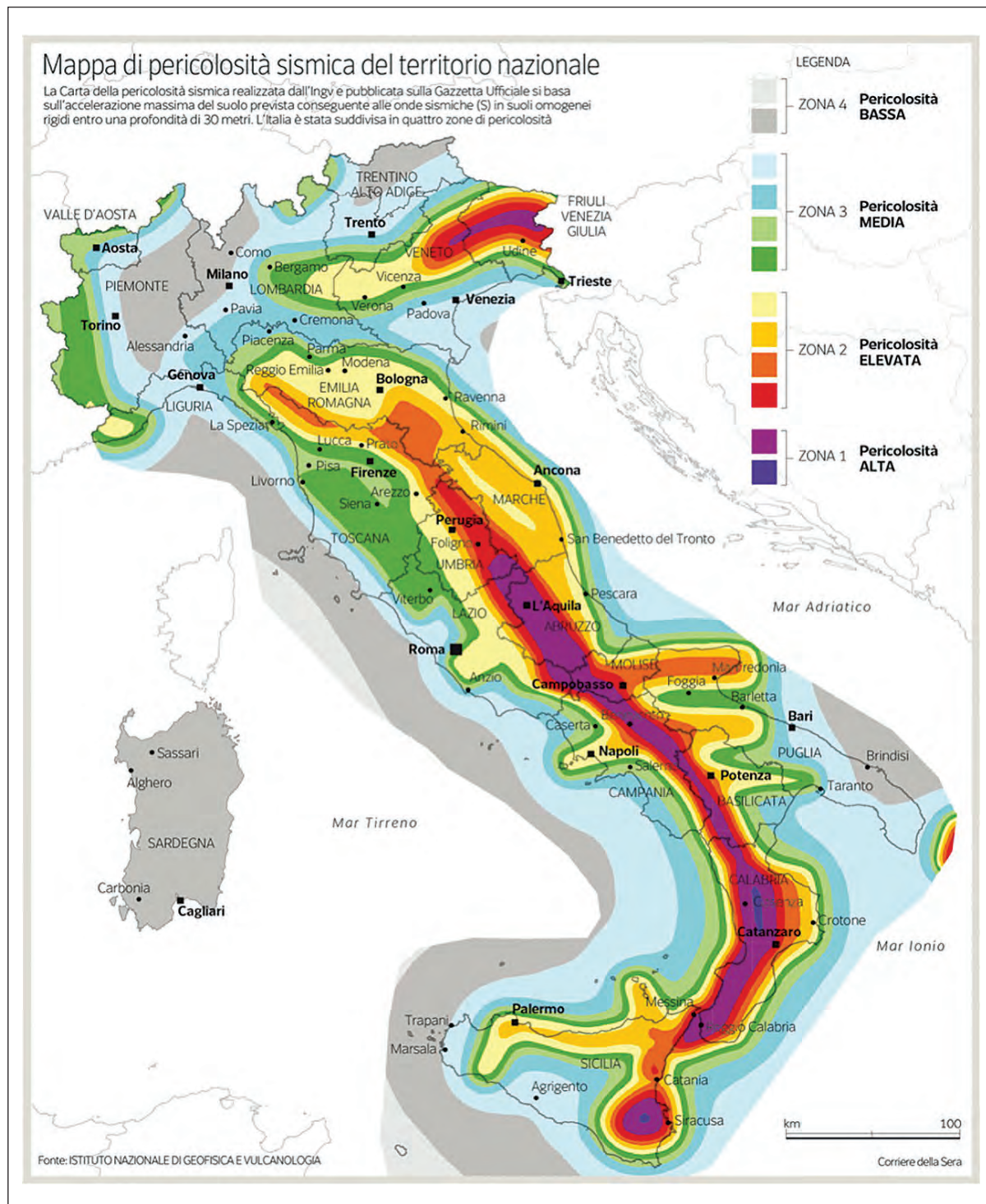


Figura 2 – Mapa di pericolosità sismica MPS04, alla base della normativa sismica vigente, ridisegnata dal “Corriere della Sera”. Fonte: INGV - <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.

Data (aaaa-mm-gg)	Fonte	Area epicentrale	Dati di intensità	Intensità epicentrale	Mw	Intensità Amatrice	Intensità Norcia
1328 12 04	CFTI	Valnerina	13	X	6.4	---	X
1599 11 06	CFTI	Valnerina	20	IX	6.0	---	VIII
1639 10 08	CFTI	Monti della Laga	17	X	6.1	IX	---
1639 10 15	CFTI	Monti della Laga	15	X	6.2	VIII-IX	---
1646 04 28	DBMI	Monti della Laga	10	IX	5.9	VIII	---
1672 06 08	DBMI	Monti della Laga	10	VII-VIII	5.3	VII-VIII	---
1703 01 14	CFTI	Appennino umbro-reatino	199	XI	6.7	IX	X
1703 01 16	CFTI	Appennino umbro-reatino	22	VIII	6.0	VIII	VIII
1706 11 03	CFTI	Maiella	99	X-XI	6.8	VII	---
1719 06 27	CFTI	Alta Valnerina	16	VIII	5.5	---	VIII
1730 05 12	CFTI	Valnerina	115	IX	5.9	VII-VIII	IX
1815 09 03	CFTI	Valnerina	24	VIII	5.5	---	VII
1859 08 22	CFTI	Valnerina	18	IX	5.8	---	IX
1879 02 23	CFTI	Valnerina	15	VIII	5.6	---	VIII
1883 11 07	DBMI	Monti della Laga	4	VII	5.1	VII	---
1903 11 02	DBMI	Valnerina	33	VI	4.8	V-VI	VI-VII
1915 01 13	CFTI	Marsica	860	XI	7.0	VI-VII	V
1916 11 16	CFTI	Appennino umbro-reatino	40	VIII	5.5	VII	VI
1950 09 05	DBMI	Gran Sasso	386	VIII	5.7	VII	VI
1963 07 21	DBMI	Monti della Laga	11	VII	4.7	VII	---
1971 10 04	DBMI	Valnerina	43	V- VI	4.5	---	VI-VII
1979 09 19	CFTI	Valnerina	694	VIII-IX	5.8	VI-VII	VIII
1997 09 26(a)	CFTI	Appennino umbro-marchigiano	760	VII-VIII	5.6	V-VI	V-VI
1997 09 26(b)	CFTI	Appennino umbro-marchigiano	891	VIII	5.7	V	VI
1997 10 14	CFTI	Valnerina	786	VII-VIII	5.5	V-VI	VI

Tabella 1 – Storie sismiche di Amatrice e di Norcia. Sono riportati tutti i valori di intensità MCS > V per almeno una delle due località. I dati sono tratti dal catalogo CFTI4Med (Guidoboni et al., 2007), ad eccezione di alcuni eventi minori per i quali è stato utilizzato il DBMI15 (Locati et al., 2016). (a) scossa delle 00.33 UTC; (b) scossa delle 09:40 UTC. Il simbolo “---” indica che il dato è assente.

Il secondo elemento da considerare è lo specifico terremoto. La pericolosità sismica valutata a scala nazionale non è in grado di prevedere anche la variabilità del moto del suolo causato dalle caratteristiche della sorgente sismica; una variabilità che a sua volta rispecchia il fatto che ogni terremoto è per alcuni versi un *unicum*. Queste caratteristiche possono influenzare fortemente la distribuzione del danno, e allo stesso tempo è quasi certo che le cose andranno almeno in parte diversamente quando verrà il prossimo terremoto,

anche se a generarlo sarà esattamente la stessa faglia che ha generato quello precedente. Amatrice e Norcia sorgono quasi alla stessa distanza dalla faglia che ha generato il terremoto del 24 agosto 2016, e gli accelerogrammi della scossa registrati in due stazioni poste proprio nei due centri abitati mostrano che anche il livello dello scuotimento subito è stato confrontabile, in effetti appena più severo ad Amatrice. Il terremoto del 30 ottobre, più forte e localizzato molto più vicino a Norcia, ha riequilibrato la situazione, facendo registrare

in questa località uno scuotimento leggermente più severo rispetto a quello subito da Amatrice.

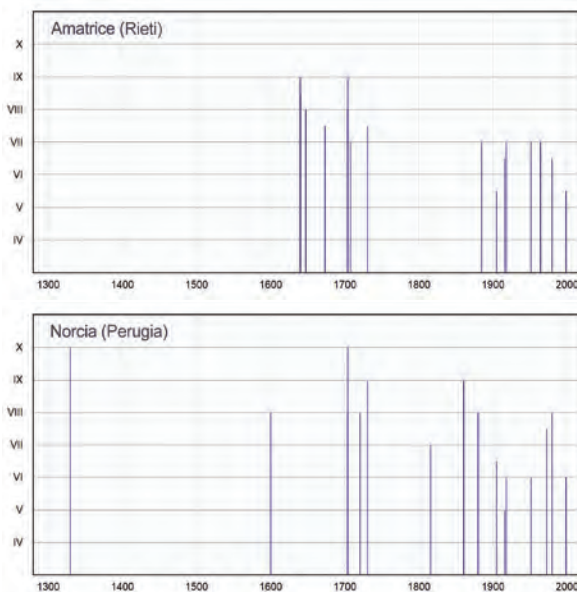
La distribuzione del danno è poi influenzata in modo anche sostanziale dai cosiddetti “effetti di sito”, amplificazioni locali del moto del suolo dovute alla variabilità della geologia di superficie, e in particolare alle differenze di velocità di propagazione delle onde sismiche nei livelli più superficiali. Queste amplificazioni tendono a ripetersi uguali a sé stesse, con una piccola variabilità in funzione della provenienza delle onde sismiche e di alcune caratteristiche della sorgente. Studi di microzonazione preliminari hanno però già mostrato che Amatrice non ha sofferto di amplificazioni locali molto significative, quantomeno non rispetto a Norcia (Figura 3).

È quindi quantomeno sorprendente il fatto che secondo GALLI *et alii* (2016) la scossa del 24 agosto ha causato ad Amatrice effetti dell’X-XI grado MCS (la celebre scala Mercalli, poi modificata da Cancani e da Sieberg), mentre a Norcia è stato assegnato solo un VI grado. Con la scossa del 30 ottobre gli effetti sono saliti al grado XI per Amatrice e al grado VIII-IX per Norcia (TERTULLIANI & AZZARO, 2016). La differenza è quella che esiste tra un centro abitato praticamente scomparso dalla carta geografica - Amatrice - e un altro - Norcia - che non ha dovuto piangere alcuna vittima e che, sia pure molto lentamente, sta tornando alla normalità. Un terremoto di M_w 6.5 che non causa vittime e che determina danni relativamente limitati in un centro distante meno di 10 Km dall’epicentro è un caso probabilmente unico nella storia sismica dell’Italia, anche se ovviamente va considerato che questo evento ha colpito una zona già messa a dura prova dalla scossa del 24 agosto.

3) Una ipotesi di lavoro

Dunque Amatrice e Norcia condividono la stessa pericolosità sismica e sono state sollecitate in modo non dissimile dai terremoti della sequenza

Figura 3 – Rappresentazione grafica delle storie sismiche di Amatrice e Norcia, ottenute a partire dai dati della Tabella 1.



del 2016-2017, ma hanno subito livelli di danno diversissimi. Questa circostanza è stata rimarcata fin da subito non solo da alcuni sismologi, ma anche da giornalisti e commentatori. Noi abbiamo ipotizzato che questa forte differenza nella risposta sismica di queste due località-simbolo dei terremoti del 2016 sia da attribuire a una elevatissima vulnerabilità del costruito ad Amatrice, a cui si contrappone una vulnerabilità bassa o molto bassa per gli edifici di Norcia, inclusi quelli storici (a esclusione della Basilica di San Benedetto e di alcune altre chiese, che hanno una loro storia e vulnerabilità particolari). Quindi, anche se la pericolosità sismica è simile per le due località, il loro livello di rischio sismico è molto diverso: la differenza la fa appunto la vulnerabilità.

Per comprendere queste diverse realtà abbiamo analizzato accuratamente la storia sismica delle due località (Tabella 1 e Figura 3), giungendo alla conclusione che ciò che ha salvato le case di Norcia è stata la spiccata “familiarità” della comunità locale con i forti scuotimenti, ossia con risentimenti di VIII grado e superiore, che impongono

la ricostruzione totale o parziale di quasi tutti gli edifici. Questa esperienza è invece mancata ad Amatrice. Infatti dopo il devastante terremoto del 1703 – un *cluster* di tre forti terremoti, che rappresenta l'anno zero per entrambe le località – Norcia ha subito diversi terremoti distruttivi, fino a quello del 1979, ognuno dei quali ha reso necessaria la ricostruzione di alcuni edifici e l'irrobustimento di altri. Questo non è avvenuto ad Amatrice, che dal 1703, ovvero in un arco di oltre tre secoli, ha subito solo terremoti minori, oppure eventi forti ma con epicentro sufficientemente distante da non mettere mai veramente alla prova la solidità del costruito. Quello del 2016 è stato quindi una sorta di “test differito”, i cui risultati sono purtroppo sotto gli occhi di tutti.

Ci siamo allora chiesti: quante altre “Amatrice” esistono in Italia? È possibile valutare la situazione con un metodo chiaro, evitando soggettivismi e fatalismi e utilizzando i molti dati che la comunità scientifica ha già elaborato e reso disponibili? Per scoprirlo abbiamo posto come ipotesi di lavoro che la vulnerabilità dei centri abitati storici cresca al crescere del tempo trascorso dall'ultima ricostruzione sismica. Nella nostra ipotesi il tempo controlla la vulnerabilità dell'edificato in diversi modi indipendenti tra loro, ma i cui effetti possono sommarsi:

- gli edifici più vecchi sono stati costruiti in assenza di normativa, o con una normativa insufficiente per la reale pericolosità del luogo;
- gli edifici più vecchi sono mediamente meno resistenti di quelli più moderni;
- gli edifici più vecchi sono più suscettibili di essere stati indeboliti da una manutenzione ridotta o assente, ed è maggiore la probabilità che abbiano subito alterazioni e superfetazioni;
- il tempo trascorso dall'ultimo forte terremoto (intensità VIII o maggiore) causa una vera e propria smemorizzazione e una perdita di consapevolezza nella popolazione, agendo da freno per il miglioramento dell'edificato storico.

A questo va aggiunto che se una faglia sismogenica è stata quiescente per secoli, la sua probabilità di causare un terremoto distruttivo aumenta molto rispetto a una faglia che ha generato un forte terremoto in epoche relativamente recenti.

4) Un ranking della vulnerabilità dei comuni appenninici

Utilizzando due grandi banche-dati dell'INGV, il *Database of Individual Seismogenic Sources* (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>; BASILI *et alii*, 2008; DISS Working Group, 2015) e il *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia* (GUIDOBONI *et alii*, 2007: da poco disponibile in una versione aggiornata denominata CFTI5Med: <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>) (Figura 4) abbiamo dapprima identificato i comuni che ricadono sulla proiezione in superficie delle grandi faglie sismogeniche dell'Appennino e che dunque sono sicuramente suscettibili di subire forti scuotimenti nella loro storia. Una terza banca dati usata è quella ISTAT, dalla quale abbiamo estratto i dati sulla popolazione e l'incidenza e tipologia degli edifici costruiti prima del 1918, ovvero almeno centenari. Per ragioni di accuratezza dei dati disponibili l'analisi ha riguardato esclusivamente la dorsale appenninica, circa 1.000 km dalla Liguria orientale alla Calabria, che da sola rilascia circa il 70% del momento sismico complessivo della nostra penisola, ma questo stesso metodo può essere esteso a tutte le altre aree sismiche dell'Italia (Figura 4).

Abbiamo così selezionato 716 comuni (intendendo aree comunali con le loro frazioni), per ognuno dei quali abbiamo analizzato la storia sismica, verificando quanto distante nel tempo sia l'ultimo terremoto distruttivo subito. I comuni sono stati ordinati partendo da quelli per i quali non si hanno informazioni di danni sismici - o perché non li hanno ancora subiti, o perché non sono noti - e che quindi possono essere massimamente vulnerabili e impreparati, e procedendo fino a quei comuni che avendo subito forti terremoti in

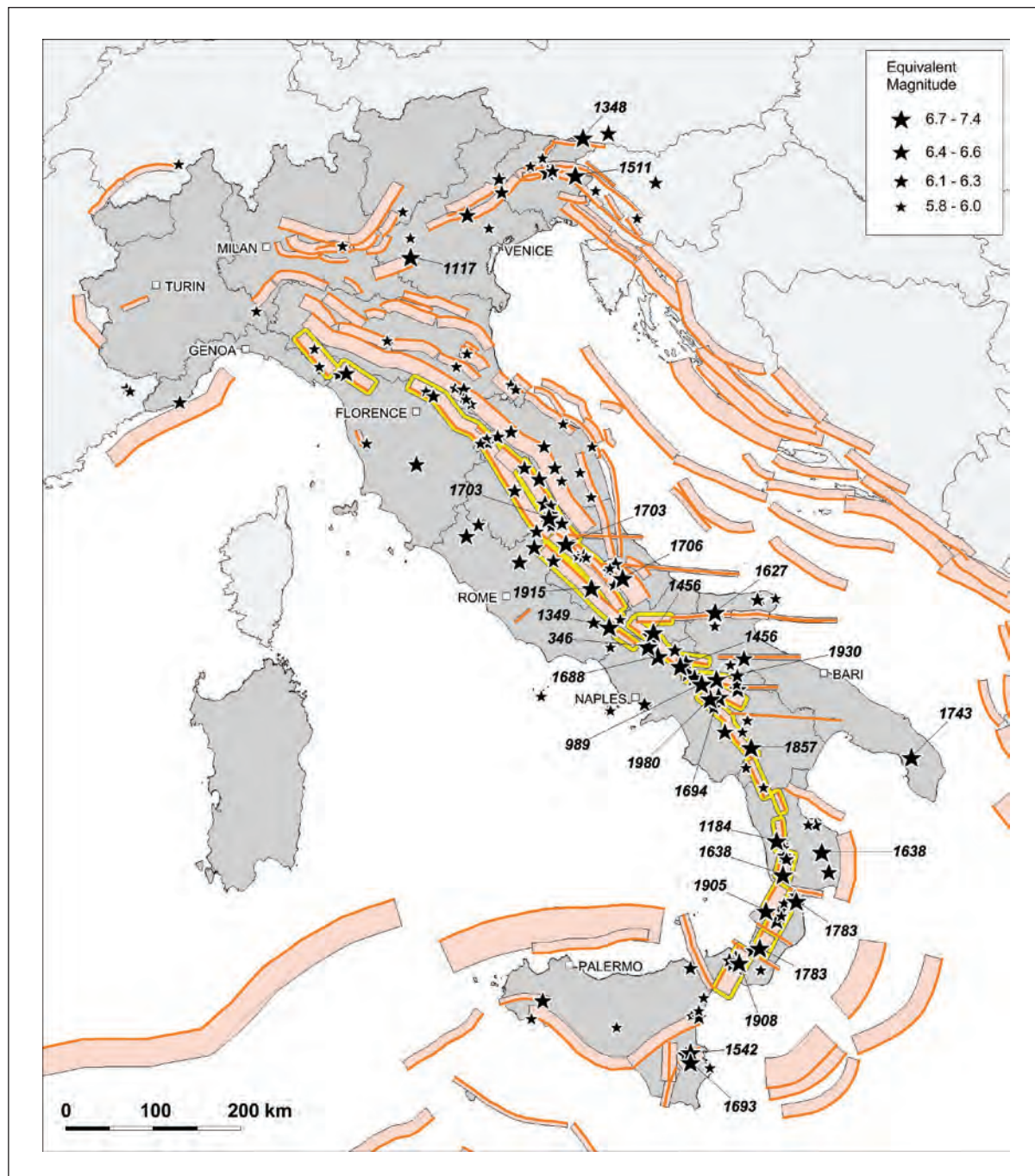


Figura 4 – L'immagine mostra le sorgenti sismogeniche composite (Composite Seismogenic Sources) tratte dal database DISS (*DISS Working Group, 2015: <http://diss.rm.ingv.it/diss/>*) e i più forti terremoti (M_w 5.8 e superiore) del catalogo CFT14Med (Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, GUIDOBONI *et alii.*, 2007).

Ogni sorgente rappresenta la proiezione in superficie della presumibile estensione della faglia a profondità sismogenica. Le sorgenti delineate in giallo delineano il sistema di grande faglie estensionali che corrono lungo la cresta dell'Appennino e che sono state utilizzate per questa ricerca. Questo sistema ha dato origine ai terremoti del 2016-2017 ed è responsabile della maggior parte dei terremoti che avvengono in Italia. Nell'immagine ogni sorgente è circondata da un buffer di 5 Km il cui ruolo è quello di tenere conto delle incertezze insite nella sua localizzazione esatta, e quindi della sua esatta distanza rispetto ai centri abitati che la sovrastano o la circondano (da VALENSISE *et alii.*, 2017).

tempi recenti sono stati ricostruiti o rinforzati, e sono quindi oggi verosimilmente più “preparati” rispetto a futuri forti terremoti. I risultati di questa analisi sono mostrati in Figura 5 e sono illustrati in un sito web dedicato (http://storing.ingv.it/cfti/cftilab/forgotten_vulnerability/), che svolge una funzione di sintesi rispetto a quanto proposto nelle tre banche-dati utilizzate.

Riteniamo che questo metodo, basato su una combinazione ragionata di dati indipendenti e apparentemente disomogenei tra loro – provenienti dalla geologia e dalla storia – possa fornire uno strumento operativo utile per due obiettivi principali (Figura 5):

- consentire la definizione di una scala di priorità nella eventuale assegnazione di risorse pubbliche per la “messa in sicurezza”, o per azioni preventive di varia natura nei diversi centri, e inoltre
- fornire un esauriente quadro conoscitivo, da utilizzare per aumentare la sensibilità e la consapevolezza di cittadini e amministratori dei territori identificati come maggiormente vulnerabili.

In che relazione sono i nostri risultati con la classificazione sismica del territorio? Ancora una volta è il tempo a fare la differenza. In Italia, come in quasi tutti i paesi del mondo (fanno eccezione la California e il Giappone, quest’ultimo pro-parte) la normativa sismica si basa su modelli indipendenti dal tempo (*time independent*), per i quali, ad esempio, la pericolosità sismica di oggi ad Amatrice è la stessa di quella del 23 agosto 2016. Questo modo di procedere è giustificato sia dalla difficoltà di elaborare modelli dipendenti dal tempo (*time dependent*) in una regione a sismicità diffusa come l’Italia, sia dal fatto che se si progetta un’opera destinata a durare decenni o secoli si deve necessariamente valutare la pericolosità locale in una prospettiva di lungo termine. Ma quando il problema è quello di formulare delle priorità a fronte di risorse limitate nel breve e medio periodo, la situazione si inverte e diventa fondamentale poter

disporre di un’analisi dipendente dal tempo, come quella che abbiamo proposto.

In conclusione, può essere incoraggiante sapere che il numero complessivo dei residenti nei 716 comuni selezionati è pari a 3,2 milioni, poco più del 5% della popolazione italiana. Abbiamo ricordato che la sismicità dell’Appennino rappresenta circa il 70% dell’energia sismica complessivamente rilasciata in Italia; dunque se considerassimo anche le altre aree sismiche del Paese potremmo concludere che meno del 10% della popolazione italiana è esposta a scuotimento sismico potenzialmente distruttivo. Meno incoraggiante è l’osservazione che 590 dei 716 comuni, pari a oltre l’84%, ospita una popolazione inferiore ai 5.000 abitanti: si tratta quasi sempre di quei borghi che costituiscono l’elemento centrale e identitario del paesaggio appenninico, e il cui valore immateriale supera enormemente il loro valore economico, vista anche la loro endemica tendenza allo spopolamento. Ma si tratta comunque di una quota di territorio relativamente modesta, il che rende meno ardua la sua “messa in sicurezza”, a patto però di scegliere bene dove investire le eventuali risorse disponibili, sia pubbliche, sia private.

A nostro parere il lavoro qui presentato può dare un importante contributo a questa difficile scelta, fornendo un primo *ranking* elaborato, come abbiamo visto, attraverso una combinazione ragionata di dati geologici e storici. A valle di questo lavoro si dovrebbe però procedere ad altre valutazioni più specifiche, anche se necessariamente speditive, sulla vulnerabilità media dell’edificato di ciascun comune, ad esempio sulla base di considerazioni di tipo ingegneristico, socio-economico e storico. Andrebbero poi considerati alcuni altri meccanismi che possono ulteriormente aumentare la vulnerabilità, tra cui ci sembra opportuno ricordare: 1) gli effetti di eventuali fenomeni corruttivi, come la scelta di materiali da costruzione più scadenti rispetto a quelli previsti dalla norma; 2) alterazioni dei piani urbanistici elaborati dopo l’ultimo forte terremoto, che possono prefigurare

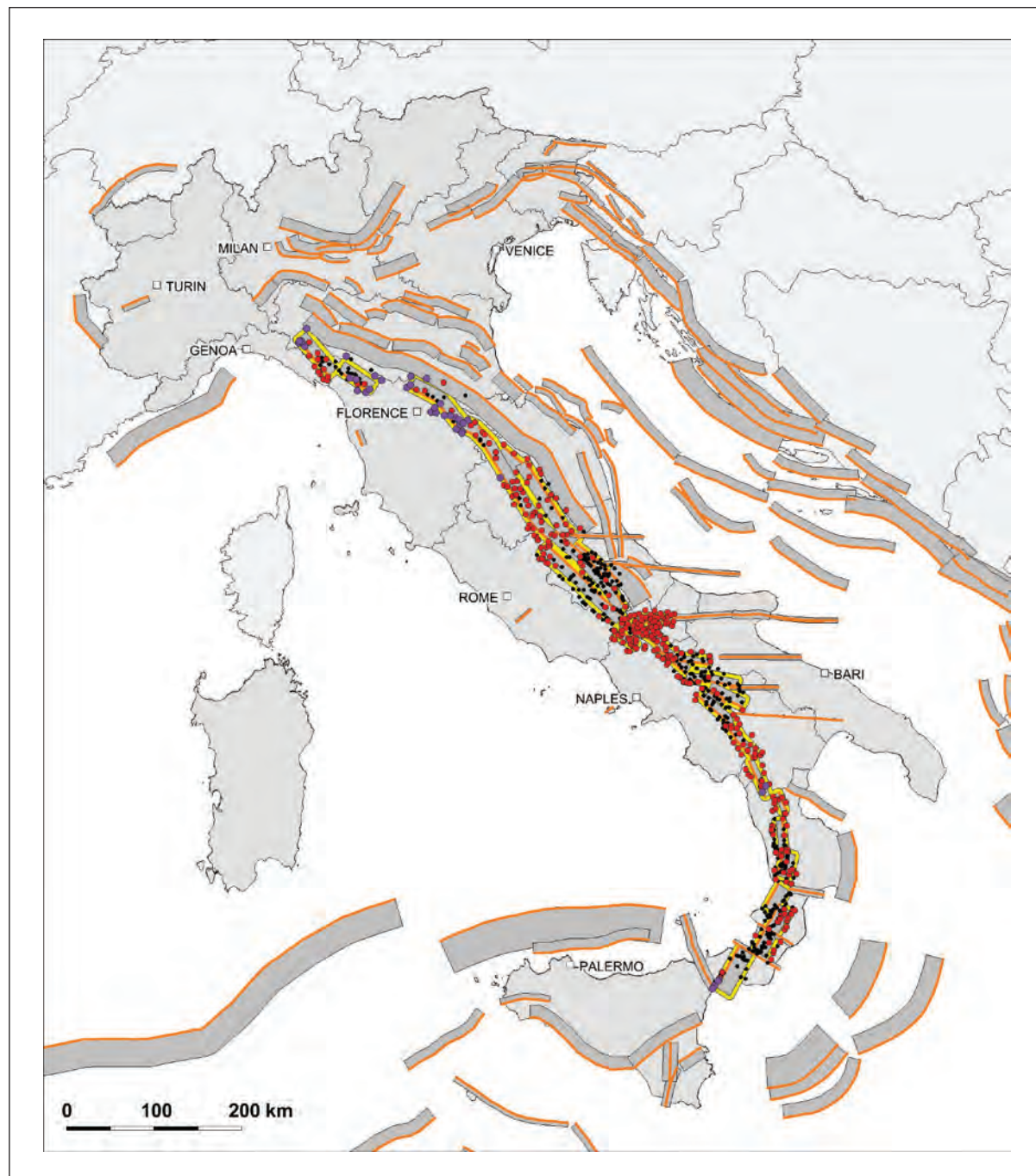


Figura 5 – Distribuzione dei 716 capoluoghi dei comuni (rappresentativi delle intere aree comunali) selezionati con la procedura descritta nel testo (da VALENSISE *et alii*, 2017). Le aree bordate in giallo rappresentano la proiezione in superficie delle grandi sorgenti sismogeniche che corrono in cima all'Appennino (si veda anche la Figura 4). Sono mostrati:

- in viola: 38 comuni per i quali non si ha alcuna notizia storica di distruzioni sismiche;
- in rosso: 315 comuni che nella nostra graduatoria corrispondono alle aree comunali che non hanno subito terremoti distruttivi dal 1861 (unità d'Italia);
- in nero: 363 comuni ordinati secondo la distanza nel tempo dall'ultimo terremoto distruttivo, avvenuto dopo il 1861.

una prestazione inferiore a quanto atteso nel caso di una nuova crisi sismica;

3) la declassificazione di ampie zone del territorio, fenomeno diffuso intorno alla metà del secolo scorso e in virtù del quale vaste porzioni dell'Italia - come ad esempio la costa adriatica marchigiano-romagnola - sono state urbanizzate seguendo norme oggi considerate largamente insufficienti;

4) alcune deprecabili scelte normative che nel secolo scorso hanno incoraggiato pratiche di ricostruzione oggi ritenute del tutto inappropriate, come quella di realizzare coperture in cemento armato su edifici prevalentemente in muratura;

5) e infine, l'abusivismo edilizio, che attraverso la sciagurata pratica dei condoni ha reso pienamente legali e abitabili edifici dei quali si ignorano le prestazioni in caso di forte terremoto.

Solo al termine di un percorso che consideri tutte queste eventualità si potrà disporre di un *ranking* definitivo che permetta di fissare le reali priorità di intervento; un passaggio fondamentale per una scelta consapevole nell'investimento delle comunque limitate risorse disponibili.

5) Dalla vulnerabilità dimenticata alla cultura dei rischi: le cose da fare presto

Dunque l'Italia è il paese della "vulnerabilità dimenticata", un fenomeno che colpisce senza distinzione tutti i suoi numerosissimi centri storici, preziosi scrigni della cultura e della memoria collettiva del nostro paese, senza distinzioni di latitudine, da nord a sud. Come ricercatori non possiamo intervenire direttamente per ridurre la vulnerabilità dei comuni italiani e mitigare il rischio sismico del Paese. Tuttavia, forti della nostra esperienza desideriamo indicare qui alcuni obiettivi e a formulare alcune raccomandazioni.

L'Italia è una terra di antica cultura e ha molte risorse che, come in tanti altri campi, aspettano solo di essere stimolate e valorizzate. E ci sono almeno due stimoli, due obiettivi urgenti che dovrebbero

essere perseguiti da chi ha responsabilità amministrative e di governo: 1) avviare subito un più esteso e stringente piano di verifiche sullo stato delle costruzioni nelle aree a rischio, e 2) incoraggiare una nuova attenzione alla cultura e alla percezione dei rischi naturali (Alexandre, 2015).

Per quanto riguarda il primo obiettivo, come primo passo per stimare la vulnerabilità e intervenire nelle aree a rischio potrebbe essere utilizzato il metodo qui presentato, esteso a tutte le aree sismiche italiane. L'Italia sconta purtroppo l'assenza di una struttura pubblica che abbia come scopo precipuo quello di incoraggiare e facilitare il dialogo e la collaborazione tra organi dello Stato e istituzioni di ricerca appartenenti a un vasto orizzonte disciplinare, rendendo fecondo e permanente lo scambio di dati e di idee. Questo perché i dati tecnico-scientifici non bastano per incidere nelle realtà abitative italiane: occorrono anche competenze di storia dei territori e delle culture locali. Per questo obiettivo il governo ha avviato Casa Italia, una struttura di missione che nei piani dovrebbe affermare e diffondere una nuova cultura della prevenzione ma che di fatto stenta a trovare la sua strada.

Il secondo obiettivo punta a sviluppare una nuova cultura del rischio attraverso cui far conoscere la memoria storica delle aree sismiche, per imparare dai disastri già accaduti facendo tesoro dalle risposte che nel tempo hanno dato le popolazioni residenti e le istituzioni (su questo tema si veda ad esempio Teti, 2017). In Italia la consapevolezza di cosa significhi abitare in aree a rischio sismico è ancora carente o del tutto assente nei cicli di formazione scolastici e universitari. Questo ritardo viene colmato solo in parte dai programmi informativi della Protezione Civile nazionale, che privilegiano la cultura dell'emergenza immediata fornendo solo brevi cenni sul tema della prevenzione. Dovrebbe poi cambiare anche il ruolo dei mass-media, spesso piuttosto indifferenti al mondo della ricerca e alla soluzione dei problemi e per lo più motivati solo dalla cronaca e dagli eventi eccezionali.

Già dopo il terremoto dell'Aquila del 2009, e poi dopo le catastrofi dell'Emilia del 2012 e dell'Appennino centrale del 2016-2017, in molti è cresciuta la sensazione che l'Italia sia entrata in una spirale di disastri, di incuria, di sprechi, di deresponsabilizzazione, oltre che di povertà morale e materiale, dalla quale è difficile uscire. Tutto questo spinge a una deriva fatalista che può essere prevenuta solo con un forte presa di posizione delle istituzioni. Queste devono intervenire in modo adeguato e collaborativo, capillarizzando l'informazione e aprendo nuove prospettive nei cicli della formazione scolastica e universitaria, nella consapevolezza che la natura sismica dell'Italia non ci darà troppo tempo per organizzarci.

Riferimenti bibliografici

- ALEXANDRE D. (2015). *Disastri possibili: prevedere dove portano le tendenze attuali e il ruolo della teoria*. In "Prevedibile / Imprevedibile. Eventi estremi nel prossimo futuro", a cura di E. Guidoboni, F. Mulargia e V. Teti, Rubbettino Editore, Soveria Mannelli (CZ), 11-30, ISBN-13: 9788849846539
- BASILI, R., VALENSISE G., VANNOLI P., BURRATO P., FRACCASI U., MARIANO S., TIBERTI M.M. e BOSCHI E. (2008). *The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, 453, 20–43.
- DISS Working Group (2015). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/> © INGV 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved, doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.
- GALLI P., PERONACE E., BRAMERINI F., CASTENETTO S., NASO G., CASSONE F., PALLONE F. (2016). *The MCS intensity distribution of the devastating 24 August 2016 earthquake in central Italy (MW 6.2)*. Ann. Geophys., doi: 10.4401/ag-7287.
- GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., COMASTRI A., TARABUSI G. e VALENSISE G. (2007). CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.- 1500), INGV-SGA, <http://storing.ingv.it/cfti4med/>.
- GUIDOBONI E., e VALENSISE G. (2011). *Il peso economico e sociale dei disastri sismici in Italia negli ultimi 150 anni*. Bononia University Press, ISBN: 978-88-7395-683-9, 552 pagine.
- LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016). *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: 10.6092/INGV.IT-DBMI15.
- TERTULLIANI A., AZZARO R. (A CURA DI) (2016). *QUEST – Rilievo macrosismico per i terremoti nell'Italia centrale. Aggiornamento dopo le scosse del 26 e 30 ottobre 2016*. Rapporto interno INGV, 15 Novembre 2016, 14pp., doi: 10.5281/zenodo.182694.
- TETI V. (2017). *Quel che resta. L'Italia dei paesi, fra abbandoni e ritorni*. Donzelli editore, Roma, XII-308 pp., ISBN: 9788868436230.
- VALENSISE G., TARABUSI G., GUIDOBONI E., FERRARI G. (2017). *The forgotten vulnerability: a geology- and history-based approach for ranking the seismic risk of earthquake-prone communities of the Italian Apennines*. International Journal of Disaster Risk Reduction, 25, 289–300, doi: 10.1016/j.ijdr.2017.09.014.



Polizza Responsabilità
Professionale Geologo

Scegli la sicurezza che meriti

Conquistare la serenità
nello svolgimento della
propria professione è
fondamentale in un lavoro
denso di responsabilità
come quello del geologo.

Scegliere bene
vuol dire preservare
il proprio futuro.

Franchigia da 1.000 euro
Contratto collegato
con polizza collettiva CNG
Copertura ALL RISK
Retroattività illimitata

www.convenzioniassicurative.it
0923 998614 - 0923 969338
igbsrl@gmail.com

a partire da

€ 146,00 / anno

La distribuzione degli effetti macrosismici dei terremoti del 2016 in Italia centrale

di Paolo Galli

Geologo, Dipartimento della Protezione Civile Nazionale

Premessa

A partire dai terremoti dell'Umbria-Marche del Settembre 1997, in occasione di ogni evento sismico al di sopra della soglia del danno, diversi gruppi di "pronto intervento macrosismico" - composti da esperti afferenti a diverse istituzioni ed enti di ricerca - si attivano al fine di realizzare il rilievo speditivo del danneggiamento in termini di scala MCS^[1] (Mercalli-Cancani-Sieberg; Sieberg, 1930). Tale rilievo serve, in primo luogo, da supporto decisionale alle operazioni di Protezione Civile e, a posteriori, da strumento di ricerca nel campo della geologia dei terremoti e per implementare il database macrosismico nazionale (DBMI15).

La prima e più urgente finalità viene ottemperata sia nell'immediatezza dell'evento (nei primi 2-3 giorni; p.e., tramite l'indirizzo dei primi soccorsi ed il dispiegamento mirato dei mezzi di supporto alla gestione dell'emergenza nelle varie località), sia in seguito (30-60 giorni), nell'individuazione dei comuni danneggiati da inserire, eventualmente, nei dispositivi legislativi contenenti misure in favore delle popolazioni colpite.

Proprio in quest'ottica, e cioè al fine di dare una visione univoca, oggettiva ed istantanea del danneggiamento al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (DPC), viene adottata la scala

MCS, applicata secondo le specifiche proposte da Molin (2009), che prevedono esplicitamente la definizione di percentuali di danneggiamento in progressione crescente per i gradi di intensità $\geq$ V MCS e secondo i cinque livelli di danno previsti dalla scala originaria.

Nel 2016, già a partire dal disastroso evento della notte del 24 Agosto (Mw 6.2; area di Amatrice, RI), numerose squadre del DPC, del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno avviato il rilievo macrosismico di una vasta area al confine tra le Regioni Lazio, Abruzzo, Marche ed Umbria. Gli esiti di tale rilievo, pubblicati progressivamente sotto forma di rapporti di avanzamento tra il 28 Agosto e l'11 Settembre e quindi come Rapporto congiunto finale DPC-CNR-INGV il 14 Ottobre, sono stati successivamente sottoposti al vaglio della comunità scientifica in occasione di diversi convegni e quindi pubblicati su riviste internazionali (Galli et al., 2016).

In questi primi rapporti, il rilievo congiunto in scala MCS constava tra i 291 e i 307 punti di intensità, saliti poi a 447 punti durante le successive fasi del rilievo DPC-CNR (Fig. 1), ovvero sino al forte evento del 26 Ottobre 2016 (Mw 6.1).

Nell'immediatezza di questo nuovo terremoto, gli esperti di rilevamento macrosismico DPC e CNR-IGAG sono ripartiti alla volta della nuova area epicentrale (Visso-Muccia, MC) dove, nei pochi giorni avuti a disposizione prima del successivo

1 Da qualche anno, parallelamente, viene condotto anche il rilievo in scala EMS (European Macroseismic Scale; Grünthal, 1998), molto più lungo e complesso.

mainshock del 30 Ottobre (Mw 6.6), hanno avuto modo di valutare gli effetti indotti dalla scossa del 26 Ottobre in una cinquantina di località situate a tra Norcia e Camerino.

Il terremoto del 30 Ottobre, di gran lunga il più energetico dell'intera sequenza, ha interrotto definitivamente il rilievo degli effetti pregressi, cancellando - in un certo qual modo - tutti gli esiti dei rilievi compiuti sino al giorno prima. Lo

scuotimento indotto dalla rottura chilometrica dell'intera struttura sismogenica responsabile dell'intera sequenza (i.e., sistema di faglie del Monte Vettore, lunghezza ~30 km) ha infatti comportato un aggravamento del danno in tutta l'area mesosismica precedentemente individuata, così da rendere necessario ripetere per ogni località già visitata il rilievo compiuto successivamente al 24 Agosto prima e al 26 Ottobre poi. A complicare

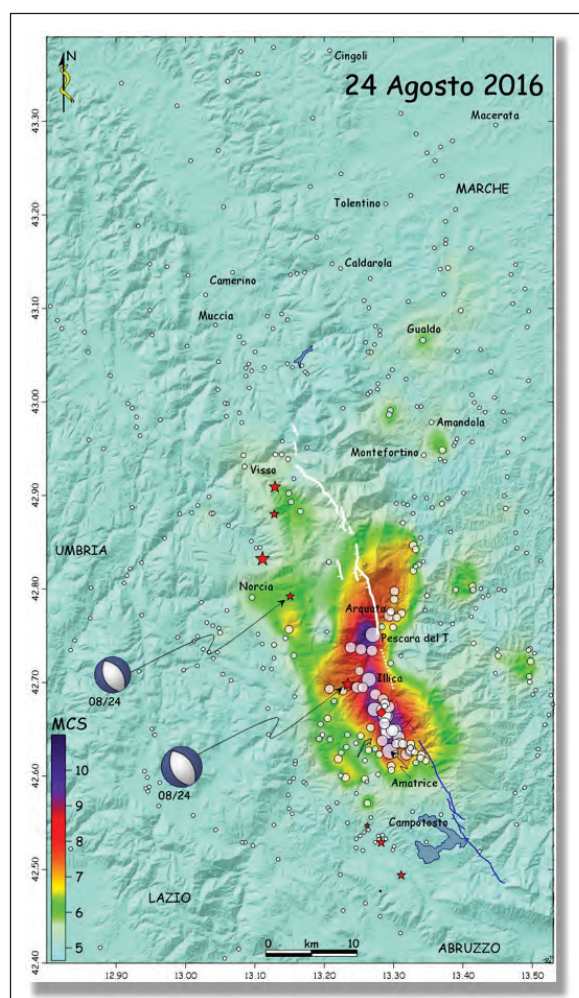


Fig. 1 - Distribuzione dei punti di intensità rilevati a seguito del terremoto del 24 Agosto. I cerchi bianchi sono proporzionali all'intensità al sito ($5 \leq I_s < 11$ MCS). La campitura a colori indica la distribuzione areale dell'intensità (vedi legenda). Le stelle rosse sono gli epicentri strumentali dell'intera sequenza ($M > 5$; ISIDe WG, 2017). I meccanismi focali sono da Geofon Program (2016). Il rombo rosso è l'epicentro macrosismico del 24 Agosto. La linea blu è la faglia attiva dei Monti della Laga (a tratteggio dove incerta). La linea bianca è il sistema di faglie del Monte Vettore, responsabile di gran parte della sequenza.

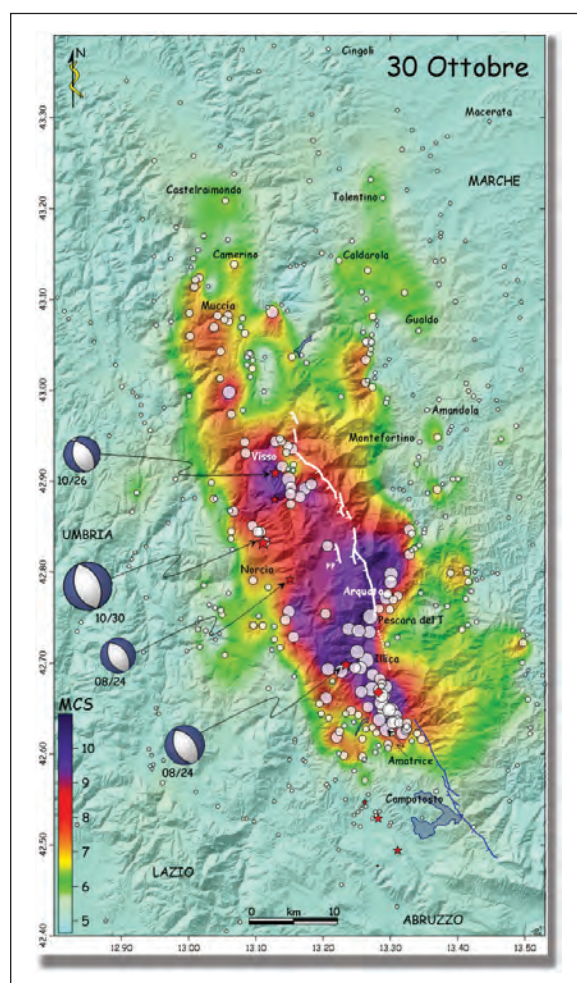


Fig. 2 - Distribuzione dei punti di intensità rilevati a seguito del terremoto del 30 Ottobre e da considerarsi come effetto cumulato dei tre eventi di Mw > 6. I cerchi bianchi sono proporzionali all'intensità al sito ($5 \leq I_s < 11$ MCS). La campitura a colori suggerisce la distribuzione areale dell'intensità (vedi legenda). Le stelle rosse sono gli epicentri strumentali del 2016-2017 con $M > 5$ (ISIDe WG, 2017). I meccanismi focali sono da Geofon Program (2016). Il rombo rosso è l'epicentro macrosismico del 24 Agosto. La linea blu è la faglia attiva dei Monti della Laga (a tratteggio dove incerta). La linea bianca è il sistema di faglie del Monte Vettore, responsabile della sequenza.

definitivamente il quadro degli effetti, il 18 Gennaio 2017 tre eventi con $M_w > 5$ hanno comportato un ulteriore aggravamento del danneggiamento nella zona ad ovest dei Monti della Laga, con aumento delle intensità di sito circoscritto principalmente all'areale del Lago di Campotosto.

Nel corso dei primi mesi del 2017, il rilevamento è stato esteso sino alla chiusura del V grado MCS esternamente all'area caratterizzata dalla presenza di località a cui era stato assegnato un grado superiore (Fig. 2). Naturalmente è inteso che l'area di risentimento del V grado è stata molto più vasta di quella rappresentata nel piano quotato risultante (vedi in Galli et al., 2017) e delle Figg. 1-2, essendo il IV grado assegnabile a diverse centinaia di località dell'Italia centro settentrionale e meridionale, dalla costa tirrenica a quella adriatica. Al 30 Marzo del 2017, le località rilevate nuovamente o quelle visitate *ex novo* assommavano a 466, delle quali ben 29 con effetti corrispondenti a un'intensità compresa tra il X e l'XI grado MCS, numeri non raggiunti nemmeno nel terremoto irpino del 1980.

Tipologie edilizie dell'area mesosismica

I terremoti del 2016 hanno colpito una porzione della catena appenninica prevalentemente caratterizzata dall'affioramento di rocce riconducibili ad arenarie torbiditiche (Flysch della Laga, Messiniano) e calcari e calcari marnosi pelagici della serie Umbro-Marchigiana (Mesozoico). Queste litologie costituiscono quindi il materiale da costruzione più comune degli edifici costruiti sino agli anni 50-60 del secolo scorso, oltre che di quasi tutti gli edifici monumentali, chiese, castelli, torri e conventi, alcuni di età medievale.

Più in particolare, nell'area mesosismica erano presenti tipologie e condizioni edilizie molto diverse. Insieme a nuclei di edilizia storica in pietra - prevalentemente arenacea a sud del fiume Tronto e calcarea a nord, solitamente non squadrate e spesso formata da ciottoli di fiume di dimensioni e pezzatura molto irregolare (Fig. 3), con leganti scadenti e con sporadiche presenze di muratura a

Fig. 3 - Muratura in pietra con scarsissimo legante. A-B, Retrosi e Sommati (Amatrice, RI), muratura a blocchi squadrate e/o in ciottoli di fiume in materiale arenaceo. C-D, Gualdo e Sasso (MC), muratura mista di pietre arrotondate e squadrate in arenaria e calcare.



sacco (rilevanti in alcuni casi nei quali gli effetti di danno sono risultati gravissimi, in particolare per l'edilizia monumentale) - convivevano nuclei di edifici in cemento armato, recenti o meno recenti. All'interno dei centri storici di numerose località, fra gli edifici in pietra, erano presenti gruppi di edifici in completo stato di abbandono da decenni, alcuni parzialmente diroccati prima del terremoto. Allo stesso tempo convivevano nel medesimo insediamento, anche a distanze molto ridotte, edifici in muratura utilizzati abitualmente e in normali condizioni di manutenzione, edifici in pietra, mattoni o blocchetti di cemento, con solai e coperture in latero-cemento, insieme a ville o condomini molto recenti in cemento armato. In qualche caso si sono osservati edifici in muratura in cui sono visibili interventi relativamente recenti, con la sovrapposizione di una cordolatura e una copertura in CA, talvolta con armature a ferri lisci, non legati tra loro e senza staffe. Come osservato anche in occasione del terremoto del 1997 in Umbria Marche e dell'Aquila 2009, questi interventi, senza un contestuale rinforzo delle strutture verticali, hanno solitamente determinato effetti

devastanti sulle murature (Fig. 4).

Nei diversi centri, la distribuzione spaziale di queste tipologie edilizie è risultata molto variabile: in qualche caso gli edifici più recenti rappresentano la semplice espansione circolare del vecchio centro abitato, in qualche altro caso ne sono una diramazione, in perfetta continuità, in una certa direzione, oppure sono dislocati in un'area adiacente, ma significativamente diversa. Queste situazioni così variabili hanno generalmente reso complessa la stima dell'intensità macrosismica.

Stima del danneggiamento

Come detto, il rilievo preliminare degli effetti di danneggiamento ha evidenziato situazioni molto irregolari. L'estrema variabilità delle tipologie edilizie presenti nei diversi insediamenti, la presenza di edifici in situazione di forte degrado preesistente e la frequente spiccata propensione al danneggiamento fra i centri storici e le parti di sviluppo recente hanno reso particolarmente critica la valutazione degli effetti in termini di intensità macrosismica.

Si pensi al centro storico di Amatrice, progressivamente raso al suolo durante l'evoluzione della sequenza, ed al nucleo di villette in C.A. posto poche centinaia di metri a Est, con poco o punto



Fig. 4 - Crollo totale di un edificio in muratura con solai in C.A. (San Lorenzo e Flaviano, Amatrice).

danno. Oppure, viceversa, si pensi al danno medio-basso subito dalle abitazioni in pietra del centro storico di Norcia - in gran parte ristrutturate dopo i terremoti del 1979 e del 1997 - e ai casi di collasso o danno gravissimo di numerosi edifici moderni ed anche in C.A. *extra moenia*.



Fig. 5 - Differenti tipologie di danno. A, edificio in pietra (Petrana, Amatrice) crollato sotto il peso del pesante tetto in cemento armato. In secondo piano, porzione della stessa casa rinforzata da un telaio in acciaio (foto del 25 Agosto); B, stessa casa dopo il terremoto del 30 Ottobre, con il solo scheletro in acciaio ancora in piedi. C, confronto tra il comportamento di un edificio recente in muratura portante in Poroton® (destra) e una casa in pietra restaurata di recente con cordoli in C.A. e catene in acciaio (campagna di Norcia). Schiacciamento del piano soffice in un edificio in C.A. (D) ed in uno in muratura (E) a Norcia. F, crollo di edifici in C.A. ad Amatrice, entrambi apparentemente integri dopo il terremoto del 24 Agosto.

Queste differenze sono talmente marcate in qualche caso da non poter essere sufficientemente mediate dalla consueta espressione delle incertezze



Fig. 6 - Distruzione progressiva del centro storico di Amatrice (veduta su Corso Umberto, guardando a ovest). A, prima di Agosto (immagine Google Street). B, dopo il 24 Agosto (Is X-XI MCS). C, dopo il 30 Ottobre (Is XI MCS). Si noti il crollo del condominio rosso in C.A., avvenuto con il terremoto del 26 Ottobre, a confronto con l'incredibile resistenza della torre civica medievale, ancora in piedi, a meno dell'altana, dopo mesi di scosse (comprese quelle del lontano terremoto del 1639, Mw 6.0).

fra un grado e l'altro della scala. Talvolta anche frazioni limitrofe od ormai estese senza soluzione di continuità mostrano differenze di danneggiamento sostanziali, differenze che, a onor di verità, sono state molto livellate dal terremoto del 30 Ottobre rispetto a quanto osservato dopo il 24 Agosto.

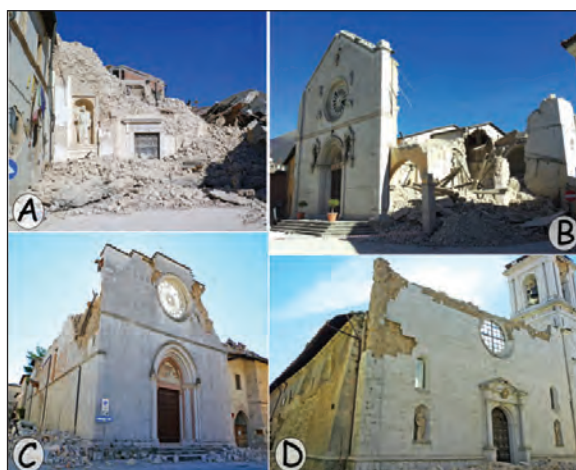
Così come in quello relativo al terremoto del 24 Agosto, il rilievo successivo all'evento del 30 Ottobre 2016 ha tenuto principalmente conto degli effetti localizzati nei nuclei storici e nelle aree immediatamente circostanti, valutando comunque alcune rare situazioni nelle quali il danneggiamento era concentrato in settori *extra moenia* di recente urbanizzazione. È il caso, per esempio, di Montefortino, dove diversi condomini in C.A. edificati lungo il versante NE della collina ove sorge il borgo storico presentano danni nelle tamponature dei piani bassi, a fronte di un livello di danno quasi inesistente nel centro storico. O il già citato caso di Norcia e, in maniera molto meno diffusa, quello di San Severino Marche.

Di fatto, il fortissimo e prolungato scuotimento provocato da entrambi i terremoti di fine Ottobre 2016 su tutta l'area colpita il 24 Agosto ha agito come un maglio su tutti gli edifici già danneggiati (Figg. 5-6), provocando il crollo e la distruzioni di molti, specialmente quelli caratterizzati da grandi luci (Fig. 7).

Di conseguenza, i danni del 30 Ottobre si sono cumulated ovunque all'interno dell'area mesosismica degli eventi precedenti, con un aumento di almeno 1 grado MCS in più di 100 località, 44 delle quali hanno registrato un incremento di 2 gradi e 17 tra 3 e 5 gradi MCS.

I paesi con un'intensità al sito $Is > IX$ MCS sono passati da un numero di 10 dopo Agosto a ben 36 dopo Ottobre. Di questi, solo 7 avevano un $Is \geq X$ MCS, divenendo ben 29 a seguito degli eventi di fine Ottobre. Cinque di questi, infine, hanno raggiunto un'eccezionale intensità di XI grado MCS (Illica, Crognale, Pescara del Tronto, Petrana, Saletta), un livello assegnato soltanto una dozzina di volte nella storia sismica italiana a più località, in un singolo evento.

Fig. 7 - Gli effetti catastrofici del terremoto di Mw 6.6 del 30 Ottobre sugli edifici di culto di Norcia. A, San Filippo Neri; B, San Benedetto; C, San Francesco; D, Santa Maria Argentea. Queste e tutte le altre chiese nursine sono state atterrate dal terremoto, mentre gli altri edifici civili intra moenia hanno subito solo danni lievi o moderati (Is VI-VII MCS). È importante ricordare che l'entrata in vigore dell'ora legale la notte precedente la scossa principale, posticipando di un'ora l'inizio di molte messe domenicali, ha di fatto evitato una possibile strage di abitanti a Norcia ed in altre località.

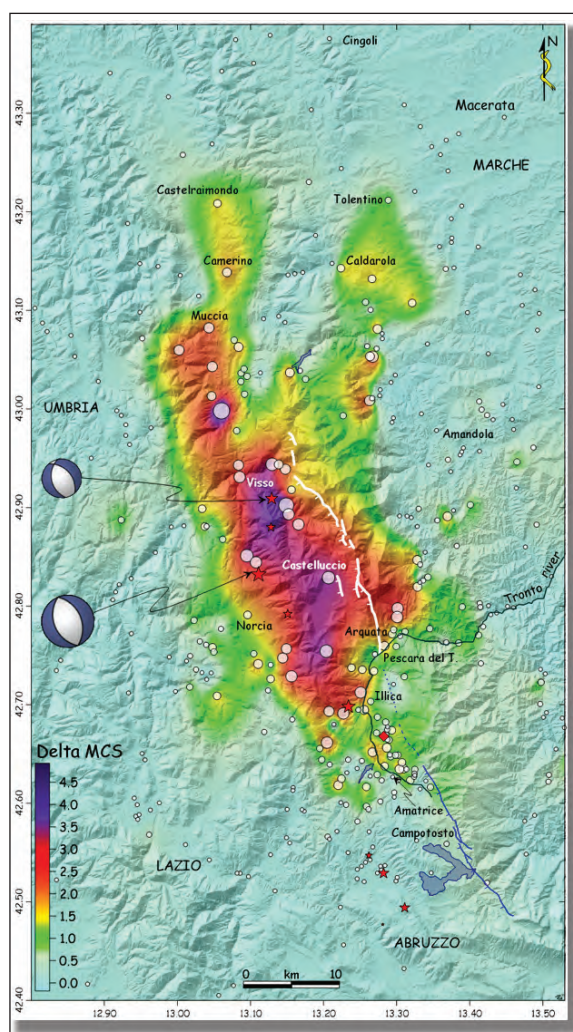


Fortunatamente, quasi tutti i paesi e le frazioni dell'area mesosismica sono caratterizzati da un numero esiguo di edifici e di abitanti. Questi ultimi, per la maggior parte, erano stati evacuati inizialmente dopo il 24 Agosto e quindi dopo il 26 Ottobre, circostanza che ha scongiurato il verificarsi di altre vittime il 30 Ottobre. Tra le 50 località a cui è stata assegnata una $Is \geq IX$ MCS (i.e., 75% di danno grave, 50% di distruzione e 25% di crollo), solo Amatrice e Castelsantangelo sul Nera hanno un numero di edifici compreso tra 600 e 700, mentre meno di 20 paesi ne hanno più di 100.

In ogni caso, anche in area mesosismica, alcune cittadine con un numero elevato di edifici hanno subito danni gravi, come Norcia (più di 1000 edifici e Is VII-VIII MCS) e Visso (più di 500 edifici e Is VIII-IX MCS), e finanche la lontana Camerino (oltre 1400 edifici e Is VII MCS).

Da quanto finora detto, è altresì vero che non è possibile ricostruire la distribuzione delle intensità macrosismiche relative al solo *mainshock* del 30 Ottobre. I suoi effetti si sono cumulati ineluttabilmente su quelli del 24 Agosto a sud e del 26 Ottobre

Fig. 8 - Istantanea dello scuotimento cosismico del *mainshock* del 30 Ottobre 2016 (Mw 6.6) espresso come differenza tra le intensità assegnate dopo il 24 Agosto e dopo il 30 Ottobre stesso. Diversamente dalle Figg. 1-2, qui i cerchi bianchi sono proporzionali alla differenza delle intensità al sito ($5 \leq Is < 11$ MCS). La campitura a colori suggerisce la distribuzione areale dello scuotimento (differenza di Is , vedi legenda). Le stelle rosse sono gli epicentri strumentali con $Ml > 5$ (ISDe WG, 2017). I meccanismi focali sono da Geofon Program (2016). Il rombo rosso è l'epicentro macrosismico del 24 Agosto. La linea blu è la faglia attiva dei Monti della Laga (a tratteggio dove incerta). La linea bianca è il sistema di faglie del Monte Vettore, responsabile della sequenza. La figura mostra bene come i maggiori effetti siano concentrati nel blocco di tetto del sistema di faglie del Monte Vettore, con una forte propagazione nei quadranti settentrionali (i.e., lungo faglia).



a nord, ed il quadro macrosismico risultante è quindi la somma indistinguibile dei tre (Fig. 6). Tuttavia, dal momento che ben 393 località colpite dai due *mainshocks* sono state rilevate dopo tutti e due gli eventi, sottraendo l'intensità assegnata

dopo il 24 Agosto a quella finale, è possibile ottenere un valore indicativo degli effetti relativi al solo terremoto del 30 Ottobre. Ovviamente, trattandosi di differenze tra intensità al sito, la scala di riferimento non è assoluta, ma l'immagine che si ottiene può essere considerata evocativa dello scuotimento indotto dall'evento di Mw 6.6.

La Figura 8 mostra questo tentativo, conservando volutamente la stessa distribuzione di colori delle Figure 1-2, anche se qui riferita ad una scala ristretta a 5 gradi (differenze tra 0-5 gradi MCS).

Nel complesso, il 55% dei paesi visitati dopo entrambi i *mainshocks* non ha subito un incremento del valore di intensità assegnato, ovvero non ha mostrato una recrudescenza degli effetti tale da modificare il grado stimato dopo il 24 Agosto. Tuttavia, è importante osservare che ben il 90% di questi paesi non era stato danneggiato dalla prima scossa (Is V MCS), se non in percentuali irrilevanti. Da un altro punto di vista, questo comporta che l'80% delle località che invece erano state danneggiate dal terremoto del 24 Agosto ha registrato un aumento degli effetti macrosismici a seguito dell'evento di fine Ottobre, particolarmente quelle ubicate a nord della valle del Tronto, dove maggiori sono anche stati gli incrementi del grado di intensità.

Considerando ora gli effetti dell'intera sequenza (Fig. 2), l'area di danneggiamento (Is>VI MCS) è rappresentata da una fascia larga circa 20 Km che si estende in direzione NNW-SSE per oltre 70 km, dai villaggi più meridionali di Amatrice (RI, Lazio) a sud a Castelraimondo (MC, Marche) a nord. Questa fascia ricade quasi completamente nel blocco di tetto del sistema di faglie normali del Monte Vettore, ovvero della struttura sismogenica dei terremoti del 2016. Oltre l'estremità settentrionale della faglia mappata in Fig. 2, un lobo consistente dei punti di più alta intensità si estende verso N-NW, nella stessa direzione della faglia, verso Muccia e Camerino, così come un secondo lobo, meno prominente si estende a nord, verso Tolentino.

I tre terremoti del 18 Gennaio 2017 (Mw>5.0) non hanno comportato una modifica sostanziale del

quadro macrosismico sopra descritto. In realtà, solo i paesi di Campotosto e di Poggio Cancelli - precedentemente V-VI e V MCS - hanno subito gravi danni (VII MCS) in occasione delle scosse, con crolli parziali e livelli 2-3 diffusi, mentre i vicini Montereale e Capitignano (e frazioni) hanno subito effetti localizzati a pochi edifici, tali da innalzare il grado da V a V-VI MCS. Naturalmente il forte scuotimento generato dagli eventi del 18 Gennaio ha comportato l'ulteriore danneggiamento di edifici già collabenti in numerose località dell'area di Amatrice, tale però da non comportare l'innalzamento del già elevatissimo grado macrosismico, a parte qualche eccezione (p.e., Capricchia).

Infine, volendo parametrizzare il terremoto del 30 Ottobre su base macrosismica (o meglio, il cumulo degli effetti dei tre *mainshocks* di Agosto e Ottobre), l'applicazione dell'algoritmo "Boxer4" (Gasperini et al., 2010) produce una magnitudo macrosismica equivalente $M_w = 6.67 \pm 0.07$. Questo valore è circa lo stesso che può essere calcolato applicando la relazione di Kanamori (1977) tra magnitudo momento e momento sismico rilasciato (i.e., $M_w = \log M_0 / 1.5 - 10.73$) e, più in particolare, il momento sismico complessivo di tutti gli eventi significativi.

Così, sommando il M_0 dei terremoti con $M_w > 5.5$ della sequenza (e.g., in RCMT, 2016), si ottiene:

$$M_w = \log(1.12 \cdot 10^{26}) / 1.5 - 10.73 = M_w 6.64$$

Analogo valore era stato stimato da Galli e Galadini (1999) per il massimo terremoto associabile al sistema di faglie del Monte Vettore su base geologica e paleosismologica.

Boxer4 fornisce anche il valore dell'intensità epicentrale che, naturalmente, è $I_0 = XI$ MCS, tra i più elevati mai stimati in Italia. Diversamente dal terremoto del 24 Agosto, per il quale è stato possibile calcolare anche l'epicentro macrosismico (vedi Figg. 1-2), l'epicentro calcolato da Boxer4 a partire dalle intensità rilevate post 30 Ottobre è relativo al cumulo degli effetti, ed è quindi molto spostato a sud verso l'area epicentrale del 24 Agosto, rimanendo molto distante da quello strumentale (ISIDe, 2017).

Riflessioni conclusive

Nel complesso, il quadro finale della sequenza del 2016-2017 è risultato catastrofico, con 36 località alle quali è stato assegnata un'intensità al sito maggiore del IX grado MCS, mentre ben 5 hanno raggiunto l'XI grado MCS. L'intensità epicentrale che ne deriva è dunque XI grado MCS, un valore assegnato solo una dozzina di volte nella storia sismica d'Italia, ed una sola volta negli ultimi 100 anni^[2].

L'area di danneggiamento, ovvero quella con effetti maggiori del VI grado MCS, copre una fascia di circa 20x70 km, estesa in direzione NNW-SSE dalle frazioni più meridionali di Amatrice a sud, sino a Castelraimondo a nord. Tuttavia, le intensità più elevate sono concentrate quasi esclusivamente del blocco di tetto della faglia del Monte Vettore e in direzione della faglia stessa, verso NNW.

Considerando l'ubicazione di tutte le faglie ritenute attive nella regione e la distribuzione delle massime intensità dei grandi terremoti del passato, questo terremoto può essere considerato un caso unico nella storia sismica del nostro Paese, quella cioè narrata nei nostri cataloghi sismici. Di fatto, nessun altro evento storico della regione può essere assimilato a questo, né in termini di distribuzione delle intensità macrosismiche né come livello di danno raggiunto.

La ragione di questa apparente unicità risiede nel particolare comportamento sismogenetico della struttura responsabile del terremoto stesso e della percezione che noi possiamo avere di fenomeni geologici con tempi di ritorno più lunghi della nostra memoria storica. Non a caso, il sistema di faglie del Monte Vettore era infatti considerato uno dei quattro principali sistemi cosiddetti silenti^[3]

dell'Appennino centrale, ovvero dormiente nel periodo coperto dalle fonti storiche, ma attivo e capace di rilasciare terremoti di Mw 6.6, come dimostrato da analisi paleosismologiche condotte alla fine del secolo scorso. Queste ultime, corroborate da nuove ricerche in corso, hanno infatti dimostrato l'esistenza di diversi eventi di magnitudo paragonabile a quello del 2016, avvenuti nel corso dell'Olocene, l'ultimo dei quali in epoca romana e quindi non riportato nel catalogo sismico.

Curiosamente, si può concludere che quello del 2016 è il primo terremoto avvenuto in Italia, ed uno dei pochissimi al mondo, la cui possibile occorrenza, magnitudo e localizzazione erano stati definiti in precedenza tramite analisi geologiche e paleosismologiche condotte sulla faglia che lo ha poi effettivamente generato.

Bibliografia citata

DBMI15, 2015, M. LOCATI, R. CAMASSI, A. ROVIDA, E. ERCOLANI, F. BERNARDINI, V. CASTELLI, C.H. CARACCILO, A. TERTULLIANI, A. ROSSI, R. AZZARO, S. D'AMICO, S. CONTE, E. ROCCHETTI (eds.), *The 2015 version of the Italian Macroseismic Database*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

GALLI P., F. GALADINI, 1999. *Seismotectonic framework of the 1997-98 Umbria-Marche (Central Italy) earthquakes*. Seismological Res. Letters, 70, 404-414.

GALLI P., GALADINI F., PANTOSTI D., 2008. *Twenty years of paleoseismology in Italy*, Earth Sciences Review, 88, 89-117.

GALLI P., E. PERONACE, F. BRAMERINI, S. CASTENETTO, G. NASO, F. CASSONE, F. PALLONE, 2016. *The MCS intensity*

2 In realtà il terremoto Irpino del 1980 ebbe sicuramente località con intensità >X grado MCS (p.e. Conza della Campania, Laviano e Teora); tuttavia il rilievo fu fatto nella vecchia scala MSK 78, e l'intensità massima assegnata fu X grado.

3 Gli altri sono il sistema di faglie dei Monti della Laga, coinvolto in piccola misura nelle sequenze aquilane del

2009 e in quella del 2016-2017: quello del Gran Sasso-Campo Imperatore e quello del Monte Morrone (Sulmona). Tutti questi sistemi non hanno rilasciato terremoti negli ultimi 1500-2500 anni, ma sono stati riconosciuti attivi nel corso dell'Olocene (vedi in Galli et al., 2008).

distribution of the devastating 24 August 2016 earthquake in central Italy (MW 6.2), Annals of Geophysics, 59, DOI: 10.4401/ag-7287

GALLI P., CASTENETTO S., PERONACE E., 2016. *The macroseismic intensity distribution of the 30 October earthquake in central Italy (Mw 6.6): seismotectonic implications*, Tectonics, 36, <https://doi.org/10.1002/2017TC004583>

GASPERINI P., G. VANNUCCI, D. TRIPONE, E. BOSCHI, 2010. *The location and sizing of historical earthquakes using the attenuation of macroseismic intensity with distance*, Bull. Seism. Soc. Am., 100, 2035-2066.

Geofon Program, 2016. GEOFON Earthquake Information Service, Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, <http://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/list.php>

Grünthal G. (Ed.), 1998. European Macroseismic Scale 1998. European Seismological Commission, Subcommittee on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales, Cahiers du

Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, pp. 99. Luxembourg.

KANAMORI H., 1977. *The energy release in great earthquakes*, J. Geophys. Res., 82, 2981-2987.

ISIDe Working Group, 2017. version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe.

MOLIN D., 2009. *Rilievo macrosismico in emergenza. Rapporto interno del Dipartimento della Protezione Civile*, Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico, 13 pp.

INGV-RCMT, 2016. European-Mediterranean RCMT Catalog, web page: <http://autorcmt.bo.ingv.it/QRCMT-on-line/QRCMT16-on-line/lista2016.html>

SIEBERG A., 1930. *Geologie der Erdbeben*. Handbuch der Geophysic, 2, 4, 552-554 [Tabb. 100, 101, 102, 103], Berlin. Sieberg A., 1930. *Geologie der Erdbeben*. Handbuch der Geophysic, 2, 4, 552-554 [Tabb. 100, 101, 102, 103]. Berlin.

- SISMOGRAFI

- HVSR

- TOMOGRAFIA ELETTRICA

- GEORESISTIVIMETRI

- ENERGIZZATORI SISMICI

- IDROFONI



Seismograph
ECHO 48/2014 Seismic Unit - 24bit



Seismograph
ECHO 24/2010 Seismic Unit - 24bit



ECHO Tromo HVSR3 - 24bit



Mangusta MC 4B-96E
Goelectrical Tomography Equipment



Resistivity Meter Datas-10



3D/5D - 3D Twin Borehole Geophone



P/S Wave Borehole Energy Source



Borehole Deviation Probe

Problemi e soluzioni per la corretta definizione del profilo V_s (velocità delle onde di taglio) in studi di geotecnica e microzonazione sismica

di Giancarlo Dal Moro

Eliosoft (www.winmasw.com) Palmanova (UD - Italia)

Institute of Rock Structure and Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Praga (Rep. Ceca)

Termini chiave:

MASW multi-componente, ReMi (Refraction Microtremor), SPAC (SPatial AutoCorrelation), ESAC (Extended Spatial AutoCorrelation), HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio), Vs30, Vs equivalente, risonanza, Risposta Sismica Locale, curve di dispersione modale, curva di dispersione effettiva, analisi Full Velocity Spectrum (FVS), analisi congiunta, integrazione di dati, HoliSurface (HS), velocità di fase, velocità di gruppo, RPM (Rayleigh-wave Particle Motion), RVSR (Radial-to-Vertical Spectral Ratio), MAAM (Miniature Array Analysis of Microtremors)

Keywords:

multi-component MASW, ReMi (Refraction Microtremor), SPAC (SPatial AutoCorrelation), ESAC (Extended Spatial AutoCorrelation), HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio), Vs30, resonance, Site Response, modal dispersion curves, effective dispersion curve, Full Velocity Spectrum (FVS) analysis, joint analysis, data integration, HoliSurface (HS), phase velocity, group velocity, RPM (Rayleigh-wave Particle Motion), RVSR (Radial-to-Vertical Spectral Ratio), MAAM (Miniature Array Analysis of Microtremors)

Abstract

The article summarizes a series of problems related to the acquisition and analysis of surface waves according to a series of active and passive techniques useful to define the dispersive properties of the medium and eventually obtain a model of the subsoil in terms of shear-wave velocities (V_s). The goal is to clarify that behind a series of often-abused acronyms (MASW, ReMi, ESAC, SPAC, MFA/FTAN, HS, MAAM) can hide significant ambiguities and differences that can be solved only by properly considering a series of theoretical facts. We also briefly highlight some fundamental points regarding the Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSR) and the analysis of borehole seismic

data (VSP, Vertical Seismic Profiling), too often used uncritically, taking for granted a series of assumptions that are not always applicable. Eventually, the difference between joint analysis (a rigorous and quantitative way of analyzing several data) and data integration (a merely qualitative and approximate approach) is also highlighted.

Riassunto

In questo articolo vengono sintetizzati una serie di problemi relativi all'acquisizione ed analisi delle onde di superficie secondo una serie di tecniche (attive e passive) utili a definire le proprietà dispersive del mezzo e poter poi ricavare un modello del sottosuolo in termini di velocità delle onde di

taglio (V_s). L'obiettivo è chiarire come dietro ad una nutrita serie di abusati acronimi (MASW, ReMi, ESAC, SPAC, MFA/FTAN, HS, MAAM eccetera) si possano celare significative ambiguità e differenze che solamente un approccio fondato sulla consapevolezza di alcuni snodi teorici può risolvere e superare.

Analogamente, vengono anche ribaditi alcuni aspetti riguardanti il rapporto spettrale H/V (HVSr) e l'analisi di dati di sismica di pozzo (VSP, *Vertical Seismic Profiling*), troppo spesso utilizzati in modo acritico dando per scontate una serie di assunzioni che la teoria insegna non essere sempre e comunque applicabili.

Viene inoltre puntualizzata la profonda differenza concettuale (e quindi pratica) tra *analisi congiunta* (pratica puntuale e quantitativa) e *integrazione di dati* (modalità del tutto qualitativa e approssimativa).

Introduzione: ambiguità terminologiche e alcuni chiarimenti

Nella sismica non esiste il concetto di *prova* così come viene inteso in geotecnica. La *prova* geotecnica consiste in una serie di procedure completamente standardizzate grazie alle quali i numeri che si ottengono sono tra loro confrontabili in modo semplice e univoco. Le *prove* geotecniche possono quindi essere eseguite da tecnici seguendo dei protocolli standardizzati - cioè uguali per tutti - grazie ai quali i valori ottenuti risultano alla fine confrontabili.

Questo in geofisica non è possibile per almeno due motivi:

- 1) nulla in campagna è di fatto standardizzabile;
- 2) i dati raccolti richiedono sempre e comunque il lavoro di comprensione di un professionista esperto in quella specifica metodologia.

Come non si può parlare di “*prove di sismica a riflessione*” (mai sentito e sarebbe un'assurdità), non si può quindi in nessun modo parlare di “*prove MASW*” (ReMi/ESAC/SPAC/MAAM eccetera), come

purtroppo si sente spesso dire.

Una *prova* fornisce un dato oggettivo, mentre l'analisi di un qualsiasi dato sismico è invece un qualcosa in cui la persona, professionista o ricercatore, dovrebbe far confluire tutte le sue specifiche competenze.

Chiamare *prova* un'indagine sismica significa attribuire ai risultati un valore che prescinde dalle capacità di chi ha acquisito i dati e svolto le analisi. Poiché i fenomeni fisici sono di per sé esatti (la natura non segue leggi diverse a seconda di un capriccio momentaneo), se il profilo V_s ricavato da, ad esempio, un'indagine MASW è impreciso o errato, lo è perché chi ha analizzato quei dati ha sbagliato il suo lavoro e non perché le onde di superficie “han sbagliato a propagarsi in quel modo”. Di fatto, come vedremo in questa nota, tutti gli acronimi utilizzati in questo ambito (MASW, ReMi, SPAC, ESAC, eccetera) sono oramai di fatto del tutto privi di un significato stringente in quanto non descrivono in nessun modo le specifiche modalità di acquisizione e analisi del dato.

Un esempio tra i molti possibili. Se MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) significa *Analisi Multicanale delle Onde di Superficie*, una serie di sostanziali ambiguità comunque sorge:

- 1) *Surface Waves*: di quali onde (di superficie) stiamo parlando? Rayleigh? Love? Quale componente delle onde di Rayleigh? La verticale e/o la radiale?
- 2) *Multichannel*: che tipo di geofoni colleghiamo ai vari canali del sismografo? Collegare 12 o 24 geofoni verticali consente, di fatto, di fare molto meno rispetto a quello che si può fare collegando un geofono verticale e uno o due geofoni orizzontali (in questo secondo caso si può infatti andare a definire una numerosa serie di “oggetti di analisi” da considerare per meglio vincolare il modello del sottosuolo - vedi oltre).
- 3) *Analysis*: come vengono analizzati i dati acquisiti? Utilizzando le curve modali (cosa non sempre possibile)? Utilizzando la curva effettiva (cosa assolutamente necessaria quando si analizzano

dati passivi da indagini ESAC/ReMi/MAAM)? Utilizzando l'intero spettro di velocità (approccio FVS - *Full Velocity Spectrum*)?

Riguardo poi, ad esempio, le indagini ESAC (fortunatamente le ReMi stanno rapidamente cadendo in disuso) si deve sottolineare come con tale acronimo si definisce unicamente come i dati raccolti in campagna sono elaborati per ricavare lo spettro di velocità, ma il passo successivo (cioè il modo in cui si procede con la modellazione/inversione dei dati) non è in alcun modo definito e codificato ed è assolutamente errato pensare che la curva ottenuta da un'indagine ESAC (o SPAC, o ReMi o MAAM - tutte tecniche passive) sia rappresentativa del modo fondamentale (alcuni dettagli saranno ricordati nel paragrafo finale).

Tutto questo incide inevitabilmente sul contenuto di bandi pubblici o incarichi professionali privati. Da un punto di vista tecnico, infatti, nel momento

in cui un bando menziona ad esempio la tecnica MASW, di fatto non dice nulla proprio perché non definisce quali onde sono utilizzate, se parliamo di velocità di fase o gruppo, di che tipo di analisi, eccetera (vedi ad esempio Dal Moro et al., 2018). È d'altronde del tutto insensato un bando che imponga un numero minimo di canali superiore a 12 per l'effettuazione di un'indagine MASW. In Dal Moro et al. (2003) e Dal Moro (2014 - paragrafo 2.2.1) è mostrato come, per stendimenti di lunghezza non estrema, con anche solamente 12 canali il metodo *phase shift* consenta di ottenere spettri di velocità assolutamente identici a quelli ottenibili con un numero triplo di tracce (cioè che conta non è il numero di canali ma la lunghezza complessiva dello stendimento).

Analogamente, un bando che menzioni l'ESAC o la ReMi senza specificare come poi debba essere modellata/invertita la dispersione risulta del tutto

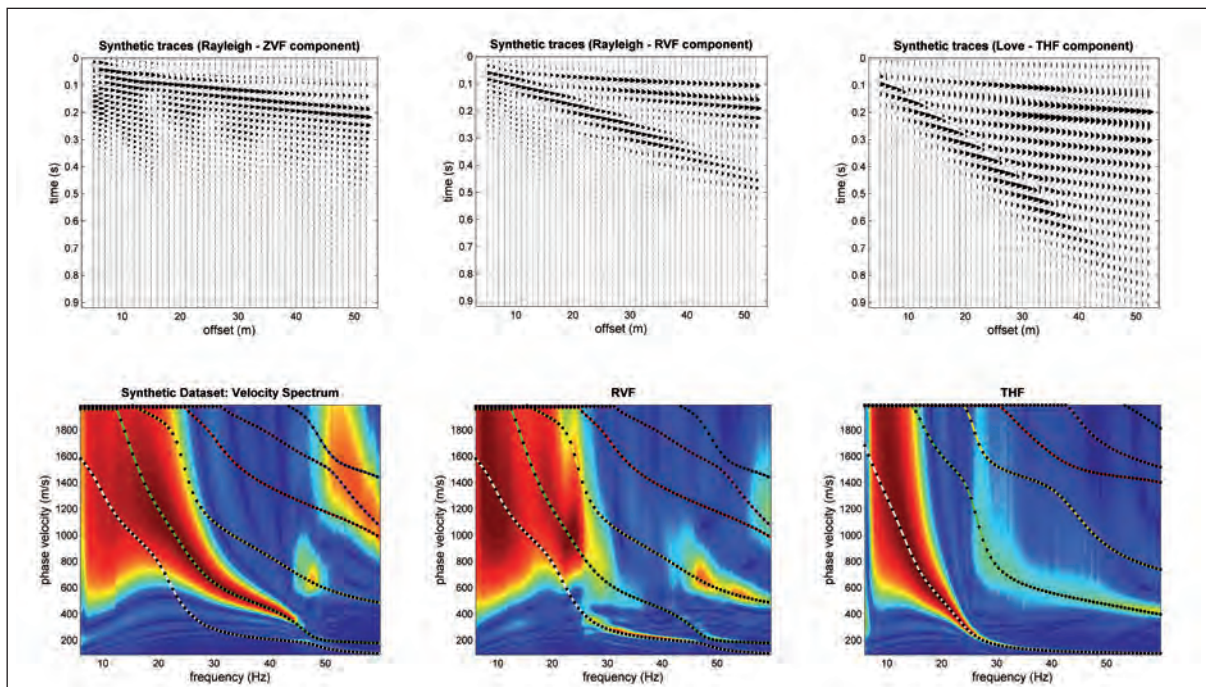


Fig. 1 - Da sinistra a destra: tracce sintetiche (in alto) e spettri di velocità di fase (in basso) delle componenti verticale (Z) e radiale (R) dell'onda di Rayleigh e delle onde di Love (componente THF). In sovrapposizione le curve modali teoriche per il modello considerato (da Dal Moro, 2014). Per commenti vedi testo.

vago, lasciando spazio ad interpretazioni personali che possono sfociare in analisi - e quindi in risultati - del tutto errati: la tecnica ESAC è utilizzata per definire la curva di dispersione, ma se poi tale curva viene invertita considerandola come rappresentativa del modo fondamentale si commette un macroscopico errore (le curve di dispersione derivanti da tecniche passive vanno modellate facendo riferimento non alle curve modali ma alla *curva effettiva* così come definita ad esempio in Tokimatsu et al., 1992).

Considerata l'opacità di molte procedure, sarebbe incidentalmente auspicabile che, assieme alla relazione geologica/sismica, si rendesse obbligatorio il deposito dei relativi dati sismici acquisiti e analizzati. In questo modo, tanto i committenti che gli enti di controllo sarebbero nelle condizioni

di procedere a verifiche tecniche puntuali e non meramente formali.

Come si comportano le onde di superficie (e non solo)

I dati illustrati nelle prime tre figure di questa nota mirano a ricordare e sottolineare quanto complessa possa risultare l'analisi delle onde di superficie (delle onde di Rayleigh in particolare) e, quindi, quanto siano infondate molte semplificazioni e assunzioni da molti spesso purtroppo adottate.

La Fig. 1 riporta le tracce sismiche sintetiche per un modello (noto in quanto fissato da noi) del sottosuolo (per maggiori dettagli vedi Dal Moro, 2014). Sono riportate le onde di Love ed entrambe

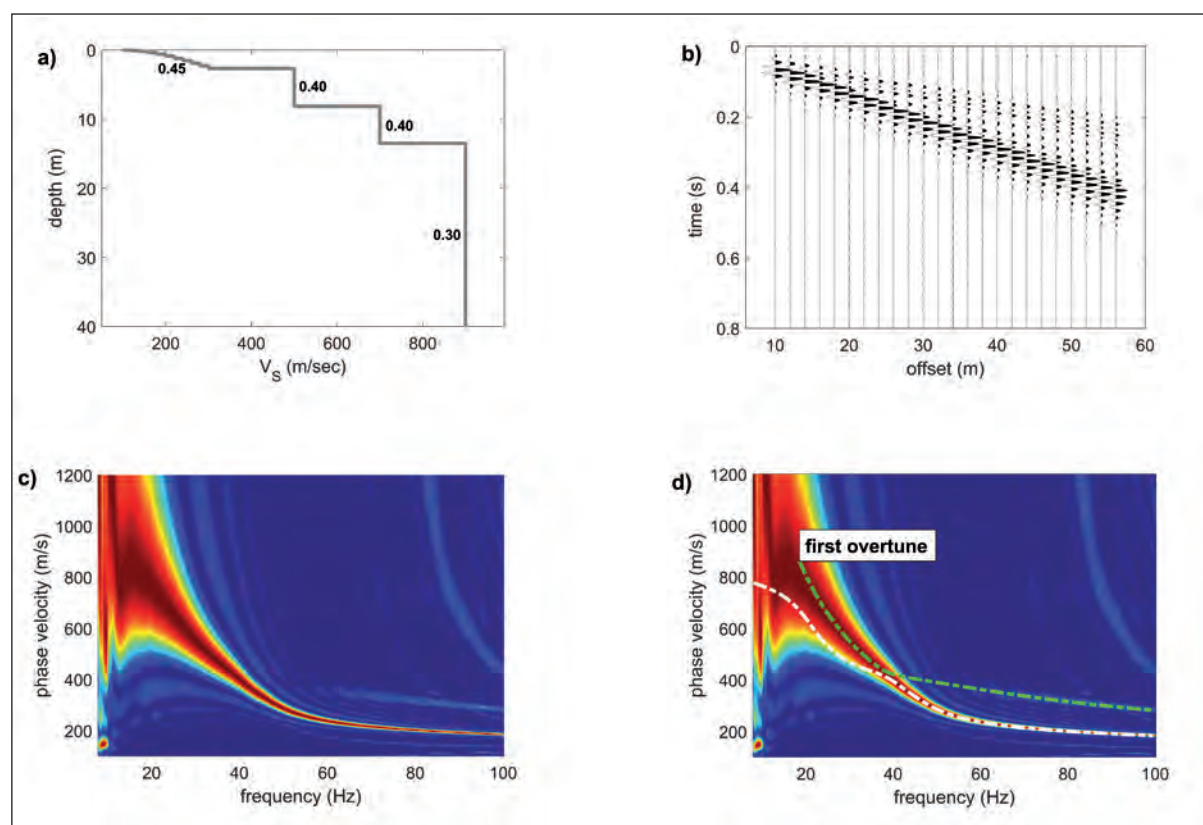
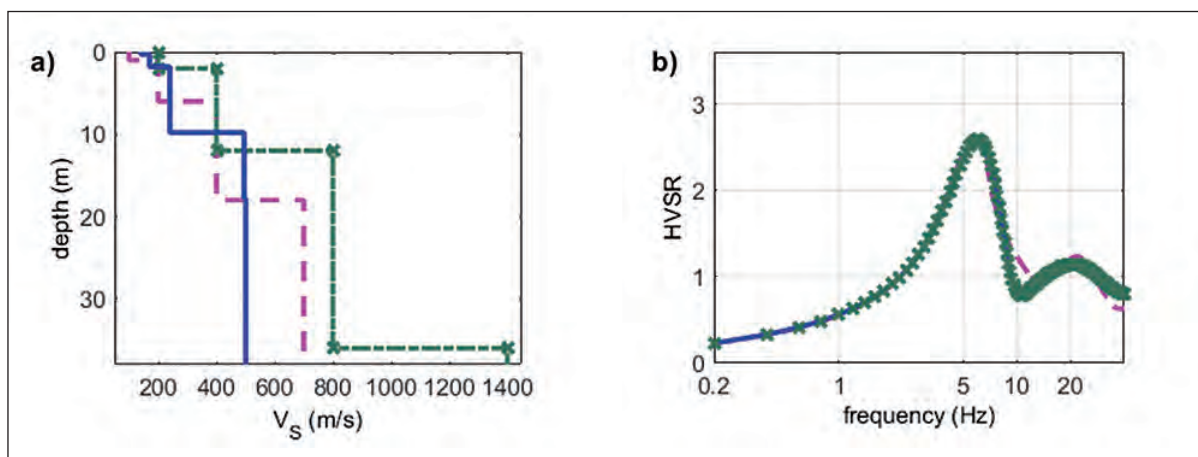


Fig. 2 - Dati sintetici: a) modello V_s (i numeri indicano i rapporti di Poisson adottati); b) tracce sintetiche (componente verticale); c) spettro di velocità di fase; d) spettro di velocità di fase con, sovrapposte, le curve modali teoriche dei primi due modi. È chiaro come il modo fondamentale e il primo superiore si uniscano (in questo caso a circa 40 Hz) e non possano quindi essere distinti.

Fig. 3 - Modellazione dell'HVSR e non univocità della soluzione.



le componenti delle onde di Rayleigh (la verticale Z e la radiale R).

Dal confronto tra spettri di velocità (colori in sottofondo) e curve modali in sovrapposizione (note in quanto stiamo analizzando un dataset sintetico), è possibile comprendere come la componente verticale delle onde di Rayleigh (quella che molti considerano erroneamente la *classica* MASW) risulti in sostanza dominata esclusivamente dal primo modo superiore (con porzioni di modi superiori a frequenze maggiori di 50 Hz).

Le conseguenze sono inevitabili: chi dovesse interpretare il segnale che domina lo spettro di velocità a frequenze inferiori a 50 Hz come modo fondamentale (cosa inevitabile considerato che è l'unico segnale di fatto presente) andrebbe a sovrastimare pesantemente i valori di V_s .

È altresì chiaro come le altre componenti mostrino con maggiore chiarezza significative porzioni del modo fondamentale e risulterebbero quindi fondamentali per una corretta comprensione e interpretazione del dato sismico.

Da un punto di vista pratico la procedura “minima” da adottare in caso di acquisizioni del tipo MASW è assolutamente elementare: utilizzando anche solamente 12 geofoni orizzontali è possibile infatti acquisire tanto le onde di Love che la componente radiale delle onde di Rayleigh (le

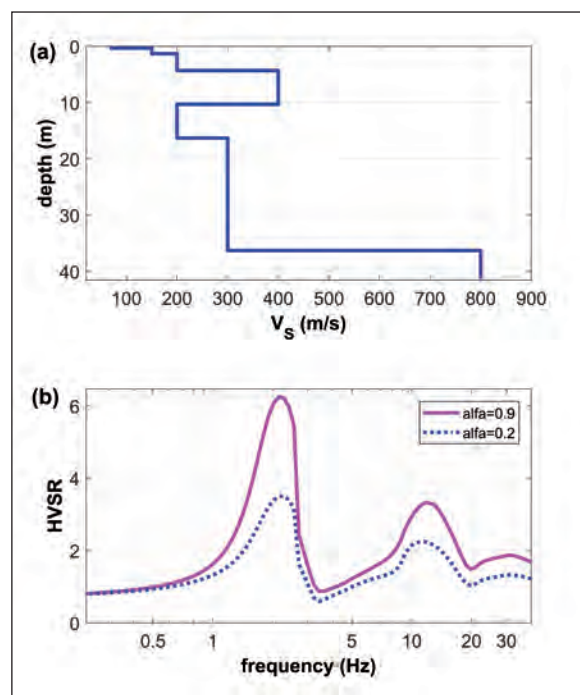
semplicissime procedure di campagna sono ampiamente descritte in Dal Moro, 2012).

Così facendo ci porteremmo a casa due componenti avendo investito solamente un paio di minuti in più (considerato che raggiungere il sito oggetto di indagine ed installare e poi disinstallare la strumentazione richiede, in genere almeno un paio d'ore, due minuti di fatto non incidono in nessun modo sull'economia dell'acquisizione e consentono di acquisire molti più dati utili ad evitare pericolosi errori interpretativi).

È da ribadire come l'utilizzo di 24 geofoni sia del tutto inutile nel momento in cui gli spettri di velocità sono computati con il metodo *phase shift* e non con il metodo *f-k* (per dettagli vedi Dal Moro et al., 2003 e Dal Moro, 2012).

La Figura 2 riporta un ulteriore esempio di dataset sintetico relativo alla componente verticale delle onde di Rayleigh (quella purtroppo spesso utilizzata come unico oggetto di analisi). In questo caso, modo fondamentale e primo superiore si uniscono attorno ai 40 Hz in modo tale da risultare di fatto inscindibili: chi dovesse analizzare questi dati sarebbe inevitabilmente portato a pensare che il segnale di Fig. 2c si riferisce ad un unico modo (magari proprio quello fondamentale) mentre, in realtà, da 40 Hz in giù l'energia si riferisce unicamente al primo modo superiore. La conseguenza

Fig. 4 - Onde di Love e modellazione della curva HVSR: a) profilo V_s considerato; b) curve HVSR ottenute dal modello sopra indicato (anche tutti gli altri parametri del modello del sottosuolo sono invariati) considerando una diversa quantità di onde di Love nel campo dei microtremori (parametro α - in un caso fissato al 20%, nell'altro al 90%). Da Dal Moro (2014) (vedi anche Arai e Tokimatsu, 2004). Ulteriori commenti nel testo.



è, di nuovo, che analisi svolte facendo affidamento unicamente su questa (unica) componente porterebbero inevitabilmente a erronee stime delle V_s . Va certamente sottolineato come la presenza di modi superiori non sia di per sé un problema. Lo è la loro mancata o errata identificazione (nel successivo paragrafo si chiarirà come è possibile affrontare e risolvere il problema).

Considerato l'abuso che si tende a fare in Italia del rapporto spettrale H/V, in Figura 3 e 4 si ricordano brevemente tre fatti principali:

1) in relazione all'utilizzo dell'HVSR per ricavare informazioni inerenti il profilo V_s , va ricordato come, anche in condizioni ideali (vedi successivi punti), la curva HVSR soffra pesantemente della cosiddetta **non-univocità della soluzione** (diversi modelli del sottosuolo hanno la medesima curva HVSR - vedi Figura 3) e l'utilizzo di dati

penetrometrici non è sufficientemente vincolante (Dal Moro e Puzzilli, 2017);

2) la curva HVSR osservata in campagna (molto vi sarebbe da dire sull'accuratezza dei dati non sempre raccolti in modo rigoroso) non dipende unicamente dal profilo V_s ma in una certa misura anche dagli altri parametri visco-elastici (V_P e fattori di qualità), nonché dalla quantità di onde di Love effettivamente presenti nel campo dei microtremori di fondo (vedi Figura 4);

3) la curva HVSR non rappresenta *sic et simpliciter* l'amplificazione di sito (vedi esempio riportato in Figura 5) e l'amplificazione di sito non rappresenta in nessun modo una sintesi del "rischio sismico" (espressione quanto mai generica e abusata) che è, invece, determinato innanzitutto dalle caratteristiche del sisma, cioè dal suo meccanismo focale, spettro e azimuth/orientazione della sorgente, meccanismi di attenuazione, eccetera (Panza e Peresan, 2016). In altre parole, quello che si deve verificare attraverso una puntuale analisi delle caratteristiche sismogenetiche dell'area è quale sia la distribuzione di energia alle varie frequenze. Se ad esempio (e dovendo qui semplificare) l'energia che una certa tipologia di sismi genera attorno ai 4 Hz fosse significativamente inferiore rispetto a quella attorno ai 10 Hz, un'eventuale locale amplificazione attorno ai 4 Hz non genererebbe necessariamente un particolare pericolo rispetto quest'ultima frequenza.

Ritenere che con V_{s30} (o, seguendo le NTC2018, le V_s equivalenti) e HVSR si possa affrontare una seria caratterizzazione del rischio sismico rappresenta una grossolana e pericolosa semplificazione, che in Italia si osserva anche in relazione ad importanti opere di carattere strategico progettate, contro le stesse indicazioni delle NTC e in assenza di reali e puntuali controlli tecnici, con una caratterizzazione di sito del tutto inadeguata o palesemente errata nel metodo e/o nel merito.

Un fattore poco noto inerente la modellazione della curva HVSR riguarda, come accennato nel secondo punto, il contributo delle onde di Love. In

Figura 4 sono riportate due curve HVSR compilate a partire dallo stesso modello di sottosuolo al variare della quantità di onde di Love nel campo dei microtremori. Tale valore, sintetizzato dal parametro α (vedi Arai e Tokimatsu, 2004 e Dal Moro, 2014), esprime la quantità di onde di Love rispetto a quelle di Rayleigh.

Chiaramente, muovendosi unicamente lungo il piano orizzontale, una maggiore quantità di onde di Love determinerà un aumento del moto sul piano orizzontale e quindi del rapporto H/V, andando quindi ad aggiungere una ulteriore fonte di indeterminatezza alle modellazioni della curva HVSR. Va infatti ricordato come l'HVSR possa variare a seconda delle condizioni meteo-climatiche che modificano le caratteristiche del campo dei

microtremori.

Riguardo la cosiddetta (e spesso malamente intesa) amplificazione di sito, da non confondersi in alcun modo con l'effettiva pericolosità di sito che per essere puntualmente determinata richiede la definizione delle caratteristiche spettrali del sisma, in Figura 5 si riportano alcuni dati riguardanti un lavoro svolto per la caratterizzazione dei terreni circostanti una grande diga lungo il fiume Reno (Germania).

Sono presentati il profilo V_s determinato dall'analisi congiunta dei dati (più avanti si sottolineerà la differenza tra reale *analisi congiunta* e mera *integrazione di dati*), la curva HVSR di campagna e la funzione di trasferimento delle onde SH che descrive (in prima battuta) l'amplificazione di sito.

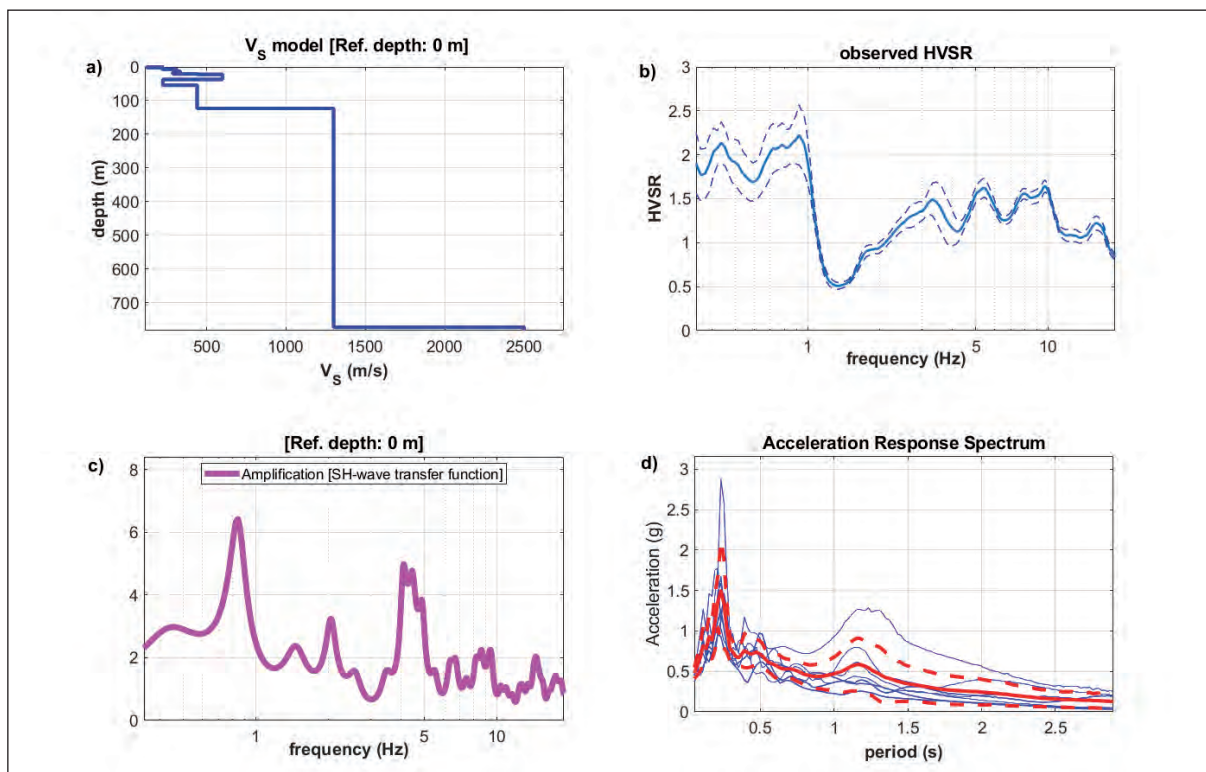
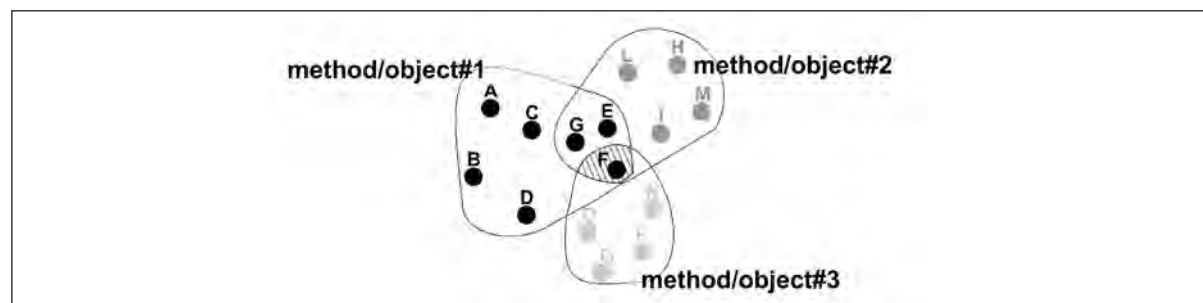


Fig. 5 - HVSR e amplificazione di sito: a) profilo V_s identificato tramite analisi congiunta di diverse componenti (vedi paragrafo successivo e bibliografia); b) HVSR di campagna (uno degli oggetti considerati nell'analisi congiunta); c) funzione di trasferimento delle onde SH (cioè la funzione di amplificazione che, come si vede, risulta significativamente diversa rispetto la curva HVSR di campagna); d) spettri di risposta determinati considerando 6 diversi possibili sismi di input.

Fig. 6 - Schema concettuale di un'analisi congiunta (vedi testo).



A questo proposito si deve anche ricordare come le NTC2018 (D.M. 17 gennaio 2018), oltre a modificare leggermente le definizioni di categoria di suolo, tendano a dare una certa enfasi alla Risposta Sismica Locale. Quest'ultima può in effetti essere più articolata di come spesso si tende ad assumere in maniera monolitica e poco consapevole - vedi ad esempio il dibattito sulla correttezza dell'approccio probabilistico (PSHA - *Probabilistic Seismic Hazard Assessment*) rispetto all'approccio fisico (NDSHA - *NeoDeterministic Seismic Hazard Assessment*) (Panza e Peresan, 2016).

Come conseguenza della riduzione del lavoro del professionista a mero fatto burocratico, si è infatti completamente perso di vista il reale significato fisico che avrebbe dovuto animare la lettera della legge. In questo senso, e considerata la quantità di analisi e relazioni del tutto errate depositate in tutti gli uffici pubblici, risulta assolutamente profetico il monito di Umberto Galimberti: *Il carattere afinalistico della tecnica, che non si muove in vista di fini ma solo di risultati che scaturiscano dalle sue procedure, abolisce qualsiasi orizzonte di senso, determinando così la fine della storia come tempo fornito di senso (Psiche e techne, Umberto Galimberti).*

Se la citazione può risultare sin troppo alta, nei fatti identifica un punto cruciale di questi 10 anni di NTC: l'utilizzo di metodologie mal comprese da parte di molti professionisti e organi di verifica ha ridotto una legge potenzialmente ben strutturata in un'applicazione acritica di tecniche non

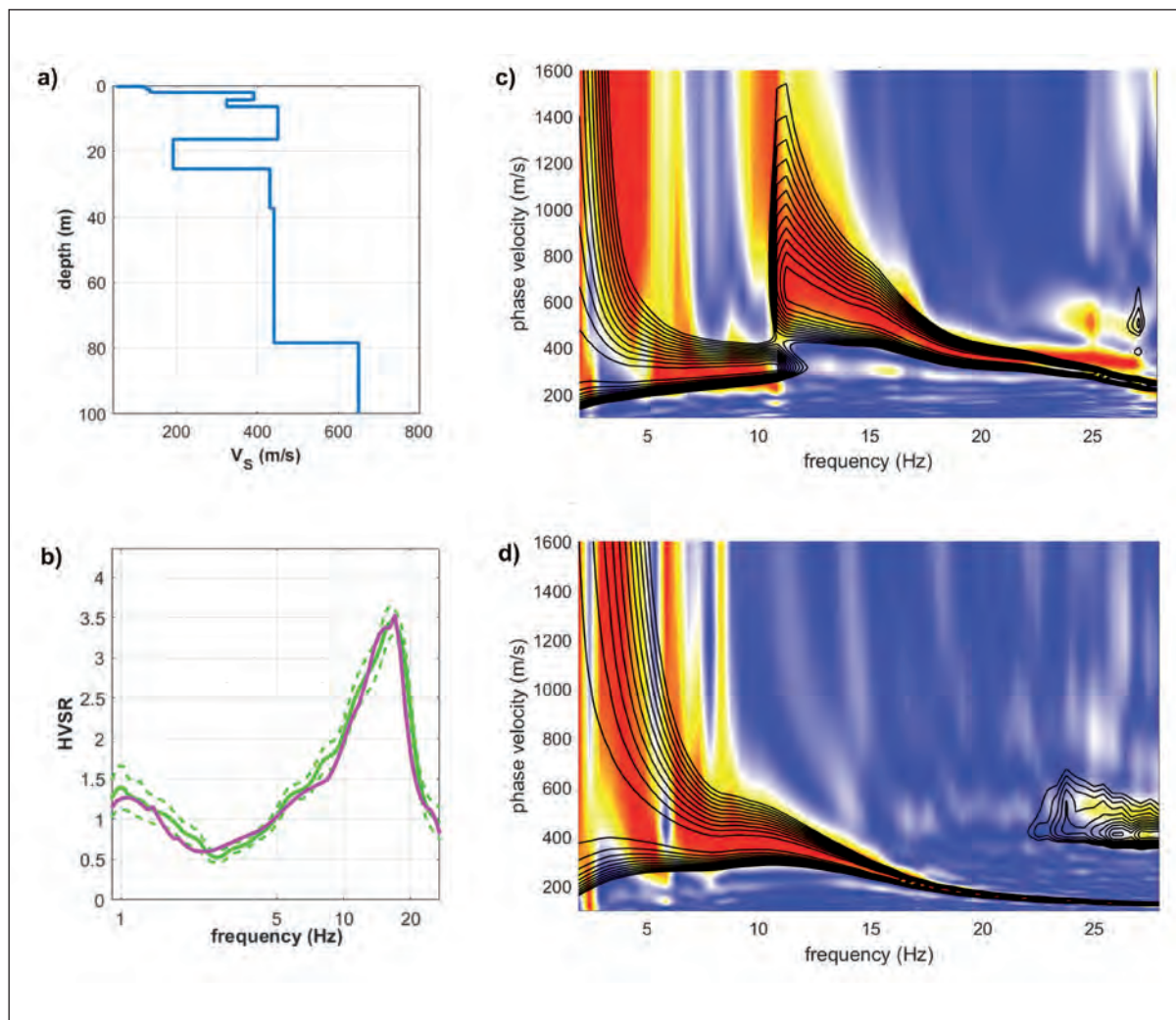
adeguatamente intese nel loro senso. Il lavoro di verifica sismica è di fatto divenuto un fatto di *routine* il cui unico scopo è quello di chiudere una pratica burocratica (che di fatto non subirà un serio e puntuale controllo di carattere tecnico) e non quello di fare in modo che un'opera possa reggere alle sollecitazioni di un sisma.

Rispetto i dati riportati in Fig. 5, è possibile notare la notevole differenza tra l'HVSR di campagna e la reale funzione di amplificazione.

Riguardo quest'ultima, sono da ricordare e sottolineare due fatti assolutamente cruciali:

1. **l'attendibilità della curva di amplificazione calcolata in relazione a studi di RSL dipende in tutto e per tutto dalla precisione del modello V_s identificato e l'analisi semplificata di un unico "oggetto di analisi"** (MASW a componente singola e curve modali, ESAC, HVSR, eccetera) **non consente in alcun modo di ottenere un modello sufficientemente preciso;**
2. la curva di amplificazione non rappresenta in nessun modo un dato sufficiente a caratterizzare la risposta sismica locale in quando quest'ultima dipende in misura preponderante dalla effettiva sorgente sismica (suo meccanismo focale e sequenza temporale di rottura), dai meccanismi di attenuazione e dell'azimuth tra sorgente e sito di riferimento eccetera (vedi Panza e Peresan, 2016).

Fig. 7 - Esempio di analisi congiunta Rayleigh + Love (secondo l'approccio FVS - *Full Velocity Spectrum*) + HVSR: a) modello V_s identificato; b) HVSR di campagna e sintetico (riferito al modello identificato); c) e d) spettri di velocità di campagna (colori in sottofondo) e spettri sintetici (linee di *contour* nere in sovrapposizione). Si noti l'ottima sovrapposizione tra dati di campagna e sintetici (vedi anche Fig. 8 e relativo testo).



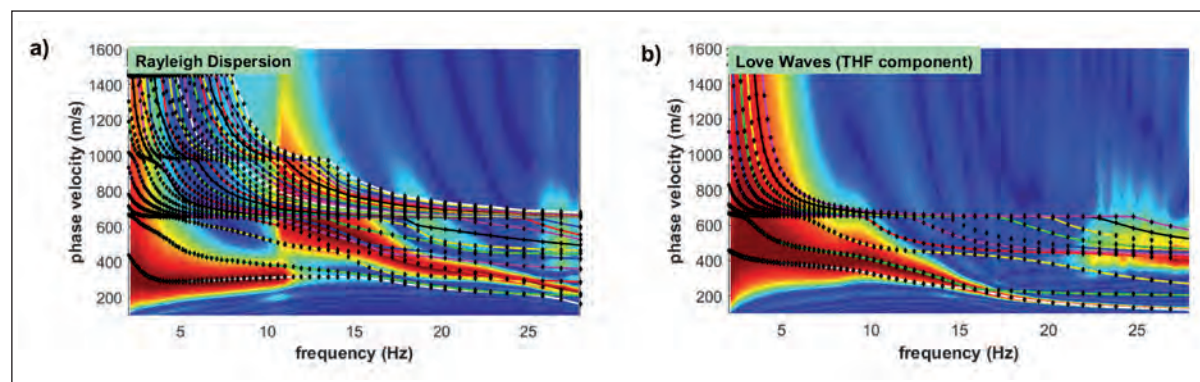
Un problema molto spinoso nella valutazione delle curve HVSR riguarda la corretta identificazione e gestione dei segnali industriali spesso presenti ad “inquinare” i microtremori naturali. È infatti relativamente comune vedere picchi HVSR prodotti da componenti di natura industriale e, non compresi come tali, spacciati per evidenze di “risonanze di sito” che nemmeno gli organi di controllo e verifica sono spesso in grado di interpretare correttamente.

Le soluzioni

Per evitare di fornire profili V_s imprecisi o del tutto errati, vi è un'unica via d'uscita: l'accurata **analisi congiunta di diverse componenti o “oggetti di analisi”** (per una panoramica vedi Dal Moro, 2014).

In Figura 6 è riportato uno schema concettuale utile a comprendere il concetto di **analisi congiunta**, pratica ben diversa dalla mera **integrazione di**

Fig. 8 - Sullo sfondo gli spettri sintetici delle onde di Rayleigh (componente Z) e Love relativi all'esempio riportato in Fig. 7 (in cui gli spettri sintetici sono riportati come *contour lines* nere). In sovrapposizione le curve di dispersione modali. È chiaro come i vari modi si combinano in maniera tale da risultare inseparabili. In questo caso non sarebbe quindi possibile procedere ad analisi secondo il classico approccio basato sull'identificazione delle curve modali.



dati che consiste in una valutazione qualitativa *ex post* di dati ed analisi di fatto eseguite in maniera separata. Il metodo/oggetto#1 può venire spiegato da una molteplicità di modelli (in Figura 6 indicati con le lettere da A a G), mentre il metodo/oggetto #2 e #3 da una serie di altri modelli. È solo il modello F, identificabile dall'analisi congiunta di tutti gli oggetti presi in esame, che rende conto di tutte le componenti considerate.

È certamente necessario puntualizzare la differenza tra *analisi congiunta* e *analisi integrata* (da molti sistematicamente confuse nonostante la sostanziale differenza concettuale e quindi pratica). L'analisi congiunta è un tipo di analisi in cui i diversi "oggetti di analisi" (ad esempio i dati di dispersione multi-componente e le curve HVSr, RVSR, RPM, eccetera) sono analizzati assieme (per così dire all'unisono) all'interno dello stesso (unico) algoritmo di inversione congiunta: al variare del modello di sottosuolo viene analizzata quanto tale variazione vada ad incidere su **tutti** gli oggetti considerati. Si tratta di un'analisi puntuale e quantitativa e, per così dire, olistica.

L'integrazione di dati è invece una pratica meramente qualitativa e del tutto indicativa: gli oggetti considerati sono analizzati separatamente e i risultati confrontati *ex post* tentando di intravedere un generico accordo di carattere appunto

qualitativo e per così dire *verbale* (non quantitativo). Va da sé che questo secondo *modus operandi* ha un peso del tutto diverso (molto inferiore) rispetto al primo.

Per quanto riguarda le onde di superficie (MASW, ReMi, ESAC, MAAM, HS/MFA/FTAN, eccetera), le **curve modali** non sono sempre utilizzabili poiché il modo in cui si eccitano e combinano i vari modi può essere estremamente complesso e i modi (come visto nel precedente paragrafo) possono non essere distinguibili/separabili (quest'ultimo fatto è particolarmente problematico nell'analisi di dati passivi quali ad esempio ReMi, ESAC e MAAM - vedi Dal Moro, 2014 e Tokimatsu et al., 1992).

L'approccio da seguire allo scopo di fornire profili V_s sufficientemente puntuali da consentire di procedere ad un computo della Risposta Sismica Locale, dovrebbe basarsi sull'acquisizione di diverse componenti e l'analisi congiunta di diversi "oggetti" (rappresentati ad esempio dagli spettri di velocità di gruppo e/o fase, le curve RVSR, RPM e HVSr modellate in modo puntuale e rigoroso (vedi anche Panza, 1989; Natale et al., 2004; Hermann, 2013; Dal Moro et al., 2015a; 2015b; 2016; 2017; 2018).

In Fig. 7 e 8 sono riportati i dati riferiti ad un caso studio piuttosto complesso relativo ad un sito marchigiano (i cui dati erano incidentalmente piuttosto rumorosi) e risolto considerando l'analisi congiunta delle onde di Rayleigh e Love (analizzati secondo l'approccio FVS - vedi Dal Moro, 2014 e Dal Moro et al., 2018) congiuntamente all'HVSR. Confrontando i dati e le modellazioni riportati in Fig. 7b, 7c e 7d, si può apprezzare l'ottimo accordo rispetto a tutti i tre "oggetti di analisi" in questo caso considerati.

In estrema sintesi, l'approccio FVS consiste nel simulare l'intero spettro di velocità senza passare attraverso una fase di interpretazione dello spettro in chiave di curve modali. Analizzando ad esempio le Fig. 7c e 7d, possiamo vedere come gli spettri sintetici (curve nere di *contour*) riferiti al modello identificato (Fig. 7b) si sovrappongono ai segnali a colori sullo sfondo (che si riferiscono al dato di campagna).

Se in questo specifico i dati raccolti erano in effetti piuttosto sporchi, ulteriori e più completi esempi sono presentati nel paragrafo finale (Fig. 9c e 9d e 10a - in questo caso analizzando gli spettri di velocità di gruppo) come anche ad esempio in Dal Moro (2014) e Dal Moro et al. (2018).

È solo attraverso l'accordo puntuale e quantitativo di tutti gli oggetti considerati che possiamo essere certi della bontà del modello del sottosuolo (Fig. 7a) identificato.

È da sottolineare con forza come, in questo caso, non sarebbe stato possibile analizzare la dispersione delle onde di superficie (Rayleigh e Love) facendo riferimento alle curve modali. Il segnale che domina le onde di Rayleigh a frequenze superiori a 10 Hz (Fig. 7c e 8a) non è un unico modo superiore (come un approccio semplicistico potrebbe far pensare) ma la combinazione di molti modi, indicativamente dal terzo (alle frequenze più alte) al trentesimo (frequenze attorno ai 12 Hz).

Nonostante il segnale sia continuo (Fig. 7d e 8b), le stesse onde di Love sono dominate dal modo fondamentale a frequenze inferiori a circa 7 Hz e superiori a 16 Hz e dal primo superiore a frequenze tra 7 e 16 Hz.

Quindi, come già visto per i dati sintetici riportati in Fig. 2, si verifica come **la continuità di un segnale sullo spettro di velocità non significa che tale segnale si riferisca ad un unico modo** (e questo significa che non è sempre applicabile l'approccio semplificato basato sulle curve di dispersione modale).

Infatti, a causa della complessità del sito/dataset, accade anche alle onde di Love quanto già evidenziato in Figura 2 per le onde di Rayleigh (che sono in generale ben più complesse): a circa 7-8 Hz (Fig. 8b) l'energia relativa al modo fondamentale si unisce a quella relativa al primo modo superiore e non risulta quindi possibile una loro separazione, rendendo così inutilizzabile qualsiasi tentativo di seguire un approccio basato sulle semplici curve modali.

A frequenze superiori ai 22 Hz compare un segnale associabile essenzialmente al terzo modo superiore (deve essere comunque molto chiaro che per le analisi FVS (*Full Velocity Spectrum*) riportate in Fig. 7c e 7d i dati non vanno interpretati in chiave di modi in quanto lo spettro viene modellato nella sua interezza).

Negli ultimi tempi, anche in Italia si è cominciato ad utilizzare la cosiddetta ESAC (*Extended Spatial AutoCorrelation*) ed alcune precisazioni possono risultare utili.

Innanzitutto va ricordato come l'ESAC sia una generalizzazione della SPAC (*Spatial AutoCorrelation*) e come tale è chiaramente di rango superiore (un ESAC è di fatto una SPAC in grado di gestire dati raccolti secondo una qualsiasi geometria mentre lo SPAC solo secondo geometrie circolari). Chi ha avuto modo di confrontare spettri di velocità da MASW (componente verticale) ed ESAC sa bene che di fatto questi sono molto simili e l'unico vantaggio dell'ESAC è che, se le dimensioni dello stendimento sono sufficienti, è possibile ottenere informazioni a frequenze leggermente inferiori rispetto a quelle ottenibili con la tecnica attiva.

Tre aspetti sono comunque da porre in evidenza: 1) con il termine ESAC si indica una procedura atta a determinare le proprietà dispersive del mezzo

(curva di dispersione effettiva) ma non si dice nulla di come tale informazione venga poi utilizzata. Come si effettua l'inversione (modellazione)?

2) La curva che si ottiene (detta *effettiva*) è la combinazione dei modi di fatto eccitati dal sito e va modellata come curva effettiva seguendo la formulazione di Arai e Tokimatsu (1992). Non è qui possibile approfondire il tema ma è da ribadire con forza che **in nessun modo** la curva ottenuta da analisi ESAC (o SPAC o ReMi o MAAM - vedi successivo paragrafo) sia rappresentativa del modo fondamentale. Considerare che la curva di dispersione ricavabile da indagini passive sia rappresentativa del modo fondamentale è un grossolano (ma purtroppo comune) errore.

3) Poiché le basse frequenze sono di fatto facilmente determinate dall'HVSR, quanto senso ha dedicarsi ad acquisizioni/analisi ESAC per recuperare un paio di Hz in più rispetto una sismica attiva?

Si consideri che, mentre la sismica attiva consente di acquisire diverse componenti (e ritorniamo al concetto sintetizzato in Figura 6), con la sismica passiva è possibile acquisire unicamente la componente verticale (in passiva le altre componenti sono determinabili unicamente con complesse e costosissime acquisizioni/analisi accessibili, di fatto, unicamente a limitatissimi ambienti accademici).

Quando potrebbe avere senso utilizzare l'ESAC? In situazioni urbane, in cui il rumore di fondo e la logistica possono rendere problematiche le

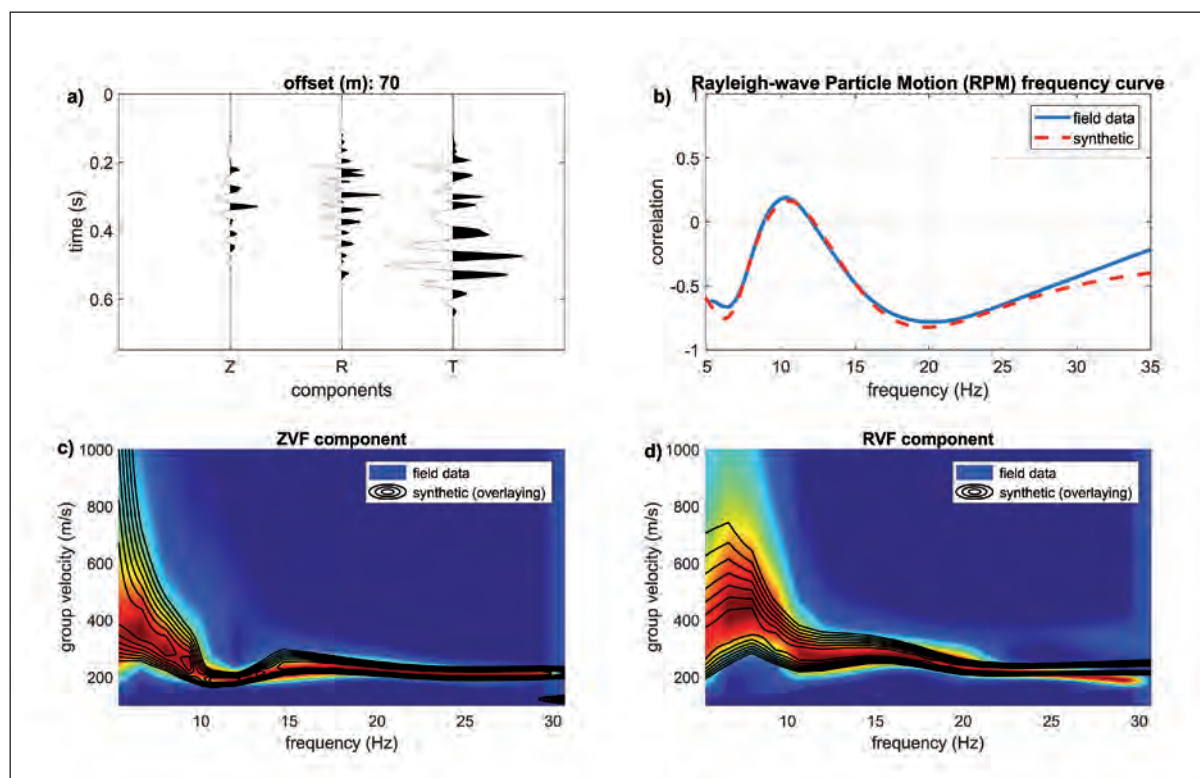


Fig. 9 - Analisi congiunta e olistica delle onde di superficie acquisite da un unico geofono triassiale posto a 70 m dalla sorgente: a) tracce attive (componenti Z, R e T - cioè verticale, radiale e trasversale); b) curva RPM di campagna e da modello identificato (vedi Figura 10d); c) spettro di velocità di gruppo di campagna e da modello identificato per la componente Z; d) spettro di velocità di gruppo di campagna e da modello identificato per la componente R. Da Dal Moro e Keller (2017).

acquisizioni di sismica attiva e si ha a disposizione abbastanza spazio per uno stendimento ESAC. Si deve considerare come, del tutto indicativamente, le informazioni raccolte dall'ESAC si riferiscono sino ad una profondità pari a circa la metà della distanza tra i geofoni tra loro più distanti. Ciò non significa che in questo modo vado ad ottenere informazioni sino a quella profondità, perché comunque resta sempre valido il problema dell'ambiguità legata tanto alla non-univocità della soluzione che al significato della curva apparente determinata (per motivi di spazio non è certamente possibile approfondire in questa sede i dettagli).

Ad ogni modo la dispersione ricavata va assolutamente analizzata facendo riferimento alla curva *effettiva* (o *apparente*) e mai attribuendo tale curva al modo fondamentale (esattamente come andrebbe fatto per gli spettri derivanti da analisi ReMi, tecnica oramai fortunatamente in disuso). Nel prossimo paragrafo vedremo come esistano

alcune tecniche (attive e passive) che consentono di muoversi in modo molto snello in ambienti urbani e/o dai limitati spazi e che vanno ben oltre a quelle comunemente più diffuse in Italia.

Alcune conclusioni: dentro le analisi e oltre il cosiddetto multi-canale

Tra i molti fraintendimenti linguistici alla base di tanti problemi tecnici in materia di analisi di dati sismici, vi sono certamente quelli legati ad una superficiale interpretazione e conseguente cattivo uso del termine *multichannel* (multi-canale).

L'espressione *multichannel* in effetti non è indicativa di nulla di puntuale e rigoroso come non lo è, a ben vedere, nemmeno l'espressione MASW (vedi paragrafo introduttivo).

Le onde di Rayleigh forniscono indicazioni preziose ma, come abbiamo brevemente ricordato nel secondo paragrafo di questa nota, i dati possono

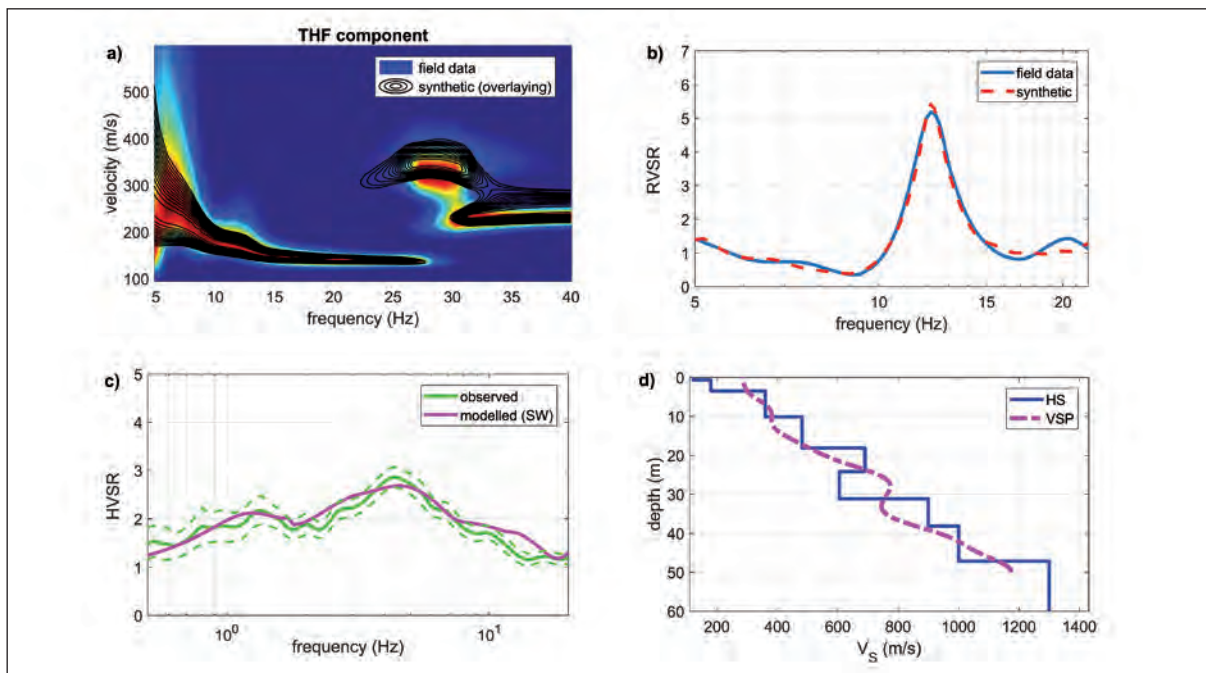
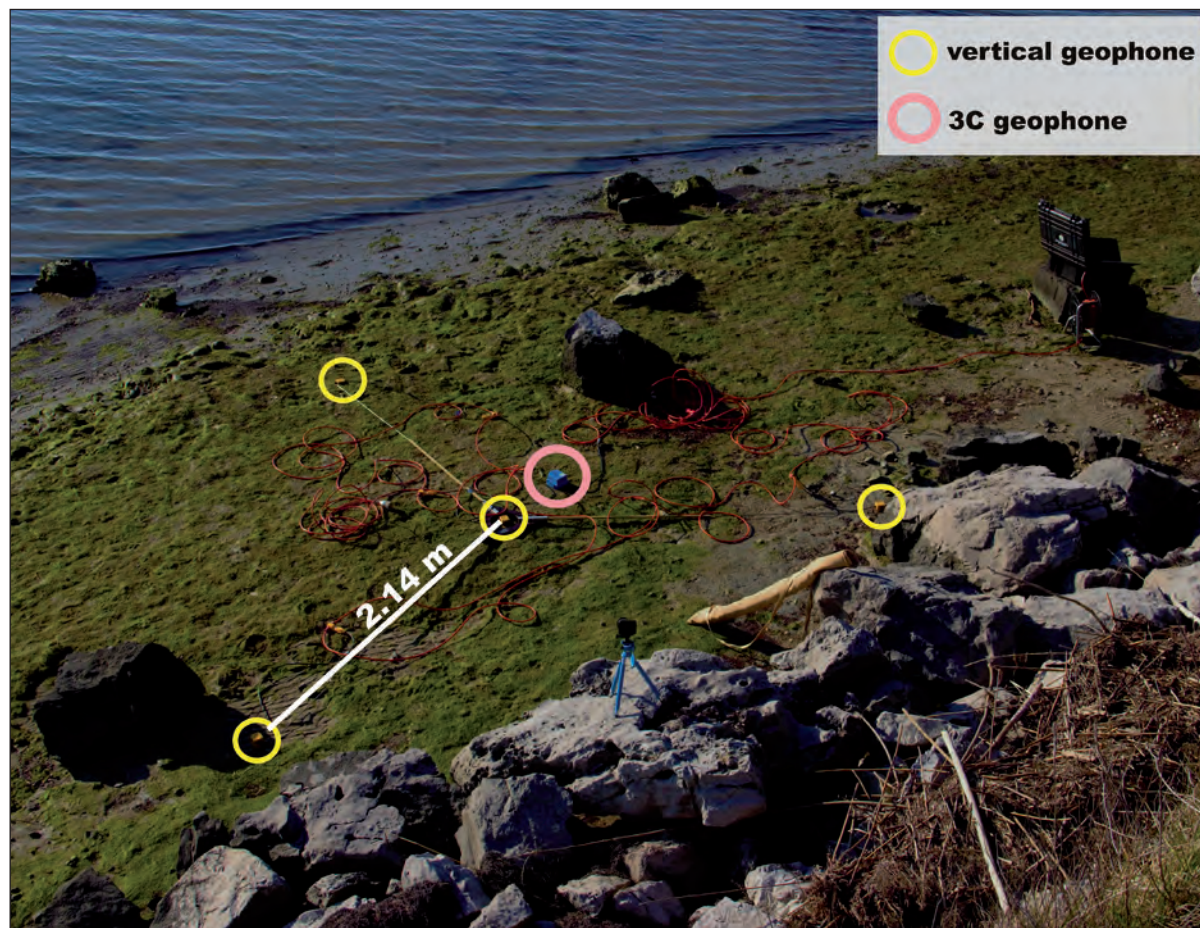


Fig. 10 - Analisi congiunta e olistica delle onde di superficie acquisite da un unico geofono triassiale (continuazione del dataset presentato in Figura 9): a) spettro di velocità di gruppo di campagna e da modello identificato (grafico d) per la componente T (onde di Love); b) curva RVSR di campagna e sintetica; c) HVSR osservato e sintetico; d) confronto tra profilo V_s identificato da misure HS+HVSR e ottenuto da dati VSP (sismica di pozzo).

Fig. 11 - Acquisizione MAAM (*Miniature Array Analysis of Microtremors*) in ambiente lagunare (l'area investigata emerge solamente per circa un paio di ore). Quattro geofoni verticali (dalle appropriate caratteristiche) sono posti secondo un triangolo equilatero con un geofono al centro. Un geofono triassiale è utilizzato per acquisire contemporaneamente i dati per la determinazione della curva HVSR (ma lo stesso geofono può essere utilizzato anche per l'acquisizione di dati attivi HS, vibrazionali eccetera).

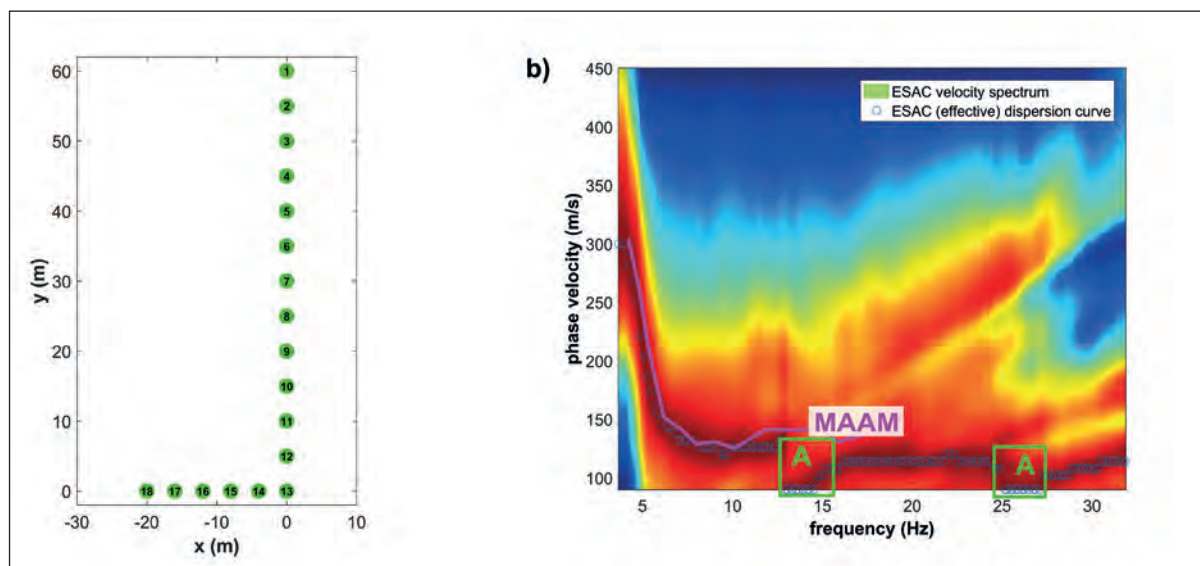


essere piuttosto complessi da comprendere. A causa di questo, svolgere la loro analisi secondo un approccio semplificato (curve modali) e senza l'utilizzo di ulteriori dati sismici può essere pericoloso. Per questo motivo sempre più ricercatori nel mondo supportano l'analisi delle onde di Love che, sebbene in alcune condizioni siano meno sensibili a dettagli stratigrafici minori, sono certamente di più semplice ed immediata lettura e comprensione e consentono quindi di evitare macroscopici errori possibili nel caso si consideri unicamente una componente delle onde di Rayleigh (molto più complesse) e l'approccio a curve modali.

Inoltre, le onde di Rayleigh possono essere analizzate in modo più completo e puntuale, considerando gli spettri di velocità di entrambe le componenti (quella verticale e quella radiale) come anche analizzando l'effettivo movimento della particella. Quest'ultimo non è in effetti *retrogrado* (come spesso si tende a semplificare), essendo di fatto un complesso mix di moto *progrado* e *retrogrado* che si combinano in vario modo in funzione della frequenza.

Un modo piuttosto semplice di verificare l'effettivo moto della particella indotto dal passaggio dell'onda di Rayleigh è dato dal computo della cosiddetta

Fig. 12 - Confronto tra le proprietà dispersive determinate via MAAM e ESAC analizzando dati raccolti in un'area urbana dell'Italia del Nord-Ovest: a) array utilizzato per l'ESAC; b) spettro di velocità di fase ottenuta da ESAC (colori in sottofondo e curva a cerchi blu) e curva di dispersione effettiva ricavata da MAAM considerando un triangolo dal raggio di 2 m (curva magenta). I "segnali" evidenziati all'interno dei quadrati A sono artefatti degli spettri ottenuti da analisi ESAC dovuti a meri effetti di *aliasing spaziale* che possono essere tranquillamente ignorati. Si noti l'ottima corrispondenza tra MAAM e ESAC.



curva RPM (*Rayleigh-wave Particle Motion* - Dal Moro et al., 2017; 2018).

Un esempio è riportato in Figura 9b. I dati e le analisi riportati in Fig. 9 e 10 si riferiscono alla metodologia HS (*Holistic analysis of Surface waves*), una sorta di ottimizzazione del metodo MFA/FTAN (Natale et al., 2004) (vedi anche Dal Moro et al., 2015a; 2015c; 2016; 2017; 2018).

Basandosi sull'analisi delle velocità di gruppo, per tali analisi è necessario un unico geofono triassiale posto ad una distanza che andrà a influire sulla massima profondità di penetrazione del segnale stesso.

Riguardo la curva RPM (Fig. 9b), i valori di correlazione pari a +1 indicano un moto puramente *retrogrado*, mentre valori pari a -1 puramente *progrado*. Se in generale il moto è un complesso mix con valori di correlazione intermedia, nel caso riportato in Figura 9b si può notare come il moto sia largamente dominato da un andamento *progrado* lungo quasi tutto il *range* di frequenze considerato.

Essere in grado di definire l'effettivo moto della

particella, non è un fatto dal valore meramente accademico: la o le curve RPM rappresentano infatti un utilissimo oggetto di analisi da affiancare agli spettri di velocità e alle curve HVSR e/o RVSR (*Radial-to-Vertical Spectral Ratio*, una sorta di HVSR definito per misure di sismica attiva) al fine di definire con sempre maggiore precisione il profilo V_s .

Rispetto ai dati e alle analisi sintetizzate in Figura 9 e 10 va sottolineato un fatto cruciale. Nel caso delle acquisizioni e analisi HS (Dal Moro et al., 2015a; 2015c; 2018) i dati vengono raccolti da un unico geofono triassiale e opportunamente elaborati in modo tale da ottenere sino a cinque diversi "oggetti" di analisi (gli spettri di velocità di gruppo delle due componenti delle onde di Rayleigh, quello delle onde di Love e le curve RPM e RVSR) a cui si aggiunge poi la curva HVSR (che va a costituire un ulteriore "oggetto" di analisi).

Di fatto si pone il triassiale ad una certa distanza rispetto la sorgente e si acquisiscono i dati attivi. È possibile associare a tale tecnica l'acronimo MASW? Certamente sì in quanto:

- 1) stiamo parlando di dati multi-canale (tre canali ai quali sono associati due geofoni orizzontali tra loro perpendicolari ed uno verticale);
- 2) stiamo analizzando le onde di superficie (sia le Love che le Rayleigh).

In questo modo la soluzione che si va ad ottenere è necessariamente molto più vincolata (si torni allo schema di Figura 6) rispetto a quando, piantando 24 geofoni verticali ed effettuando classiche acquisizioni “MASW” (le virgolette sono utilizzate per ribadire che tale acronimo ha di fatto poco valore perché oramai vago rispetto gli sviluppi delle tecniche odierne), si va in effetti a definire un unico oggetto di analisi (lo spettro di velocità di fase della componente verticale dell’onda di Rayleigh - vedi ad esempio Fig. 2).

Una tecnica di carattere passivo che può rivelarsi molto utile specie nell’esplorazione di aree urbane o remote con poco spazio a disposizione è la MAAM (*Miniature Array Analysis of Microtremors* - Cho et al., 2013). Si tratta di disporre regolarmente un numero dispari di sensori attorno ad un sensore centrale. La configurazione più semplice è quella a triangolo equilatero (Figura 11), ma un maggior numero di sensori è potenzialmente in grado di migliorare il rapporto segnale/rumore (la seconda possibile configurazione è quindi a pentagono).

Si tratta, per alcuni versi, di una sorta di mini-ESAC che, per essere affrontata con successo, richiede:

- solido bagaglio teorico (presupposto in effetti necessario per qualsiasi tecnica);
- puntualità della strumentazione adottata (sensori dalle identiche curve di risposta e sismografo dall’ottimo range dinamico in grado di assicurare un’adeguata qualità del dato acquisito);
- accuratezza delle procedure di acquisizione (ottimo accoppiamento e perfetta verticalità dei geofoni).

I tempi di registrazione sono sempre dell’ordine di poche decine di minuti (come qualsiasi tecnica passiva utilizzata in ambito professionale) e, al fine di individuare la curva di dispersione in un *range* approssimativamente attorno ai 4-40 Hz,

il raggio del triangolo o pentagono è indicativamente di 2-3 m.

In Figura 12 sono ad esempio riportati i dati di dispersione ricavati da un’acquisizione ESAC (in Fig. 12a è riportata la geometria dell’array utilizzato) e MAAM. La perfetta congruenza delle curve di dispersione ricavate dimostra tanto la sostanziale omogeneità dell’area investigata (di per sé la tecnica MAAM è chiaramente influenzata dalle condizioni locali mentre l’ESAC si riferisce ad un’area più vasta) quanto la correttezza delle operazioni svolte e la buona qualità dei dati.

È infine da sottolineare come la sismica di pozzo (VSP - *Vertical Seismic Profiling*) consente, come anche qualsiasi penetrometria, di ricavare informazioni estremamente locali e non è di per sé garanzia di qualità o correttezza dei risultati. Infatti, come qualsiasi lavoro di carattere professionale, è soggetta ad errori legati alle effettive competenze di chi acquisisce e analizza i dati e alle conseguenze di una bassa qualità del pozzo e di specifiche stratigrafie che possono provocare complessi fenomeni che non rendono valide le assunzioni comunemente adottate in sede di analisi (non sono rare le relazioni di carattere professionale in cui i modelli del sottosuolo derivati da VSP sono manifestamente incongruenti).

In un’indagine VSP, i primi arrivi non necessariamente si riferiscono infatti all’onda trasmessa poiché complessi fenomeni di rifrazione e conversione delle onde possono complicare notevolmente i dati rendendo priva di significato la soluzione (una possibile pratica, in effetti ben poco frequentata ma utile a verificare dati e analisi, è ad esempio quella di acquisizioni multi-offset).

Quanto riportato in questa nota e sintetizzato in Tab. 1 intende fornire una rapida ma in qualche modo ampia panoramica di quanto è in effetti possibile fare con le onde di superficie andando anche a risolvere i problemi legati all’ambiguità o complessità dei dati.

L’auspicio è che l’emanazione delle NTC2018 possa rappresentare l’occasione per una svolta

Metodi attivi	MASW a componente singola e curve modali	Possibili significative ambiguità dei dati e, conseguentemente, interpretazioni significativamente errate o comunque imprecise
	MASW multi-componente e curve modali	Per quando le curve modali non consentano una verifica puntuale, si evitano errori macroscopici
	MASW multi-componente secondo approccio FVS	Potendo utilizzare anche una serie di “oggetti di analisi” ancillari quali ad esempio le curve RPM o RVSR, consente potenzialmente una puntuale determinazione del profilo V_s
	HS	Analisi congiunta di cinque “oggetti di analisi” (quindi processo di inversione particolarmente vincolato)
Metodi passivi	ESAC, SPAC, MAAM, ReMi	Non univocità della soluzione (del tutto analogamente alla MASW a componente singola); necessità di modellazione secondo la curva effettiva (e non modale). A causa soprattutto della direttività del segnale, la tecnica ReMi è di fatto stata abbandonata a favore delle altre tecniche (in grado di gestire la direttività del segnale passivo)

Tab. 1 - Sintesi delle principali metodologie atte ad analizzare la velocità di propagazione delle onde di superficie con indicati alcuni dei principali aspetti da considerare per una corretta valutazione dei dati e delle analisi. Si ricordi come nel campo della libera professione (fuori cioè dall'ambito accademico), con i metodi passivi è possibile considerare solamente la componente verticale delle onde di Rayleigh, mentre i metodi attivi consentono di registrare e analizzare le onde di Love ed entrambe le componenti delle onde di Rayleigh.

qualitativa che richiede la puntuale definizione di specifiche competenze atte a poter porre in essere serie procedure di verifica utili, infine, a valorizzare le migliori professionalità.

Alcune letture

ARAI H., TOKIMATSU K. (2004). *S-wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V spectrum*. Bull. Seism. Soc. Am., 94, 53–63

CHO I., SENNA S., FUJIWARA H. (2013). *Miniature array analysis of microtremors*. Geophysics, 78, KS13–KS23

DAL MORO G., AL-ARIFI N., MOUSTAFA S.R. (2018). *Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra*. Pure and Applied Geophysics, 175, 67–88 (disponibile online)

DAL MORO G., KELLER L. (2017). *RPM Analysis and Advanced Joint Processing of a SED (Swiss Seismological Service) Dataset*. Atti convegno nazionale NGTTS (Trieste, 14-16 Novembre 2017), 693-696

DAL MORO G., PUZZILLI L.M. (2017). *Single- and Multi-Component Inversion of Rayleigh Waves Acquired by a Single 3-Component Geophone: an Illustrative Case Study*. Acta Geodyn. Geomater., 14, No. 4 (188), 431–444

Dal Moro G. (2017). *A ESAC+HVSr case study. Technical report*. <http://www.winmasw.com/download/prodotti/Report-ESAC-HVSr-winMASW.pdf>

DAL MORO G., AL-ARIFI N., MOUSTAFA S.R. (2017). *Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics*. Bulletin of the Seismological Society of America, 107, 51-62

DAL MORO G., KELLER L., MOUSTAFA S.R., AL-ARIFI N. (2016). *Shear-wave velocity profiling according to*

three alternative approaches: a comparative case study. Journal of Applied Geophysics, 134, 112–124

DAL MORO G., KELLER L., POGGI V. (2015A). *A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data.* First Break, 33, 45–53

DAL MORO G., MOURA R.M., MOUSTAFA S. (2015b). *Multi-component Joint Analysis of Surface Waves.* J. Appl. Geophysics, 119, 128–138

DAL MORO G., PONTA R., MAURO R. (2015c). *Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area.* J. Appl. Geophysics, 114, 158–167

DAL MORO G. (2014). *Surface Wave Analysis for Near Surface Applications*, ISBN 978-0-12-800770-9, Elsevier, 252pp.

DAL MORO G. (2012). *Onde di superficie in Geofisica Applicata - acquisizione ed analisi secondo le tecniche MASW e HVSR*, pp.191, ISBN 978-8857901169, Dario Flaccovio Editore

DAL MORO G., PIPAN M., FORTE E., FINETTI I. (2003). *Determination of Rayleigh wave dispersion curves*

for near surface applications in unconsolidated sediments. Proceedings SEG. In: 73rd Annual Meeting, Dallas, Texas, October 26–31, 2003. Society of Exploration Geophysicists, pp. 1247–1250

NATALE M., NUNZIATA C., PANZA G.F. (2004). *FTAN method for the detailed definition of V_s in urban areas.* In: 13th World Conference on Earthquake Engineering, August 1–6, 2004, Vancouver, B.C., Canada

HERRMANN R. B. (2013). *Computer programs in seismology: An evolving tool for instruction and research.* Seism. Res. Lett., 84, 1081–1088

PANZA G.F., PERESAN A. (2016). *Difendersi dal terremoto si può.* EPC Editore, pp 184

PANZA G.F. (1989). *Attenuation measurements by multimode synthetic seismograms.* In: Cassinis, R., Nolet, G., Panza, G.F. (Eds.), Digital Seismology and Fine Modeling of the Lithosphere. Plenum Publishing Corporation, pp. 79–115

TOKIMATSU K., TAMURA S., KOJIMA H. (1992). *Effects of multiple modes on Rayleigh wave dispersion characteristics.* J. Geotech. Eng. ASCE 118 (10), 1529–1543

Sismografi digitali

DoReMi 16 - 24 Bit

IBRIDO MODULARE MULTIRUOLO

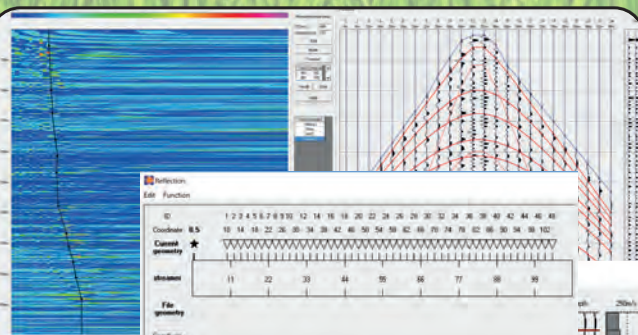
SL06



Il sismografo SL06 è uno strumento versatile e affidabile. Pensato per applicazioni di monitoraggio sismico sia al suolo che strutturale, ora dispone di un nuovo dispositivo, un sensore compatto mono o biassiale pensato per un migliore posizionamento in ambito di monitoraggi sismologico-strutturali.

SL06 ha a disposizione una vasta gamma di sensori sia interni, velocimetrici (VelBox) o accelerometrici (AceBox), che esterni.

Riflessione



Il nuovo modulo ottimizza il lavoro di campagna e permette una prima analisi qualitativa.

Le varie tecniche utilizzabili forniscono diverse tipologie di informazioni del sottosuolo, permettendo di generare un modello sismostratigrafico univoco, con profondità di indagine che possono tranquillamente superare i 30m con stese di modesta lunghezza.

- MARW, SSV
- Riflessione classica

Oltre alle tecniche classiche: MASW, ReMi, SPAC-ESAC, Rifrazione, Down Hole.



sara
electronic instruments



Via A. Mercuri 4 - 06100 - Perugia - Italia - E-mail: info@sara.pg.it - Tel.: +390755051015 - Fax: +390755006315 - P.IVA 0038320549

Disponibili a qualsiasi prova senza impegno. Il design, le specifiche ed il prezzo potrebbero subire variazioni senza preavviso.

Stockholm, Sweden, April 2018

MALÅ MIRA ora in Italia – mappatura su vasta scala di beni archeologici e sottoservizi

La forza del MALÅ MIRA GPR (Ground Penetrating Radar) sta nella sua capacità di raccogliere dati ad alta risoluzione e di coprire vaste aree in tempi ridotti. Il mercato italiano ha ora il suo primo MALA MIRA.

Con una consolidata reputazione nelle indagini archeologiche e ricerca sottoservizi, il MALÅ MIRA 8, sistema ad array di antenne 3D, è stata la soluzione scelta da Esplora Srl –Spin-off dell'Università di Trieste.

Nel corso di un intenso workshop organizzato da IND.A.G.O S.N.C – FARINATTI & MEROLA, I distributori italiani di Guideline Geo AB | MALÅ | ABEM, sono state esplorate tutte le possibilità del MALA MIRA nei diversi campi di applicazione, per assicurare soluzioni ottimizzate nelle ricerche archeologiche e non solo.

- *Il sistema MALÅ MIRA 3D, ci permette la mappatura su larga scala con metodi non invasivi, dicono i proff. Michele Pipan e Emanuele Forte (Univ. di Trieste) e Roberta Zambrini, (CEO, Esplora Srl). La nostra valutazione ha interessato vari sistemi, ma si è conclusa con questa soluzione, per la qualità dei dati 3D, unita alla capacità di raccogliere dati su lunghi percorsi, la qual cosa corrisponde all'efficienza voluta.*
- *Siamo felici di vedere il nostro ben noto MALÅ MIRA sul mercato Italiano, viste le molteplici zone di interesse archeologico presenti sul territorio. Il sistema MALÅ MIRA è sviluppato soprattutto per la mappatura superficiale in campo archeologico e dei sottoservizi, dice Dinora Marquez Flores, Regional Sales Manager Sud e Est Europa, Guideline Geo AB.*

MALÅ MIRA Facts:

- MALÅ Imaging Radar Array (MIRA), 3D ad alta risoluzione
- Disponibile in 8 & 16 canali (MALÅ MIRA 8 e MALÅ MIRA 16)
- Copre fino a 10 000 m² al giorno (MIRA 8) & 50 000 m² al giorno (MIRA 16)
- Possibili applicazioni: Archeologia, Sottoservizi, Analisi non distruttiva cemento armato, forense, cavità, ricerca sinkhole
- Supporto real-time per sistemi di posizionamento ad alta precisione
- 3 frequenze disponibili (200, 400, 1300 MHz)
- Compatibile con GPS RTK o con stazioni totali robotizzate

Per ulteriori informazioni, contatta:



Enrico Farinatti, Direttore tecnico, IND.A.G.O S.N.C – FARINATTI & MEROLA

Email: enrico.farinatti@indago-rovigo.it

Mobile: +39 3382697432

Mike Langton, Senior Applications Engineer (GPR) , Guideline Geo AB

email: mike.langton@guidelinegeo.com

Mobile: +44 7971 0975 15



Guideline Geo AB (publ) is a world-leader in geophysics offering sensors, software, services and support necessary to map and visualize the subsurface. Guideline Geo operates in four international market areas: Infrastructure – examination at start-up and maintenance of infrastructure, Environment – survey of environmental risks and geological hazards, Water – mapping and survey of water supplies and Minerals – efficient exploration. Our offices and regional partners serve clients in 121 countries. The Guideline Geo AB share (GGEO) is listed on NGM Equity.

Geologi. Ingegneri, rabdomanti e stregoni

Ricordi, facezie e qualche sassolino dalle scarpe

a cura di **Alessandro Lugo**

Nel libro edito da IBISKOS Editrice Risolo, l'autore parla della sua vita, raccontando avvenimenti e situazioni divertenti con qualche spunto critico, come d'altra parte viene annunciato nel sottotitolo (ricordi facezie e qualche sassolino dalle scarpe).

Non si tratta di una autobiografia, anche se vi sono dei riferimenti temporali nei primi capitoli ove si parla della famiglia, del periodo di studi e delle prime esperienze post laurea, ma piuttosto una sequenza di fatti e comportamenti in determinate circostanze quali ad esempio nello sport, nella vita di campeggio, negli acquisti e nella sanità, ecc.

Nella premessa l'Autore mette in guardia il lettore dei propri limiti letterari non essendo avvezzo a comporre opere narrative ma solo testi scientifici o professionali che devono essere per propria natura sintetici. È pur vero che i fatti narrati si succedono uno dietro l'altro in rapida sequenza, ma sempre in modo piacevole.

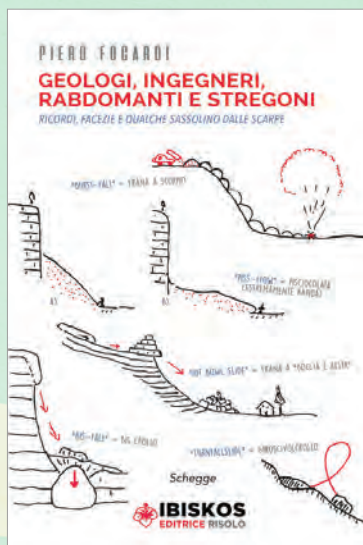
Il prevalere della parte comica su tutte le altre è già evidente nella copertina del libro nella quale sono riportate delle frane con meccanismi inusuali. La figura ha un valore "storico" perché disegnata durante i lavori di un congresso "serio" finalizzato

proprio alla classificazione delle frane in relazione al loro cinematismo. Il disegno è frutto di un lavoro congiunto col professore Semenza con il quale l'autore aveva una profonda amicizia, essendo tra l'altro legati dalla comune passione di scrivere in versi i vari avvenimenti geologici (convegni, viaggi di istruzione ecc). Alcuni di questi versi raccolti da Focardi nel libro "Pochi versi schietti" sono riportati nel libro oggetto di recensione.

Secondo l'Autore l'umorismo è la dote più importante dell'uomo ed in ogni momento della nostra vita possiamo e dobbiamo cogliere il lato divertente. Ed è con questo spirito che l'Autore descrive episodi della sua vita dalla infanzia, durante la guerra, negli anni scolastici, nella professione, nella vita universitaria, ecc.

Particolarmente divertenti alcuni episodi corrispondenti ad alcuni avvenimenti importanti, alcuni anche drammatici quali 'la frana di Agrigento; 'l' Alluvione di Firenze; la contestazioni studenti; il terremoto del Friuli; la mucca pazza.

Nei lunghi anni di carriera universitaria nelle facoltà di Scienze, Architettura e Scienze Agrarie ha acquisito modi diversi di insegnamento e di rapporti



Autore: Piero Focardi
Editore: IBISKOS Editrice Risolo
Pagine: 184
Anno: 2017
Prezzo: 15 euro

Piero Focardi

È nato nel 1938 a Firenze ove si è laureato in Scienze Geologiche e ha svolto la carriera universitaria, inizialmente come assistente presso la cattedra di Tecnica delle Costruzioni nella Facoltà di Architettura, poi come professore associato di Geologia Tecnica nella Facoltà di Scienze ed infine come professore ordinario di Geologia Applicata nella Facoltà di Agraria. Ha pubblicato complessivamente 112 lavori su argomenti di geologia applicata e geotecnica e ha partecipato a numerosi convegni internazionali e nazionali, in alcuni dei quali anche in veste di organizzatore.

È stato consigliere dell'Ordine Nazionale dei Geologi, dell'Associazione Geotecnica Italiana, promotore e primo presidente dell'Associazione Laboratori Geotecnici Italiani.

Ha svolto attività professionale, occupandosi prevalentemente di fondazioni, frane e opere in terra.

Attualmente ricopre la carica di direttore nel laboratorio ELLETI di Firenze.

tra docenti e studenti; descrive quindi le diverse esperienze di insegnamento e di conduzione degli esami di profitto, con qualche osservazione ironica su esaminatori ed esaminandi, riportando anche qualche risposta divertente quale ad esempio la definizione del momento di inerzia come “intervallo di tempo che impiega un corpo a mettersi in moto”

Particolarmente gustose le descrizioni di fatti avvenuti in situazioni paradossali quali quelle descritte relativamente all'alluvione di Firenze e alla contestazione studentesca del '68.

Quando racconta della sua attività professionale si diverte a descrivere episodi relativi a luoghi di lavoro, comportamenti di clienti e di colleghi con i quali ha condiviso alcune esperienze e a sottolineare alcune peculiarità che distinguono il geologo da altri professionisti, aiutandosi anche con qualche aneddoto.

Altri episodi si riferiscono invece ad avvenimenti ricorrenti nella vita comune quali il vivere insieme, la medicina, gli acquisti ecc., in alcuni casi sono situazioni che potremmo chiamarli luoghi comuni ma sono comunque piacevoli perché fanno ritornare in mente situazioni vissute da altri quali ad esempio, relativamente alla vita di campeggio, il sistematico problema dell'allaccio alla corrente .

Tra i tanti argomenti anche lo sport ed anche su questo argomento trova il modo di scherzare sulle proprie scarse attitudini, ironizzando sull'unica coppa vinta in una importante regata velica per

una casuale situazione climatica.

Come indicato nel sottotitolo l'Autore si toglie anche qualche sassolino dalle scarpe ad esempio quando tratta della scuola in genere troppo nozionistica, scarsamente applicativa e il discorso si fa ancora più serio nella parte finale del libro quando si parla di geologia applicata e di geotecnica cioè della disciplina alla quale si è particolarmente dedicato, sottolineando con lucide argomentazioni che le indagini geognostiche e la caratterizzazione geotecnica del terreno per problemi di ingegneria sono spesso carenti per qualità e quantità di dati.

Scherzando fa presente che, in considerazione della complessità del terreno, la progettazione di opere, sulla base di analisi su pochi campioni, corrisponderebbe in medicina nel curare un intero reparto sui risultati di analisi su uno o due malati e che, in particolari condizioni di scarsa documentazione tecnica, i documenti progettuali, ottenuti pur con i più raffinati modelli di calcolo, hanno scarsa attendibilità e le elaborazioni che ne conseguono potrebbero configurarsi alla stessa stregua dei rituali di raddomanti e stregoni.

Poiché il libro è stato scritto con lo scopo principale di far sorridere il lettore, l'Autore chiude l'argomento, ponendo fine anche al testo, con una poesia tratta da “Pochi versi schietti” con Dante Alighieri che non avrebbe incertezze su dove collocare i geotecnici, forse in considerazione del loro antipatico contenzioso sulla appartenenza della disciplina in questione.



CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

- Precisione / scala di conducibilità del sensore:
 $\pm 1\%$ max. / 0,2...200 mS/cm
- Precisione / sensore Pt1000 per monitorare la temperatura:
 $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / -10...40 $^{\circ}\text{C}$
- Precisione / campo di pressione (profondità):
 $\pm 0,02\%$ FS max. / 5...200 m
- Applicazioni:
monitoraggio della qualità dell'acqua e del livello



Competenza nella idrologia

Unità di trasmissione dati a distanza GSM

- Logger multiparametrico
- Trasmissione dei dati via e-mail, FTP oppure SMS
- Multifunzionale
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Facilità d'installazione
- Software incluso

Logger di pressione e temperatura

- Autonomo
- Di facile uso
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Applicazioni:
 - Acqua dolce
 - Acqua salata
 - Acqua sporca
- Ottenibile in acciaio Inox,
Hastelloy oppure in Titanio





POWERING YOUR COMPANY

WWW.AGICOM.IT

Sismografo GEA24: affidabile · semplice · economico

GEA24 è un sismografo 24 canali (serializzabile fino a 48 canali) con scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno. Adatto per tutte le applicazioni, GEA-24 è la soluzione intelligente per tutti gli usi professionali.



3DLG



**RIFRAZIONE
RIFLESSIONE SUPERFICIALE
ONDE DI SUPERFICIE**

MASW, Re.Mi., Vs30, MAAM, ESAC, ecc.

HVSR / VIBRAZIONI

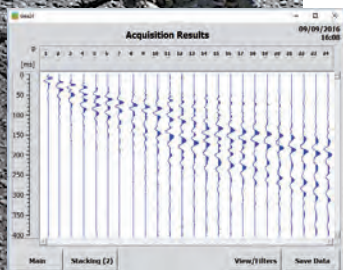
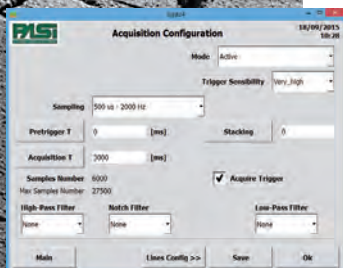
abbinato al geofono 3D da superficie
Mod.3DLG

DOWNHOLE

abbinato al geofono 3D da foro
Mod.GFA

CROSSHOLE

abbinato al geofono 3D da foro
Mod.GFA e all'energizzatore da foro
per onde P/S Mod.CHE



Mini-prezzo !!!!
5 ANNI DI GARANZIA
A partire da 2800 € +IVA
STRUMENTO +
SOFTWARE DI GESTIONE



RADIOTRIGGER

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

24 canali + trigger (AUX)

possibilità di serializzare 2 unità per un totale di **48 canali**

24 bit reali, convertitore **AD Sigma-Delta**
Intuitivo e facile da usare

Collegabile a qualsiasi PC portatile/tablet
PC/toughbook

Alimentazione da USB

non necessita di batteria esterna!

Connettori per cavi sismici standard **NK2721C**

Compatibile con tutti i geofoni analogici

Aggiornamenti gratuiti software di gestione

Compatto e leggerissimo

(24x19.5x11cm – 2 kg)



**A BUON
IMPRENDITOR
POCHE
PAROLE.**



FCA PRESENTA CHIARO E TONDO: LO SCONTO SEMPRE GARANTITO PER LIBERI PROFESSIONISTI CON PARTITA IVA. E SE SEI UN'AZIENDA FINO A 1.000€ DI EXTRA BONUS PER IL RINNOVO DEL TUO PARCO AUTO.

Chiaro e Tondo è lo sconto trasparente a cui hai diritto per l'acquisto di un'auto dei brand Alfa Romeo, Jeep®, Fiat, Lancia e Abarth. Ad esempio, su Jeep® Renegade lo sconto è di **6.100€** sul prezzo di listino (con il contributo dei concessionari). E se sei un'azienda hai un **extra bonus di 500€**. Scarica subito il voucher su **scontochiaroeondo.it** e portalo in concessionaria. Offerta valida per immatricolazioni entro il **30 giugno** e su vetture in pronta consegna.

FCA
FIAT CHRYSLER AUTOMOBILES



Jeep®

