

Geologia dell'Ambiente

Supplemento al n. 3/2021

ISSN 1591-5352

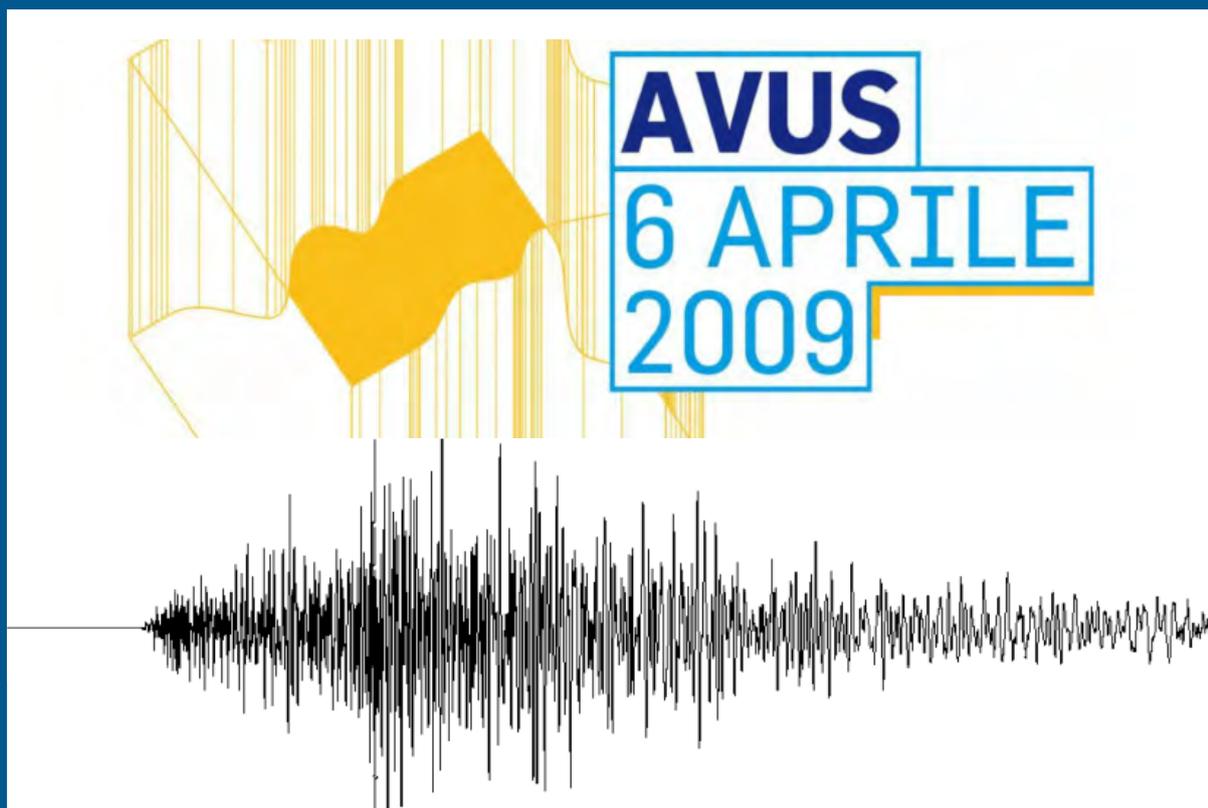
Periodico trimestrale della SIGEA

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS



Considerazioni geologiche,
economiche e sociali nella gestione
e prevenzione del rischio sismico

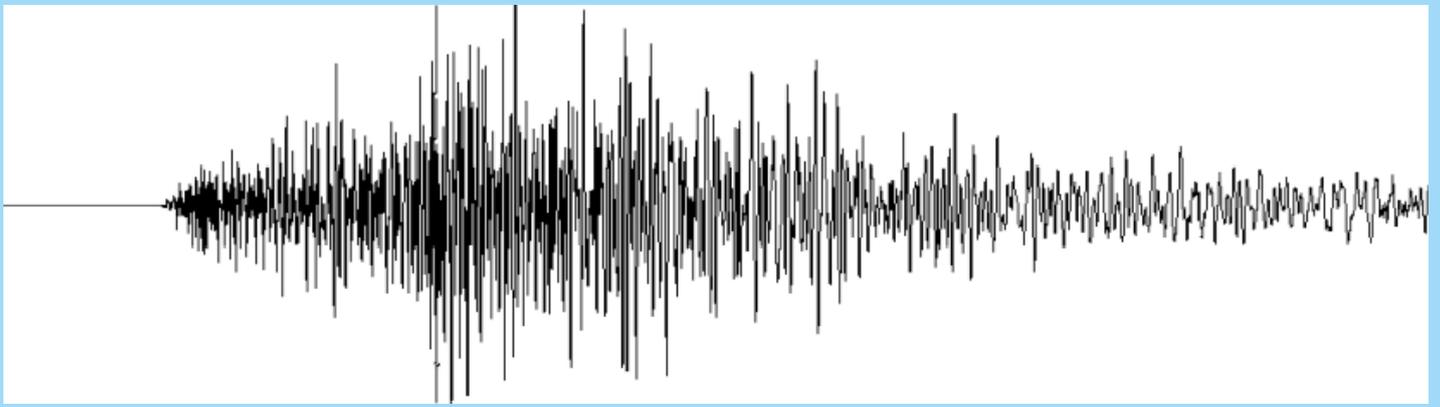
L'ESPERIENZA DEL PREMIO
"AVUS 6 APRILE 2009"



A CURA DI

EUGENIO DI LORETO E MICHELE ORIFICI





ASSOCIAZIONE VITTIME UNIVERSITARIE SISMA «6 APRILE 2009»

Premio di laurea rivolto a neo-laureati che abbiano discusso una tesi di laurea magistrale o magistrale a ciclo unico, presso un ateneo italiano, su argomenti di carattere applicativo le cui risultanze siano direttamente e immediatamente riconducibili al seguente tema:

Aspetti ingegneristici, sociali o economici legati alla gestione del rischio sismico e alla resilienza delle popolazioni e dei territori.

Col patrocinio:

Palermo

Dipartimento di "Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM)"

Aula A1 "Maggio"
Via Archirafi 26

**Venerdì 14 dicembre 2018
ore 9,00**

Programma

Modera: Geol. Michele Orifici (Consigliere naz. SIGEA)

Interventi

- Prof. Valerio Agnesi (Direttore DiSTeM-UNIPA)
- Prof. Edoardo Rotigliano (Coord. Consiglio di Interclasse in Scienze della Terra)
- Geol. Emanuele Doria (Presidente SIGEA SICILIA)
- Geol. Giuseppe Collura (Presidente ORGS)
- Prof. Attilio Sulli (Docente DiSTeM-UNIPA)
- Geol. Calogero Cannella (Coordinatore Commissione Prot. Civile ORGS)
- Prof. Pietro Di Stefano (Docente DiSTeM-UNIPA)
- Geol. Mario Leta (Vice Presidente ORGS)
- Prof. Giorgio De Guidi (Docente Dipartimento Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali UNICT)

Conclusioni

Sergio Bianchi (Presidente AVUS «6 Aprile 2009»)



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare con D.M. 24/5/2007 e con successivo D.M. 11/10/2017

PRESIDENTE

Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE

Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio (*Segretario*), Daria Duranti (*Tesoriere*), Ilaria Falconi, Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento, Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti (*Presidente onorario*), Luciano Masciocco, Fabio Oliva, Michele Orifici (*Vicepresidente*), Vincent Ottaviani (*Vicepresidente*), Paola Pino d'Astore, Livia Soliani

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA - APS

Supplemento al N. 3/2021

Anno XXIX • luglio-settembre 2021

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352

Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229 del 31 maggio 1994

DIRETTORE RESPONSABILE

Giuseppe Gisotti

VICE DIRETTORE RESPONSABILE

Eugenio Di Loreto

COMITATO SCIENTIFICO

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Giovanni Bruno, Francesco Cancellieri, Maria Di Nezza, Massimiliano Fazzini, Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado, Endro Martini, Luciano Masciocco, Davide Mastroianni, Mario Parise, Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro, Vito Uricchio, Gianluca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE

Fatima Alagna, Giorgio Boccalaro, Giorgio Cardinali, Valeria De Gennaro, Eugenio Di Loreto, Sara Frumento, Fabio Garbin, Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Laura Pala, Maurizio Scardella

REDAZIONE

Sigea c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
tel. 06 5943344

info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti ad un giudizio di uno o più referees

UFFICIO GRAFICO

Pino Zarbo (Frallerighe Book Farm)

www.frallerighe.it

PUBBLICITÀ

SIGEA - APS

STAMPA

Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA-APS per il 2021

è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente".

Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo www.sigeaweb.it

Sommario

Prefazione

ERASMO D'ANGELIS

3

Introduzione

EUGENIO DI LORETO, MICHELE ORIFICI

6

Un premio, tanti ricordi e quel maledetto dolore che non passerà mai

SERGIO BIANCHI, UMBERTO BRACCILI

9

PARTE PRIMA

SEZIONE SCIENTIFICA DIVULGATIVA

L'Università e i rischi geologici. L'esperienza del Dipartimento di Scienze della Terra della "Università Sapienza" Roma

FRANCESCA BOZZANO

13

Il terremoto di Toscana (VT) del 6 febbraio 1971.

Un esempio di ricostruzione sostenibile

SERGIO CASTENETTO, EUGENIO DI LORETO

16

Pianificazione, prevenzione e riduzione del rischio sismico

ANTONELLO FIORE, MICHELE ORIFICI, VINCENT OTTAVIANI

23

La difesa dai terremoti: il confronto con il passato che insinua dubbi sul presente

ROBERTO DE MARCO

29

La didattica e la divulgazione delle geoscienze nelle scuole di ogni ordine e grado

ENRICO MICCADEI

40

La pericolosità sismica in Italia: stato dell'arte

FABIO SABETTA

47

Rischio sismico: quando la comunicazione non sensibilizza alla prevenzione

GIULIA SCANDOLARA

58

Faglie attive, faglie sismogenetiche, faglie capaci.

Cosa ne sappiamo?

GIANLUCA VALENSISE

61

PARTE SECONDA

LE TESI DEL PREMIO AVUS

Pianificazione per la vivibilità e la resilienza della comunità di Appignano del Tronto

SIMONA TONDELLI, CLAUDIA DE LUCA, GIULIA CHIUSI

71

Risposta Sismica Locale nel Sito del Complesso della SS. Annunziata a Sulmona FILIPPO CIANI, CLAUDIA MADIAT, SARA AMOROSO	76
Caratterizzazione dinamica sperimentale del Ponte della Costituzione e degli Scalzi a Venezia VINCENZO D'ORIANO	85
Rigenerazione Urbana. Aree industriali dismesse: un nuovo polo per la cultura a Rieti RICCARDO GUNNELLA	93
Relazioni empiriche tra parametri strumentali del moto del suolo e l'Intensità MCS per i terremoti di magnitudo moderata della sequenza in Pianura Padana (2012) TATIANA IOPPOLO, FRANCESCA FUNICIELLO, CLAUDIA PIROMALLO, ALESSANDRO NICOLA PINO	103
Il sisma dell'Aquila. Le frazioni di Paganica e Onna 10 anni dopo CRISTINA ORLANDI	109
La Rocca di Cefalù: modello geomeccanico e condizioni di rischio per la cittadina normanna FABIO CAFISO, CIPRIANO DI MAGGIO, ROBERTA SANTORO	120

Prefazione

La terra d'Abruzzo esplose nella notte, alle 3.32 del 6 aprile 2009, quando a otto chilometri di profondità il cedimento della faglia scatenò l'onda assassina verso la superficie e in direzione L'Aquila. Dall'epicentro tra Collimonto e Villa Grande, la grande scossa partì con magnitudo 5,8 e 6,3 di "magnitudo momento", la misurazione introdotta dal sismologo Hiroo Kanamori. Produsse danni fino al decimo grado in 49 centri e in pochi secondi, come una delle più distruttive scosse sismiche italiane. Dalle macerie recuperarono 309 morti e oltre 1600 feriti, e circa 70.000 furono i senzatetto, e complessivamente 17,4 miliardi di euro l'investimento per la ricostruzione.

Quella notte tremenda si accasciarono al suolo anche gli edifici più recenti ma tutti con il marchio d'infamia della fragilità e delle norme eluse sulle "faglie più ciniche". In alcuni palazzi rasi al suolo si scoprì cemento armato impastato anche con sabbia di mare, che notoriamente corrode il ferro, ed era la poltiglia che si sbriciolava anche tra le mani dei soccorritori che scavavano tra pietre, travi e polvere dei 5 piani della "Casa dello studente" crollata al suolo insieme a parecchie altre dove abitavano studenti fuori sede. Lì sotto c'erano i corpi di tanti ragazzi pieni di vita, uccisi da edifici tirati su con un impasto fragile e assassino. In meno di venti secondi crollarono anche la gran parte degli edifici "strategici", quelli che sulla carta avrebbero dovuto resistere e trasformarsi in ricoveri e centri di soccorso in caso di evento. Si accartocciano, invece, come tanti atti d'accusa. Si ripiegò su un lato, decomposto, anche il "Palazzo del Governo", previsto come quartier generale di capi soccorritori post-evento. Avrebbero dovuto reggere anche ospedali e scuole, ma andarono in pezzi e altre ferite mortali si aprirono sull'immenso patrimonio artistico, meraviglie che incrociano Medioevo, Rinascimento e Barocco.

Tempistica ed efficienza dei soccorsi e dei soccorritori di Protezione Civile almeno non ci fecero vergognare. Più rapidi di così non potevano, e tutti lavorarono senza fermarsi mai, e la fatica stroncò la vita anche di Marco Cavagna, caposquadra dei vigili del fuoco di Bergamo, ucciso da un infarto sulle macerie, il nono morto della casa dello studente. Al freddo e sotto la pioggia, e con continue scosse, chi era riuscito a salvarsi restava come pietrificato davanti alle rovine delle case, con coperte sulle spalle attendevano che spuntasse il volto di un parente. Si facevano tutti coraggio, e in un silenzio irreale videro i primi cadaveri adagiati per terra, coperti da un lenzuolo bianco, e anche diverse centinaia di salvati. I vivi spezzavano quel silenzio di morte scaricando con le lacrime tutte le emozioni del mondo.

L'Italia intera iniziava a mobilitarsi, ci sentivamo tutti terremotati come accade sempre dopo i più terribili eventi e come sappiamo fare da sempre noi italiani. Ma saliva la rabbia, e quella rabbia è rimasta intatta.

Persino il Presidente Giorgio Napolitano, al termine di un doloroso sopralluogo, si chiese: "Perché quelle norme di prevenzione identificate, studiate, e tradotte in legge non hanno avuto attuazione?". Già, perché per la prevenzione antisismica o anti-alluvione eravamo e siamo ancora così indietro? Bisognerebbe che la cultura della prevenzione fosse insegnata fin dalle elementari insieme all'educazione al rischio e ai comportamenti da adottare e alla conoscenza delle leggi naturali e quelle dello Stato da rispettare, che ogni paesino e città avesse squadre di geologi come prima frontiera della sicurezza. È questo un problema ben lontano dall'essere risolto, mentre le situazioni di rischio aumentano con gli impatti del cambiamento del clima.

Perché l'Italia è molto brava ad affrontare le emergenze, ma non la prevenzione? Per troppi motivi. Ma adesso basta! È il check up del nostro stock immobiliare che dovrebbe far suonare milioni di campanelli d'allarme di un Paese show room di rischi naturali, a partire dalla sua sismicità. L'Italia ha circa 12 milioni di edifici residenziali per un totale di 29.074.722 abitazioni, di cui quasi il 40%, 10,6 milioni in area sismica: 1,4 milioni in zona 1 e 9,2 milioni in zona 2. In questo mosaico di debolezze strutturali vivono circa 21,8 milioni di persone, il 36% della popolazione italiana. Altri 19 milioni di italiani risiedono nella terza fascia di rischio. È il Sud a presentare le condizioni più critiche. Pensano al mitologico Ponte sullo Stretto tra

i più sismici del mondo ma non al ponte verso la massima sicurezza possibile dai crolli in un'area dove un secolo fa il sisma ci lasciò con 120.000 morti e distruzioni totali, e dove oggi sono migliaia gli edifici pronti a crollare per scosse di quella intensità. Ecco il paradosso o la follia italiana.

L'indagine che realizzò la struttura di missione "Casa Italia" di Palazzo Chigi, in pochi mesi, nel 2017, rilevò oltre 550.000 edifici residenziali non a norma nei 687 Comuni più sismici. Un elenco sterminato di case in muratura portante o calcestruzzo armato costruite prima del 1971, quando tutto era permesso nella totale assenza di minimi obblighi costruttivi in zone sismiche, facili ad essere danneggiate come hanno dimostrato anche gli ultimi crolli di Amatrice o Accumoli, Ischia o alle falde dell'Etna. Tutto il costruito dopo il 2008 in area sismica, teoricamente, non dovrebbe avere necessità di interventi. In realtà, abbiamo visto fin troppi casi di edifici recenti miseramente crollati. Il trend edilizio nazionale considera spesso l'antisismica, oggi possibile anche con tecnologie innovative e non invasive, come un optional con il luogo comune: "Tanto cosa vuoi che succeda?". Già, cosa pensiamo possa succedere in una Italia dove, se assumiamo come parametro l'impatto della scossa dell'Aquila 2009 catalogata "evento distruttivo medio", la quota di immobili che non reggerebbe sarebbe di qualche milione di edifici?

Gli stessi pericoli li corre anche una bella quota di edilizia produttiva come strutture e capannoni di aree industriali, centri commerciali, turistici e artigianali. Delle 325.427 strutture ad esclusivo o prevalente uso produttivo, 133.000 le hanno costruite tra il 1971 e il 1990, e quasi 3 su 10 a dopo il 1990, chiudendo un occhio sull'antisismica su tante delle 95.000 strutture nelle aree a più elevata sismicità. Nelle stesse condizioni ci sono poi 75.000 edifici pubblici "strategici": 1.822 ospedali dei circa 5.700, caserme, municipi, prefetture. E il 41% dell'edilizia scolastica con un edificio su dieci realizzato in epoca anteriore al 1919 e il 43% pre-1971. Anche qui, quasi il 45% dell'intera rischiosità la troviamo al Sud, il 22% al Centro, il resto al Nord.

Ecco a cosa servirebbe l'obbligo del "Fascicolo di Fabbriato" da sempre boicottato in parlamento e nel Paese. Farebbe uscire allo scoperto tanta edilizia spazzatura, e salverebbe la pelle a chi ci vive dentro in condizioni di pericolo. In un Paese serio, e nel tempo delle responsabilità, ogni abitazione dovrebbe avere per obbligo di legge la sua "Carta d'identità", con informazioni dalla staticità alle manutenzioni e ristrutturazioni e ai materiali utilizzati. Basta con i segreti di condominio custoditi di generazione in generazione in nome del sacro valore non della vita umana ma quello acquisito dall'immobile sul mercato. Questo screening è necessario anche per valutare con precisione quanta edilizia e dove, durante un terremoto, potrebbe crollare o riportare danni a elementi portanti come pilastri, travi, setti murari, camini, cornicioni e tramezzi; quanta potrebbe solo essere danneggiata lievemente e quanti edifici, invece, sono in grado di reggere le spinte orizzontali e verticali di una scossa senza deformarsi e crollare. In un Paese come il nostro, la trasparenza non può continuare a rimanere ostaggio del lobbismo che fa muro contro ogni conoscenza delle caratteristiche geologiche, urbanistiche strutturali e manutentive, la forma primaria di prevenzione e consapevolezza.

Gli investimenti di messa in sicurezza antisismica tardano e non sono nemmeno scalfiti dal sismabonus che dal 2018 è rimasto poco pubblicizzato e scarsamente utilizzato. E lo Stato, che in Italia ripaga tutto, preferisce spendere 4 miliardi all'anno in media dal dopoguerra ad oggi per riparare danni da terremoti – altri 4 da frane e alluvioni e altri guai – ma non impegnarsi nella prevenzione strutturale. Chi ha dubbi faccia lo sforzo di leggersi le analisi molto dettagliate dei centro studi della Camera e del Senato, che dimostrano un costo attualizzato delle ricostruzioni post terremoti degli ultimi 50 anni pari a oltre 160 miliardi di euro, ma ancora con una scia di impegni finanziari pienamente attivi e ulteriori provvedimenti di spesa da assumere, eccetto il terremoto del Friuli 1976. Basterebbe la spesa in corso e prevista per i soli 3 ultimi grandi disastri sismici dei soli ultimi 11 anni per far rinsavire i meno convinti della necessità della prevenzione: L'Aquila 2009 è costata

17.4 miliardi per la ricostruzione, l'Emilia 2012 altri 13 miliardi, e il Centro Italia 2016-2017 ne costerà 23,5. In nove anni, lo Stato ha impegnato la bella cifra di 53,4 miliardi. È più della metà del costo di un piano di prevenzione da 100 miliardi di euro, mai messo in conto dalla politica e anche dai cittadini, nonostante sia l'investimento più utile e assolutamente alla portata di un Paese come l'Italia.

Oggi L'Aquila è un grande laboratorio di consolidamento antisismico che combina sicurezza con sostenibilità, efficienza energetica e innovazione. Nei territori poco distanti ci sono altri 138 Comuni colpiti dai 5 terremoti del 2016-17. Speriamo che la memoria di tutte le vittime, degli studenti che hanno perso la vita a L'Aquila, possa farci invertire la rotta per raccontare un'altra storia italiana che non sia ancora quella spregiudicata che ha prodotto troppi luoghi dell'orrore con la spinta al crollo facile data dalla nostra fatale inclinazione al fatalismo di stampo medievale, con un concorso di colpe volontarie o involontarie, e omissioni, violazioni reiterate, furbate, finzioni, ipocrisie. Questo menefreghismo ci lascia oggi dai quattro ai cinque milioni di edifici privati e pubblici del nostro stock immobiliare nazionale, dove vive e lavora e studia oltre un terzo della popolazione italiana, come un problema da non dormire la notte. Sono strutture che potrebbero non reggere i colpi di scosse importanti, una quota nemmeno sollecitazioni di media intensità. Potrebbero danneggiarsi anche seriamente o cedere di schianto.

Eppure è facile intuire che i terremoti, come le alluvioni, non sono semplicemente eventi naturali. Che i crolli non sono fatalità, ma possono essere anche crimini. Che gli assassini non sono i fenomeni naturali, piuttosto le modalità con cui costruiamo le nostre case. È questa l'insopportabile diversità italiana, il paradosso inaccettabile di una penisola show room mondiale di rischi naturali che della sicurezza troppo spesso s'è fatta beffe, nonostante catastrofi epocali, anche con l'edilizia più scadente, insicura e illegale graziata per tre volte con tre condoni, anche in zone sismiche.

No, l'Italia finora non è stato un Paese di furbi. I furbi sono distanti da noi mille miglia dove si difendono molto meglio di noi dai terremoti e grazie anche alle nostre favolose tecnologie. Noi siamo rimasti dominati dalla paura, dall'incapacità di guardare in faccia il rischio e di accettarlo per quello che è, con la baldanzosa presunzione di potercela sempre cavare toccando ferro, o supplicando un santo martire. Da noi la cosa più fragile dopo ogni disastro è sempre stata la memoria. Non i ricordi, ma la memoria che dà un senso ai ricordi. Dopo l'eroismo dei soccorritori, messe da parte lacrime e buoni propositi, le cause dei disastri le abbiamo presto dimenticate. Ecco il perché di questo utilissimo volume di Sigea, l'ennesimo pieno di informazioni e lezioni, che raccoglie le tesi del concorso indetto dall'Associazione Vittime Universitarie del sisma del 6 aprile del 2009.

Che resti sempre vivo il ricordo di quei giovani studenti perché a loro dobbiamo quel voltar pagina per cambiare un destino che non può essere il nostro destino. L'Italia che meraviglia il mondo non può più farsi raccontare dalla maceria o dal fango delle alluvioni. C'è tutta la nostra reputazione in gioco nel saper intervenire nel "prima" che è sempre mancato, per raggiungere un rischio accettabile e gestibile e che salvi vite umane. Sembra un ossimoro ma non lo è. È la consapevolezza che un livello di pericolo, in una penisola come la nostra, esisterà sempre, ma possiamo affrontarlo con azioni, tecniche e tecnologie adeguate, e ridurlo parecchio. La lezione che emerge da queste pagine è che dalle grandi rimozioni è l'ora di passare alle grandi riparazioni, come quelle in corso nelle nostre 8 ricostruzioni antisismiche nazionali, dalla Sicilia al centro Italia al nord, che dimostrano, come è accaduto in Friuli o nelle Marche, in Umbria e in Toscana e in tanti luoghi dove il sisma ha colpito duro, che possiamo rialzarci e costruire un futuro più resiliente e resistente, raccontare un'altra storia, ma spezzando le catene che ci legano ancora al Medioevo.

Erasmus D'Angelis

Segretario generale Autorità di bacino dell'Appennino Centrale

Introduzione

Il terremoto de L'Aquila dell'aprile del 2009 era entrato in maniera prorompente nella vita di tanti cittadini sconvolgendo le famiglie delle vittime dell'evento, ma anche, seppure in modo diverso, in quella di tanti studiosi di enti di ricerca, di funzionari tecnici delle amministrazioni a livello nazionale e locale e di molti professionisti geologi, architetti, ingegneri. Di fatto, per molti di loro si interrompevano le normali attività in corso e si assisteva ad una concentrazione, sull'area abruzzese, di risorse ed energie per condurre in tempi rapidi gli studi di microzonazione sismica sia per la realizzazione delle cosiddette C.A.S.E. (Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili) sia per la ricostruzione dei centri abitati danneggiati dal terremoto.

A distanza di pochi anni, nel settembre del 2011, gli scriventi, allora Consiglieri del Consiglio Nazionale dei Geologi, hanno incontrato per la prima volta a Roma, i rappresentanti dell'Associazione "AVUS 6 Aprile 2009" (Associazione Vittime Universitarie Sisma), Sergio Bianchi (Presidente) e Umberto Braccili (Giornalista RAI e autore del libro "Macerie dentro e fuori"). L'associazione, costituita dai genitori di 13 ragazzi, studenti fuori sede, rimasti vittime del terremoto de L'Aquila del 2009, è nata con lo scopo di onorare la memoria di quegli studenti universitari.

Durante la riunione ci siamo confrontati sulle rispettive esperienze svolte fino a quel momento. Nel corso di quello scambio di opinioni, in cui era presente anche il Presidente dei Geologi, Gianvito Graziano, si evidenziò il ruolo sostanziale che il CNG poteva rivestire nell'incentivare gli studenti dei corsi di laurea in Scienze geologiche a realizzare tesi di laurea applicata alla riduzione del rischio sismico.

In altre parole, appariva evidente il comune interesse a promuovere iniziative condivise nel settore strategico della pianificazione territoriale e della prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

La finalità di tale attività sarebbe stata, da un lato, premiare gli studenti delle università italiane che presentavano nelle loro tesi di laurea standard metodologici innovativi, dall'altro tenere vivo il ricordo di quei giovani studenti che in quella tragica notte avevano visto svanire ogni loro sogno di futuro. Da questa duplice esigenza scaturiva così l'opportunità di avviare e concretizzare forme di collaborazione tra il Consiglio Nazionale dei Geologi, la Fondazione Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi e l'Associazione Vittime Universitarie Sisma 6

Aprile 2009. Il passo successivo fu quello di delineare e stabilire procedure condivise, da sviluppare nel tempo, attraverso l'istituzione di un premio destinato ad un giovane laureato che avesse discusso presso un ateneo italiano una tesi di laurea sperimentale su argomenti di carattere applicativo relativi al seguente ambito: "Terremoti, pericolosità sismica del territorio e riduzione del rischio sismico".

Con l'obiettivo di promuovere il premio nelle varie università italiane e di poter incontrare gli studenti, unendo aspetti emotivi e tecnico-scientifici connessi al rischio sismico, furono svolte conferenze in diverse Università Italiane (Roma, Palermo, Firenze, Napoli, Catania, Bologna, Padova) durante le quali fu presentata congiuntamente l'iniziativa. Un'apposita Commissione giudicatrice, costituita da illustri professori universitari e ricercatori (tra cui la prof.ssa Bozzano e il dott. Valensise) e da rappresentanti del CNG ebbe il compito di esaminare le tesi pervenute e poi stilare una graduatoria finale. La partecipazione degli studenti all'evento fu numerosa con 15 tesi presentate e negli anni è continuata a crescere.

Consapevoli che questa prestigiosa iniziativa ogni anno, oltre a tenere vivo il ricordo dei ragazzi scomparsi, ha raggiunto l'obiettivo di stimolare la ricerca nell'ambito dei rischi geologici e di quelli sismici, abbiamo ritenuto opportuno, come Società Italiana di Geologia Ambientale - APS (SIGEA) di inserirla, dando voce ad alcuni dei vincitori delle varie edizioni del Premio AVUS, all'interno del percorso virtuoso avviato dalla nostra Associazione con la pubblicazione del volume *Rischio sismico in Italia: analisi e prospettive per una prevenzione efficace in un paese fragile*, pubblicato nell'anno 2018, curato da Antonello Fiore e Vincent Ottaviani e presentato in numerose prestigiose sedi istituzionali italiane, nonché con l'adesione

nell'anno 2020 alla campagna [#sicuriperdavvero](#), ideata da ACTION AID nella quale SIGEA-APS ha svolto un ruolo di primo piano.

Nel contempo abbiamo chiesto ad altri qualificati ricercatori e dirigenti delle strutture tecniche dello Stato di approfondire le questioni storiche che stanno alla base delle emergenze sismiche del nostro Paese, anche in relazione ai più recenti eventi sismici che nel frattempo hanno colpito una vasta area dell'Italia centrale.

Per meglio orientare il lettore, riteniamo utile dare di seguito alcune indicazioni sui suoi contenuti, sulle sue implicazioni e sulla sua struttura, da intendersi come una sorta di guida alla lettura o, se si preferisce, istruzioni per l'uso. Il contenuto del volume si compone in due sezioni distinte.

La prima parte relativa ai contributi scientifici e divulgativi e la seconda riguardante le tesi vincitrici del Premio Avus dei giovani laureati di varie discipline professionali. Tutti gli articoli sono riportati rigorosamente in ordine alfabetico degli Autori i cui nominativi sono riportati all'inizio di ciascun contributo, indicando anche il loro indirizzo email, utile per chi volesse chiedere chiarimenti o approfondimenti sull'argomento trattato.

Nel primo contributo della prima sezione, la prof.ssa Francesca Bozzano ci descrive l'esperienza del dipartimento di Scienze della terra "Università Sapienza" Roma, tra le più autorevoli in Italia, nella didattica e nei corsi di laurea sulle tematiche dei rischi geologici. Ai giovani laureati viene fornita una preparazione tesa a sviluppare nuove conoscenze e tecniche utili a evitare la perdita di vite umane e di risorse ingenti economiche in seguito ad eventi calamitosi. Eugenio Di Loreto di SIGEA Lazio e Sergio Castenetto del DPCN ci ricordano, a cinquant'anni di distanza, un buon esempio di strategia di ricostruzione utilizzata in seguito all'evento sismico di Tuscania del 6 febbraio del 1971. Roberto De Marco, già dirigente del Servizio Sismico Nazionale, ci illustra la filosofia che nel tempo in Italia è stata assunta per la difesa dai terremoti, attraverso una disamina minuziosa e originale con quanto fatto nel passato confrontandolo con quello che si fa nel presente. In questo modo l'autore ci permette di riprendere il bandolo della matassa, quindi di fare il punto da cui partire per dipanarla. Si tratta di un modo utile per affrontare con ragionevolezza la questione della difesa dai terremoti che periodicamente investono la vita di molti cittadini italiani. Antonello Fiore, Michele Orifici e Vincent Ottaviani riportano nel loro articolo alcune considerazioni, in materia di prevenzione, pericolosità e vulnerabilità sismica, formazione e comunicazione sul rischio sismico, con uno sguardo fiducioso verso il futuro di un Paese nel quale si registrano un terremoto con effetti severi ogni 5 anni e che ha voglia di riscattare la possibilità di vivere in sicurezza. Il prof. Enrico Miccadei, docente di Geografia fisica e geomorfologia presso l'Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara nel suo articolo sottolinea l'importanza della divulgazione dei georischi nelle scuole, per iniziare un percorso di crescita e consapevolezza che porterà le prossime generazioni ad avere coscienza dei fenomeni naturali e dei relativi rischi che interessano il territorio italiano. Il prof. Sabetta, dell'Università Roma Tre focalizza il suo contributo sullo stato dell'arte sulla Pericolosità Sismica in Italia, nonché ci illustra con un linguaggio divulgativo i criteri scientifici utilizzati per la redazione della nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.

La dott.ssa Scandolaro, psicologa e scrittrice, che ha svolto un'apprezzabile esperienza nei Comuni del Centro Italia colpiti dagli eventi sismici del 2016 e 2017, nella relazione d'aiuto e nelle attività di counseling alle persone, ci evidenzia come tutt'ora manchi un'azione di sensibilizzazione della popolazione. I cittadini in quanto persone che subiscono il trauma provocato dai terremoti devono essere coinvolti ed informati per diventare attori consapevoli. Il punto non è la "prevenzione", ma l'assenza della percezione del problema, in un Paese sismico. Il dott. Gianluca Valensise, sismologo e dirigente di ricerca presso l'INGV, (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) si occupa di un argomento molto interessante e di carattere applicativo legato al riconoscimento delle faglie attive, capaci

e sismogenetiche, illustrando sia della loro identificazione nel terreno, che della parametrizzazione, caratterizzazione e gerarchizzazione. Le informazioni che si ricavano attraverso queste analisi possono contribuire fattivamente alla sicurezza nazionale rispetto al problema sismico, fornendo stime sempre più accurate dei caratteri dello scuotimento atteso in diverse aree.

La parte seconda è costituita da alcuni degli argomenti relativi alle relazioni di tesi che hanno vinto o partecipato alle varie edizioni del Premio Avus. Nello specifico sono state sviluppate, in vari contesti geografici del territorio italiano, le seguenti sette diverse tematiche: Geologia applicata allo studio geomeccanico della Rocca di Cefalù; Pianificazione per la vivibilità e la resilienza della comunità di Appignano del Tronto (AP); Risposta Sismica Locale nel Sito del Complesso della SS. Annunziata a Sulmona (AQ); Indagini geofisiche con misure di microtremore ambientale effettuate sul sottosuolo in prossimità delle fondazioni di due ponti di Venezia; Rigenerazione Urbana. Aree industriali dismesse: un nuovo polo per la cultura a Rieti; Studi sull'evento sismico della Pianura Padana del 2012; Il sisma dell'Aquila. Le frazioni di Paganica e Onna 10 anni dopo.

Grafici e tabelle accompagnano i testi per facilitare la comprensione del lettore anche se non è esperto della materia e, per agilità di stesura del testo finale, le citazioni bibliografiche di ogni contributo sono riportate alla fine di ogni singolo contributo. Infine, alcune pagine del volume sono dedicate ad una galleria fotografica che raccoglie le foto significative scattate in occasione delle varie edizioni del Premio AVUS.

Non possiamo chiudere questa nota introduttiva senza porgere un cordiale ringraziamento a quanti hanno partecipato con entusiasmo e hanno fornito la loro preziosa e fattiva opera di collaborazione con testi di alto profilo scientifico e divulgativo.

Infine, il personale augurio è che questo volume sia utile a non dimenticare le tragedie provocate dai terremoti e sia da pungolo per i giovani studenti a sviluppare futuri studi nel territorio nazionale per la difesa dagli eventi sismici, che lo ricordiamo sono fenomeni naturali, con i quali dobbiamo imparare a convivere e a difenderci.

La SIGEA APS ritiene che il rigore della conoscenza e delle buone regole siano gli strumenti indispensabili per impedire che un territorio già fragile, per conformazione geomorfologica e sismica, come quello della nostra penisola, continui ad alimentare catastrofi per incuria e sottovalutazione.

Eugenio Di Loreto

Vice Direttore di Geologia dell'Ambiente
Presidente sezione Lazio SIGEA-APS

Michele Orifici

Vice Presidente SIGEA-APS

Un premio, tanti ricordi e quel maledetto dolore che non passerà mai

Nicola Bianchi, Daniela Bartoletti, Martina Benedetta Di Battista, Gabriele Di Silvestre, Carmelina Iovine, Ivana Lannutti, Maurizio Natale, Sara Persichitti, Michele Strazzella, Enza Terzini, Maria Urbano, Roberta Zavarella. Non ci sono più.

Sfogliamo le foto dei ragazzi. Quanto erano belli quei ragazzi come belli e sorridenti sono tutti i ragazzi del mondo. Dice Sergio Bianchi: “La morte è solo addetta a lasciare un vuoto immenso”. Risponde Umberto Braccili: “Sergio hai fatto caso che anche il vocabolario non prevede la morte di un figlio?. Se io muoio mia moglie di chiama vedova e i miei figli orfani. Se muore un figlio è incapace anche lo Zanichelli a dire come sono chiamato io, mia moglie”. Un figlio non può morire prima di un padre, non deve. Il premio Avus 2009 serve per ricordare i ragazzi ma soprattutto incita i protagonisti di domani a vivere nell'etica a non mettere al primo posto i profitti come successe all'Aquila quando un terremoto del sesto grado fece venire giù, come “case di burro” avvicinate dal fuoco di un accendino, quelle case. Un minuto dopo, alle 3,33 del 6 aprile 2009, tanti appartamenti si trasformarono in bare. 305 persone decedute. 54 furono i ragazzi universitari fuori sede che erano nel capoluogo abruzzese per cercare il proprio futuro. Il rettore dell'Università degli Studi dell'Aquila Edoardo Alesse conosceva e apprezzava Nicola, il figlio di Sergio, che descrisse come giovane dalle idee chiare per il futuro. Lo disse in diretta, alla proclamazione del vincitore dell'ottavo premio Avus che vogliamo raccontare in queste pagine per far capire un percorso nato da una idea, il premio appunto, che trovava i finanziamenti attraverso un libro “Macerie dentro e fuori” che Umberto Braccili aveva scritto insieme ai genitori rimasti senza definizione dello Zanichelli, da quel giorno.

Il premio ha degli amici. L'Università degli Studi dell'Aquila che provvede da otto anni al bando, ci vuole gente in gamba, il Gran Sasso Scienze Institute, e la Sigea, non semplici geologi che si occupano di ambiente ma da sempre, parliamo di Michele Orifici, Gianvito Graziano, sono compagni in un percorso che ci ha visti presenti nelle facoltà di Geologia italiane per ribadire: “ragazzi aiutateci a rendere questo mondo etico dove professione e ricerca hanno come bene primario quello comune a tutti”. Fu Michele Orifici, durante la diretta del 15 aprile 2021 per la consegna del premio, ad annunciare questa pubblicazione che per noi, ma speriamo per tutti, è più di un libro. Dal 2014 l'iniziativa è stata abbracciata da 135 tesi presentate da altrettanti ragazzi. “Solo otto hanno vinto ma praticamente hanno vinto tutti” dice Sergio Bianchi.

Giulia Chiussi è la vincitrice dell'edizione 2021 e Cristina Orlandi ha vinto l'edizione 2020. Cristina ha scritto a Sergio lo scorso 6 aprile 2021, così, per dargli un conforto e ci è riuscita. Si entra nel premio per vincere e spesso non si esce più perché quel premio è qualcosa in più. Quando il cuore è coinvolto è un insegnamento in più.

Dicevamo del dissenso, di come è stata gestita la città, le costruzioni, in molti casi, dagli anni Sessanta in poi. Non è stato l'unico problema che ha portato al dramma quello di costruire male le case abitate dagli studenti universitari. La commissione Grandi Rischi sette giorni prima del sisma si trasferì da Roma a L'Aquila per dire “che le scosse avevano un valore positivo, di scarico graduale dell'energia”. Così non fu. Tutti o quasi assolti ma si sbagliò la comunicazione, anche se un terremoto non è prevedibile. “Bisognava star tranquilli”. Marilisa Coco studiava a L'Aquila e viveva nella stessa strada di Maurizio Natale. Non lo chiamiamo il futuro marito, erano giovani, ma c'era grande stima e voglia di stare insieme tra i due. Marilisa quella notte era lì e si salvò. Maurizio si è fidato dei proclami della protezione civile che minimizzavano il rischio. E Marilisa? La futura ingegnera è stata solo fortunata. Non aveva paura nemmeno lei ma la differenza è in quel cemento che in un caso ha retto (casa sua) e in un altro ha portato a livello della strada il tetto di un condominio di 4 piani. “Maurizio per calmarmi mi mandò un sms dove diceva che quel tremore non era della Terra ma procurato da lui, perché aveva mangiato i fagioli. Ci scherzava sopra per tranquillizzarmi ed io, tranquilla

non dalla battuta ma dalle raccomandazioni della protezione civile, risi a quello che Maurizio mi aveva scritto”.

Giustino Parisse è amico, giornalista e vive ad Onna. Quella notte perse i due figli e il padre. È inutile chiedere cosa vive oggi ma importante è sapere quello che oggi vive L'Aquila: “Rinascono i palazzi, più belli e sicuri. Stessa cosa non si può dire della popolazione”. Molti tendono a dimenticare. Alla diretta per proclamare via web la vincitrice partecipa Enrico Miccadei. È un professore dell'Università di Chieti, un geologo. Nel lavoro quotidiano, ci dice, insegna, esamina discute delle tesi da portare avanti con i ragazzi. Ha comunque un dono. Lezioni sì di geografia fisica e geomorfologia ma organizza spesso incontri con i piccoli scolari delle elementari e medie per far capire che la Terra dove viviamo non è nostra, siamo ospiti. Sollecitare il rispetto, non imporre l'Uomo come il capo massimo di questo ecosistema.

È proprio strano questo premio Avus per la miglior tesi sulla prevenzione sismica giunto all'ottava edizione. Non si parla con le slide ma con il cuore. Il professor Miccadei fa parte della giuria. Lo scorso anno premiò Cristina Orlandi, ricordate quella che ha scritto il sei aprile a Sergio Bianchi? Ci dice: “Partecipai ad un bando, poi ho capito che oltre ai tecnicismi che possono portare alla vittoria, c'è una idea da sposare, qualcosa da fare, qualcosa da tenere a mente per la storia professionale che ognuno di noi, dopo la laurea è chiamato a vivere”.

Bellissimo quello che ha detto Cristina. Inventiamo al momento, durante la diretta. Una premiazione virtuale. Cristina allunga il braccio di sinistra ed entra nello spazio sul monitor di Giulia, la vincitrice dell'edizione 2021 e cede il testimone. Giulia Chiussi ci spiega: “La mia tesi è incentrata su un piccolo paese delle Marche devastato, come tanti, dal sisma 2016. Ho iniziato a lavorare sulla comunità di quel borgo e oggi parlando con voi ho capito che, al di là delle competenze di studio, il metro di lavoro deve essere quello di rapportarci sempre al gruppo, alla cittadinanza. È la guida per far sempre bene nel proprio lavoro”.

Sergio Bianchi è felice. Nicola non tornerà, come purtroppo gli altri, su questa terra, ma il presidente di Avus 2009 sembra sentire sulla spalla una pacca di approvazione da parte del figlio Nicola e questo basta per ricominciare a pensare all'organizzazione del premio 2022.

Sergio Bianchi
Presidente Avus 2009

Umberto Braccili
Giornalista Rai

Di seguito il link per seguire il sunto del “Premio AVUS” su YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=WqUeWPIQJNA>



PARTE PRIMA
SEZIONE SCIENTIFICA
DIVULGATIVA

SI GERA



Presentazione del Premio AVUS nel 2014. Si riconoscono: Sergio Bianchi, Presidente di AVUS che sta parlando e al suo fianco Umberto Braccili, giornalista RAI, autore del libro "Macerie dentro e fuori". Presente anche Pia Antignani, sopravvissuta al crollo della sua scuola durante il terremoto del 31 ottobre 2002 a San Giuliano di Puglia, in Molise, durante il quale persero la vita 27 bambini e la maestra, Pia oggi è diventata geologa e si batte per la sicurezza nelle scuole



Cerimonia di premiazione della II edizione del Premio AVUS, il giorno 26 marzo 2015 presso la Sala Protomoteca del Comune di Roma. Sono presenti da sinistra a destra: Michele Orifici del CNG, la dott.ssa Francesca Pallone, vincitrice del premio, Sergio Bianchi, Presidente di AVUS, Franco Gabrielli, Capo del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, Gian Vito Graziano, Presidente del CNG, Francesco Sidoti, criminologo, Umberto Braccili, giornalista RAI, Vittorio d'Oriano, presidente della Fondazione Centro Studi del CNG

L'Università e i rischi geologici. L'esperienza del Dipartimento di Scienze della Terra della "Università Sapienza" Roma

Francesca Bozzano

Sapienza Università di Roma,
Dipartimento di Scienze della Terra,
centro di ricerca CERI, Prorettrice per
i Rapporti con centri ed enti di ricerca,
consorzi e associazioni per la terza
missione

Email: francesca.bozzano@uniroma1.it

University and geological risks. The experience of the Earth Science Department of the Sapienza University of Rome

Parole chiave: scienze della terra, rischi geologici, corsi di laurea, master, dottorato di ricerca

Key words: earth sciences, geological risks, bachelor and master programmes, advanced professional courses, PhD programmes

1. INTRODUZIONE

Alla mitigazione dei rischi geologici e alla ricerca di strategie sostenibili di "convivenza" con essi guardano le Scienze della Terra; oggi con ancor più attenzione ed impegno richiesti dalle impellenti necessità della società civile che si ritrova, in taluni frangenti calamitosi, a pagare un prezzo davvero troppo alto.

In questo arduo compito, un ruolo fondamentale di preparazione tecnico-scientifica riveste certamente l'Università, nella quale si forma personale tecnico qualificato e ricercatori competenti sull'argomento: i primi chiamati ad occuparsi di gestione del territorio soggetto a rischi geologici, i secondi invece impegnati ad individuare, sperimentare e trasferire verso l'esterno nuove metodologie e tecnologie per affrontarli efficacemente.

In questo breve articolo, delineerò i percorsi di formazione universitaria che la Sapienza Università di Roma, la più grande università di Europa (www.uniroma1.it), ha dispiegato a servizio di questo obiettivo di sviluppo, prevalentemente presso uno dei suoi 58 dipartimenti: il Dipartimento di Scienze della Terra (www.dst.uniroma1.it), uno degli 8 dipartimenti "puri" che in Italia sono rivolti alle geoscienze.

2. IL RISCHIO GEOLOGICO

La definizione stessa di rischio, e quindi anche di rischi geologici, ci riporta alle Scienze della Terra. Si tratta del prodotto di 3 grandezze principali:

- 1) la pericolosità;
- 2) la vulnerabilità;
- 3) l'esposizione.

La pericolosità punta a definire la probabilità che un evento di una data intensità si verifichi in un determinato intervallo di tempo in una certa area. La vulnerabilità esprime invece la capacità di persone e/o beni di sopportare le conseguenze dell'evento, mentre l'esposizione è la quantità di persone e/o beni che possono subire danni.

Nella valutazione della pericolosità di eventi naturali, quali il sisma, l'erosione, la frana, l'eruzione vulcanica, è compreso il fondamentale ruolo delle discipline afferenti alle Scienze della Terra, attraverso le quali si affinano gli strumenti per trovare risposte il più circostanziate possibile a 3 domande fondamentali relative all'evento naturale in grado di generare condizioni di rischio: dove questo evento potrebbe avvenire? quali caratteristiche esso avrebbe? e quando potrebbe verificarsi?

La definizione invece della vulnerabilità e dell'esposizione richiede l'inter-

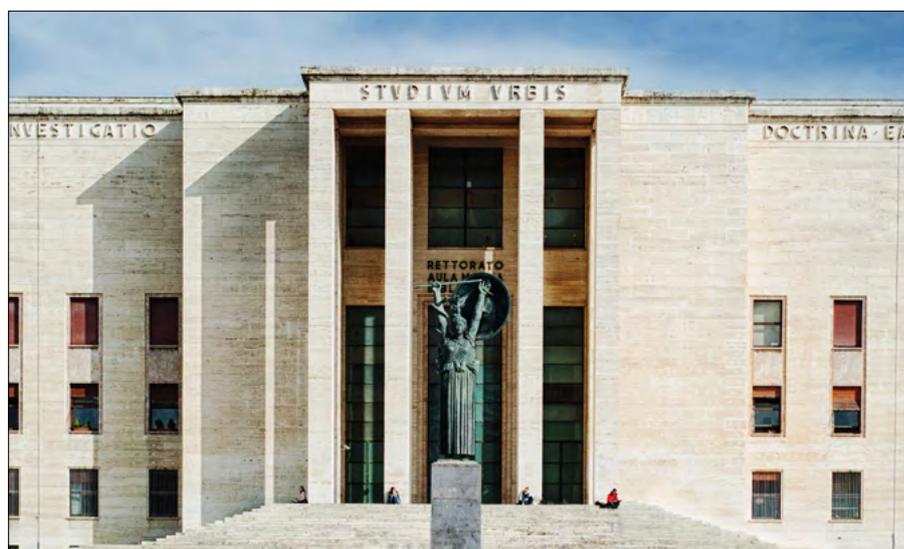
vento di altre discipline: dall'ingegneria, alle scienze economiche, a quelle sociali. Ne deriva dunque che la quantificazione del rischio comporta l'interazione di competenze specialistiche, tra le quali, per quanto riguarda la pericolosità dell'evento, un ruolo di player è giocato certamente dalle Scienze della Terra

3. L'OFFERTA FORMATIVA

Nel Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza Università di Roma la formazione indirizzata alla prevenzione e alla mitigazione dei rischi geologici è condotta oggi attraverso *a)* corso di studio triennale; *b)* corso di studio magistrale; *c)* master; *d)* dottorati di ricerca.

3.1 IL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN "SCIENZE GEOLOGICHE"

Entrando nello specifico dei corsi di studio, il percorso è organizzato all'anno



accademico in corso 2020-2021, secondo il cosiddetto “3+2”, ovvero un corso di laurea comune della durata di 3 anni in “Scienze geologiche”, da cui si ramificano due possibili corsi di laurea magistrale della durata di 2 anni: uno in “Geologia di esplorazione” e il secondo in “Geologia Applicata all’Ingegneria, al Territorio e ai Rischi” (www.dst.uniroma1.it/offerta_formativa).

Nel corso di laurea triennale in “Scienze Geologiche” (<https://corsidilaurea.uniroma1.it/it/corso/2021/30859/home>) si comincia a definire la figura del geologo, e dunque anche del futuro professionista che farà, se lo vorrà, del rischio il suo mestiere. Il percorso, che dallo status di matricola al I anno porterà al conseguimento del titolo di laurea in “Scienze Geologiche” alla fine del terzo anno, si snoda attraverso discipline di base. Il primo assaggio esplicito e sistematico nel corso di laurea in Scienze Geologiche all’argomento di specifico interesse di questo breve articolo è in un insegnamento opzionale intitolato proprio “Rischi Geologici”. Questo insegnamento è stato attivato recentemente, nell’anno accademico 2016-2017 e la quantificazione dell’impegno richiesto per il superamento dell’esame è 6 CFU (CFU sta per Credito Formativo Universitario).

L’insegnamento di Rischi Geologici si è dimostrato essere alla prova dei fatti estremamente attrattivo delle scelte

opzionali, non soltanto degli studenti di Scienze Geologiche della Sapienza ma anche di quelli della medesima università provenienti dal corso di laurea in Scienze Naturali o da quelli afferenti alla Facoltà di Architettura ed Ingegneria, a dimostrare l’interesse e la valenza transdisciplinare che la materia riveste anche tra i giovani studenti. Nell’anno accademico in corso l’insegnamento è tenuto dai colleghi Gabriele Scarascia Mugnozza e Paolo Mazzanti. Per gli studenti interessati, l’elaborato finale per il conseguimento del titolo di laurea triennale in Scienze Geologiche, quantificato in 3 CFU di impegno complessivo, può vertere, a scelta dello studente, su tematiche pertinenti all’argomento dei Rischi Geologici, proposte dai colleghi dell’area geologia applicata ed idrogeologia, geomorfologia, geofisica, geologia strutturale e geodinamica.

3.2 IL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN “GEOLOGIA APPLICATA ALL’INGEGNERIA, AL TERRITORIO E AI RISCHI”

È tuttavia nel corso di laurea magistrale che il focus tematico rivolto ai rischi geologici trova la sua massima possibilità di approfondimento, principalmente nel corso di laurea magistrale in “Geologia Applicata all’Ingegneria, al Territorio e ai Rischi” (<https://corsidilaurea.uniroma1.it/it/corso/2021/30863/home>). In questo lungo titolo dato al corso di

laurea sin dall’anno accademico 2009-2010, si sono volute condensare le fondamentali applicazioni della geologia sulle quali lo studente può incentrare la propria specializzazione alla fine del suo percorso di 5 anni: le applicazioni della geologia al mondo della progettazione ingegneristica di opere e interventi, in sintesi la progettazione geologica, la pianificazione territoriale e, *dulcis in fundo*, la individuazione, quantificazione e gestione dei rischi geologici e la messa a punto di strategie ed interventi di mitigazione di essi.

Nel primo anno del corso di laurea magistrale, il quarto dall’inizio del percorso universitario, si affinano ulteriormente gli strumenti teorici e pratici attraverso una sequenza di insegnamenti di approfondimento caratterizzanti a tutto tondo il “geologo applicato”.

Nel secondo anno, il quinto della carriera universitaria, si assesta definitivamente il colpo sul percorso specifico geologico-applicativo scelto tra quelli declinati nel titolo del corso di laurea magistrale. Un insegnamento comune a tutti i percorsi, e quindi obbligatorio per tutti gli studenti della laurea magistrale, è proprio quello di Mitigazione dei Rischi Geologici, al quale è stato recentemente aggiunto il modulo di approfondimenti normativi, per un totale di 9CFU. Il docente è in questo anno accademico Carlo Esposito, subentrato da due anni ad Alberto Prestininzi, ca-



postipite su questa tematica della scuola della Sapienza.

Gli ulteriori insegnamenti, opzionali, che guardano specificatamente ai rischi geologici sono:

- Stabilità dei versanti;
- Risposta sismica locale;
- Rischio vulcanico.

I primi due tenuti da Salvatore Martino ed il terzo da Gianluca Sottili.

È evidente dall'elenco sopra-riportato di insegnamenti opzionali che la ultra-specializzazione offerta nel corso di laurea magistrale tratta specificamente soltanto alcune tra le pericolosità geologiche annoverate, quelle sulle quali presso il Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza la ricerca è concentrata: pericolosità di frana, pericolosità sismica, ed infine pericolosità vulcanica. Di supporto alle trattazioni specifiche di queste pericolosità è l'insegnamento di Telerilevamento e applicazioni geomorfologiche impartito da Paolo Mazzanti e Francesco Troiani.

In particolare, nelle applicazioni geologico-tecniche finalizzate alla mitigazione del rischio sismico, vengono trattati gli elementi basilari per l'analisi della risposta sismica locale finalizzata agli studi di microzonazione sismica anche attraverso numerosi esempi ed esercizi applicativi tratti dalle recenti esperienze raccolte in Italia a seguito delle crisi simili del 2009; 2012; 2016-2017, vengono discusse le verifiche su eventuali fenomeni secondari indotti sul territorio dai sismi quali frane e liquefazione. Fanno parte del programma dell'insegnamento di Geologia applicata alle costruzioni da me tenuto, anche le indagini geologiche e geotecniche per la stima delle azioni sismiche sulle opere e concetti di base per la sua quantificazione.

Altresì trattato approfonditamente in questa laurea magistrale è anche il rischio di inquinamento delle falde e dei suoli. Generalmente questa tipologia di rischio non viene annoverata tra rischi geologici naturali bensì tra quelli antropici, in quanto l'inquinamento è indotto dall'uomo. Tuttavia, poiché questo rischio ha come bersaglio le matrici geologiche acqua e suolo, esso può essere considerato alla stregua di un rischio geologico, con le dovute specificità ad esso riservate.

Per quanto attiene alla risorsa idrica, alla individuazione di essa e alla difesa della sua quantità e qualità, sono indirizzati una costellazione di insegnamenti che, a partire dall'insegnamento Elementi di Idrogeologia tenuto da Marco Petitta nel corso di laurea triennale

in Scienze Geologiche, si ramificano all'interno del corso di laurea magistrale attraverso gli ulteriori insegnamenti, oltre a quelli già elencati, di Idrogeologia Applicata, Modellistica Idrogeologica, Monitoraggio idrogeologico e Dinamica degli inquinanti e Risanamento dei siti contaminati mutuato dal corso di laurea in Chimica Industriale e tenuto da Marco Petrangeli Papini.

Al termine di questa maratona, è finalmente la tesi di laurea magistrale, alla quale sono dedicati ben 27CFU, un periodo dunque di attività intensa della durata di circa 6 mesi, che consente allo studente, se interessato al tema dei rischi geologici, di mettere a frutto su casi reali le conoscenze acquisite in materia e gli strumenti messi a disposizione, contribuendo alla messa a punto di nuove metodologie di analisi e verifica nell'ambito delle pericolosità specifiche trattate, attraverso la guida di uno o più docenti e all'interno di gruppi di ricerca tematici che operano su numerosi progetti e convenzioni di ricerca presso il Dipartimento di Scienze della Terra.

Circa il 40% delle tesi di laurea magistrale in Geologia Applicata all'Ingegneria, al Territorio e ai Rischi, è incentrata sui Rischi Geologici e circa il 20% più specificatamente su argomenti che ruotano intorno al Rischio Sismico.

In questa ottica di progetti e convenzioni di ricerca sul tema dei Rischi Geologici alle quali in diversi casi sono collegate le tesi di laurea, si innesta un'altra struttura della Sapienza: il centro di ricerca interdipartimentale denominato CERI (<http://www.ceri.uniroma1.it>) su "Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici". Questa struttura vede il Dipartimento di Scienze della Terra leader tra gli altri 6 dipartimenti, che, attraverso alcuni ricercatori, ad esso afferiscono e contribuiscono alla ricerca multidisciplinare i dipartimenti di Chimica, Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Ingegneria Civile, Edile, e Ambientale, Sanità Pubblica e Malattie Infettive, Ingegneria Elettronica, Comunicazione e Ricerca Sociale.

3.3 I MASTER

Al centro di ricerca CERI, fondato da Alberto Prestininzi, si deve l'istituzione di master di II livello che hanno arricchito l'offerta formativa di Sapienza degli ultimi quindici anni sul grande tema dei Rischi Geologici: il master sul Rischio sismico, il master su Analisi e Mitigazione dei Rischio Idrogeologico ed infine il master su Bonifica dei siti Inquinati. I master di II livello sono per-

corsi didattici annuali di alta formazione post-laurea magistrale. I citati master istituiti dal CERI hanno consentito la formazione di decine di figure professionali qualificate sull'argomento, con provenienza da percorsi di laurea ampiamente diversificati, e che oggi operano in strutture pubbliche e private.

Per l'anno accademico 2020-2021, cito emblematicamente il master in Analisi, Valutazione e Riduzione del Rischio Sismico (<https://www.uniroma1.it/it/offerta-formativa/master/2021/analisi-e-valutazione-del-rischio-sismico-avris>), al quale, tra i 4 dipartimenti che lo hanno promosso, figura anche il Dipartimento di Scienze della Terra a fianco di 3 dipartimenti della facoltà di Ingegneria civile ed industriale. Il direttore del master è l'ing. Giuseppe Sappa.

3.4 DOTTORATO DI RICERCA IN "SCIENZE DELLA TERRA"

In chiusura di questo breve rassegna su cosa oggi La Sapienza offre in merito alla didattica sui rischi geologici attraverso principalmente il Dipartimento di Scienze della Terra, è con grande soddisfazione che cito il dottorato di ricerca in Scienze della Terra (https://phd.uniroma1.it/web/SCIENZE-DELLA-TERRA_nD3538.aspx), percorso formativo universitario della durata 3 anni post-laurea magistrale al quale si accede tramite una selezione su bando pubblico, e che, anche alle persone interessate alla ricerca su pericolosità geologiche e meritevoli, offre occasione di estrema specializzazione all'interno di team di ricerca, supportandole economicamente con una adeguata borsa di studio triennale. È recente, del 2020, l'introduzione anche presso la Sapienza dei cosiddetti "dottorati industriali", che vedono anche enti ed aziende private contribuire economicamente e fattivamente alla formazione di dottori di ricerca, anche in Scienze della Terra.

4. CONCLUSIONI

La speranza che in conclusione voglio condividere con il lettore al quale chiedo di fare anche da cassa di risonanza, è che giovani volenterosi e preparati si affaccino alle Scienze della Terra e scelgano percorsi formativi indirizzati alla mitigazione dei rischi geologici, contribuendo così a delineare un futuro realmente sostenibile e di convivenza con i processi geologici naturali che plasmano il nostro pianeta e con le risorse che esso è effettivamente in grado di offrire.

Il terremoto di Tuscania (VT) del 6 febbraio 1971. Un esempio di ricostruzione sostenibile

The Tuscania (VT) earthquake of February 6, 1971. An example for a sustainable reconstruction

Parole chiave: Terremoto; centro storico di Tuscania; Normativa tecnica per le costruzioni in zone sismiche; soccorso alle popolazioni; ricostruzione intelligente
Key words: Earthquake; historic center of Tuscania; building code for constructions in earthquake prone areas; aid to populations; smart reconstruction

Sergio Castenetto
Dipartimento della Protezione Civile
E-mail: sergio.castenetto@protezionecivile.it

Eugenio Di Loreto
Presidente sezione Lazio di SIGEA
E-mail: eugeol.dlr@gmail.com

1. INTRODUZIONE

La sequenza sismica che nel febbraio del 1971 colpì la provincia di Viterbo, in particolare il centro abitato di Tuscania ed alcune località poste tra detto abitato e le pendici sud-occidentali dell'apparato vulcanico Vulsino, ebbe inizio con la scossa del 6 febbraio e si protrasse per alcuni giorni con lievi e sporadiche scosse registrate strumentalmente o avvertite solo da una parte della popolazione. La scossa principale provocò ingenti danni materiali e la morte di 32 persone. Le caratteristiche generali del fenomeno sismico furono del tutto analoghe a quelle degli altri eventi verificatisi in passato nella stessa regione vulcanica dell'Italia centrale, non paragonabili o assimilabili, per l'energia associata e per le conseguenze, agli eventi di origine tettonica dell'appennino centrale, come la sequenza aquilana del 2009 o la più recente del 2016 che ha interessato Lazio, Umbria, Marche e Abruzzo. Ciò nonostante, questo evento rappresenta, dopo l'esperienza infausta del Belice (Sicilia occidentale) del 1968, il primo esempio di ricostruzione post-sisma dei centri abitati colpiti con un approccio eseguito con razionalità. Tale esempio verrà poi rivalutato e seguito anche in occasione del forte terremoto del 1976 in Friuli (ricostruire *dov'era, com'era*).

2. CARATTERI FISICI, GEOLOGICI E SISMICI DEL TERRITORIO

Il territorio interessato dal sisma del 6 febbraio 1971 è compreso nella regione pre-appenninica tosco-laziale delimitata a Ovest dal mar Tirreno, a Nord dal Fiume Fiora, a Sud dal corso inferiore del Tevere, appartenente alla provincia di Roma ed in gran parte a quella di Viterbo: la cosiddetta *Tuscia Romana*, cor-

rispondente all'incirca all'odierno Lazio settentrionale. Il nome deriva dalla presenza etrusca che caratterizzò per secoli quel territorio, entrato poi a far parte, nel Medioevo, dello Stato pontificio (Patrimonio di S. Pietro). Geologicamente, gran parte dell'area è di origine vulcanica; infatti i rilievi dei Monti Vulsini, dei Cimini e dei Sabatini, che la delimitano verso Est, sono degli apparati vulcanici estinti e i laghi di Bolsena, di Vico e di Bracciano non sono altro che antichi crateri o coalescenza di crateri e sprofondamenti tettonici legati all'evoluzione dell'attività endogena.

I centri abitati della Tuscia colpiti dal sisma sono situati su rilievi prevalentemente tufacei i cui margini degradano, con pendii ripidi e talora a picco, su canali di fondo valle. La città di Tuscania, fondata nel III secolo a.C., è ubicata alla periferia di un vasto espansione lavico di tefrite leucitica grigia compatta, che copre circa 12 kmq con direzione Nord-Sud, originatasi nel Pleistocene lungo una fenditura tra due blocchi di flysch a grana piuttosto fine (ISPRA, 2016). Sono presenti, inoltre, tufi stratificati generalmente poco coerenti e le formazioni sono ricoperte da coltri detritiche e da materiali di disfacimento con caratteristiche tecniche scadenti, simili a quelle delle alluvioni che ricoprono i fondo valle, con spessori a volte notevoli. Il vasto pianoro su cui sorge la cittadina di Tuscania è delimitato dalla valle del Fosso Copecchio ad Ovest e da quella del Fosso Marchiolo ad Est. Il quartiere medioevale racchiuso entro le mura risulta fondato in gran parte sulla formazione dei tufi stratificati superiori (banchi di roccia sciolti e incoerenti), una modesta parte degli edifici di tale quartiere poggia invece sulla lava tefritica leucitica di Tuscania. La zona

urbana più recente si sviluppa, verso occidente, sopra la roccia lavica, lapidea di elevate caratteristiche meccaniche; soltanto verso nord, in prossimità del cimitero, poggia sui tufi stratificati superiori (roccia sciolta coerente). Ai margini del paese si notano, anch'essi del Pleistocene, dei depositi di ambiente subaereo o palustre intercalati alle varie vulcaniti Vulsine o Vicane (pomice bianche, tufi, ecc). Si riscontra infine la presenza nella parte sud-orientale del paese sia di argille che di argille sabbiose del Pliocene sovrastate da conglomerati e sabbie.

Dal punto di vista sismico, nella Tuscia Romana si possono delimitare delle zone in cui i terremoti in alcuni casi, pur interessando generalmente superfici poco estese, hanno raggiunto una notevole intensità (fino all'VIII-IX grado della scala Mercalli). Una di queste zone è il territorio che circonda il lago di Bolsena; più precisamente la parte nord-orientale dove sono stati localizzati numerosi terremoti. Mario Baratta, insigne sismologo del secolo passato, nella sua opera "I terremoti d'Italia" (Baratta, 1901), sulla base di questi elementi, classificò la sua sismicità tra "mediocre ed intensa". Un altro centro sismico è stato individuato nel settore sud-occidentale del territorio che circonda il predetto lago, ad Ischia di Castro (terremoti del 1889, magnitudo 4.4, e del 1909, magnitudo 4.6). Per il passato in questa zona non ci sono segnalazioni di altri terremoti, ad eccezione di quello di Tarquinia (allora denominata Corneto) del 1819 (magnitudo 5.1, VII grado Mercalli) e di quello di Latera del 1882 (magnitudo 4.6, VI grado Mercalli). In tempi più recenti, nel luglio 1969, un sisma con intensità del VII grado della scala Mercalli (magnitudo 4.8), ha avuto il suo epicentro nel comprensorio dei Monti della Tolfa.

Nella mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale (Stucchi *et al.*, 2004), che fornisce un quadro delle caratteristiche di sismicità delle diverse zone sismogenetiche in cui è stato suddiviso il territorio nazionale, l'area della Tuscia Romana è compresa nella Zona Sismogenetica ZS 921 (Etruria), caratterizzata da terremoti con profondità ipocentrale compresa tra 1 e 5 km, con un meccanismo di fratturazione prevalente di tipo distensivo, per faglia diretta, compatibile con l'evoluzione geologica del margine tirrenico.

3. LA SCOSSA DEL 6 FEBBRAIO 1971

L'epicentro del terremoto del febbraio 1971 fu localizzato nei dintorni dell'abitato di Tuscania (Viterbo). La prima scossa avvenne il giorno 6 alle ore 19 e 9 minuti circa, magnitudo 4.8, intensità all'epicentro del VII-VIII grado della scala Mercalli ed intensità massima del VIII-IX grado a Tuscania. La seconda scossa, anch'essa avvertita dalla popolazione, si verificò alle ore 22 e 20 minuti circa dello stesso giorno con magnitudo 3.6. La terza scossa, strumentale, si ebbe il giorno 7 alle ore 17 e 41 minuti e fu segnalata a Viterbo dai sismografi dell'unità mobile dell'Istituto Nazionale di Geofisica e da quelli dell'Osservatorio di Monte Porzio Catone. Occorre ricordare che in quegli anni non esisteva ancora una rete sismica nazionale, ma il monitoraggio del territorio veniva assicurato da una serie di osservatori geodinamici tra i quali, appunto, quello di Monte Porzio Catone, posizionato a sud di Roma sui Castelli Romani, che registravano in modo analogico gli scuotimenti e solo dopo alcune analisi ed elaborazioni, di non breve durata, erano in grado di fornire una stima delle coordinate epicentrali e dell'energia associata all'evento. La situazione permarrà tale fino agli anni '80 del secolo scorso, basti ricordare che ci vollero alcuni giorni per individuare l'area epicentrale del tragico terremoto dell'Irpinia del 1980. Solo all'indomani prese avvio la realizzazione della Rete Sismografica Nazionale affidata all'Istituto Nazionale di Geofisica, che conta oggi oltre 400 stazioni digitali distribuite sull'intero territorio nazionale, che garantiscono la sorveglianza sismica h24, teletrasmettendo i dati in tempo reale.

L'evento sismico del 1971 è stato studiato da diversi autori per gli aspetti sismologici e sismogenetici (Console e Sonaglia, 1972) e per ricostruire la distribuzione degli effetti sul territorio, il cosiddetto campo macrosismico

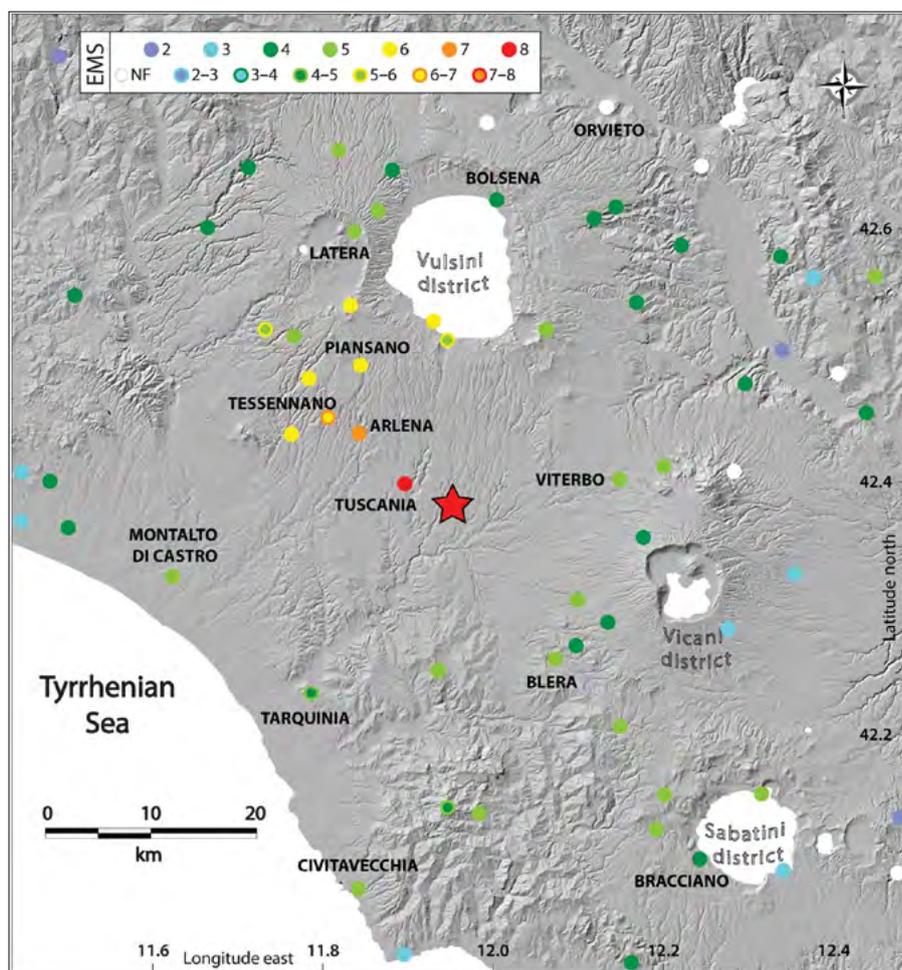


Figura 1. Nuova mappa delle intensità (Scala EMS-98) del terremoto a Tuscania del 1971. La stella rossa indica la localizzazione dell'epicentro ricalcolato da Cucci *et al.* 2020

(Bartolucci, Camponeschi & Sonaglia, 1972). L'epicentro fu ubicato sulla base delle registrazioni strumentali fra Tuscania e Arlena di Castro, ma studi recenti (Cucci *et alii*, 2020) riesaminando i dati macrosismici e strumentali del

terremoto, hanno consentito una nuova localizzazione dell'epicentro e la ridefinizione della magnitudo e dell'intensità massima. (Fig. 1)

Nella cittadina di Tuscania, dove il sisma provocò 27 vittime, un centinaio



Figura 2. Panoramica del centro storico di Tuscania (VT) dopo il terremoto



Figura 3. Il quartiere medioevale di Tuscania (VT) visto da piazza Basile



Figura 4. Tuscania, Chiesa di S. Maria del Riposo, danni alla facciata



Figura 5. Tuscania, Duomo intitolato a S. Giacomo, veduta dall'esterno, su via Consalvi, della Sacrestia (sec. XVIII)

di feriti e circa 4000 senzatetto a causa dei crolli e degli estesi danneggiamenti ai fabbricati, i danni maggiori interessarono il centro storico (Fig. 2) e il quartiere medioevale (Fig. 3), con la quasi totale inabitabilità degli edifici. Circa il 60 % degli edifici risultò danneggiato. Danni si riscontrarono anche ad alcuni caseggiati dei paesi vicini di Arlena di Castro, di Canino, di Piansano, Tessennano ed il sisma fu avvertito in altri centri della Tuscia tra cui Tarquinia, Montefiascone e Viterbo. Danni leggeri, costituiti da lesioni e cadute di camini, si ebbero in alcuni paesi a nord ovest di Tuscania; lesioni leggere a Viterbo; a Civitavecchia cadde qualche camino. La scossa fu sentita a Roma e nel basso Lazio. A Tuscania crollò anche parte dell'Ospedale

civile, dove purtroppo rimasero sepolti molti degenti. Venne lesionato l'acquedotto e rimasero danneggiate anche la scuola elementare, quella media e un istituto professionale. Nel teatro comunale, appena restaurato, il terremoto fece crollare il nuovo tetto e i muri perimetrali, causando anche la morte di un operaio che stava terminando i restauri. Crollò la caserma dei carabinieri, causando il ferimento di due militari. La scuola elementare composta da 23 aule fu gravemente danneggiata e classificata non agibile.

Considerando i beni monumentali, crollò la facciata della chiesa di S. Lorenzo e fu gravemente danneggiata la chiesa di S. Maria del Riposo (Fig. 4), come pure il Duomo, intitolato a S. Giacomo (Fig. 5), dove fu danneggiata la cappella di S. Giusto. Profonde lesioni si osservarono anche nella chiesa di S. Silvestro (Fig. 6) e nella chiesa di S. Pietro (Fig. 7), dove si staccò dall'abside gran parte dell'affresco dell'Ascensione, crollò e si spezzò il doppio rosone con i simboli dei quattro Evangelisti. Anche la basilica di S. Maria Maggiore (XII secolo) venne lesionata. Crollò completamente uno dei contrafforti dell'edificio e la parte esterna del catino absidale; la torre prospiciente la chiesa crollò parzialmente e una lunga fenditura attraversò verticalmente il troncone rimasto. Fu danneggiata la torre medievale di Lavello e si registrò anche il crollo dell'orologio che sovrastava l'ingresso della Porta Nuova. Danni minori si verificarono fuori le mura che cingono il centro storico. Nella zona nuova dell'abitato, da un sopralluogo dei Vigili del Fuoco svolto il 9 febbraio, risultò che solo il 15% degli edifici era inabitabile. Vennero segnalati danni anche agli archi del ponte che attraversa il fiume Marta e collega la città alla provinciale per Viterbo. Per risolvere il problema fu realizzato un ponte Bailey temporaneo.

4. LE CAUSE DELLA GRAVITÀ DEI DANNI E LE NORME SULLE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE

Le cause più probabili della gravità dei danni che si registrarono nel paese di Tuscania, nonostante il valore contenuto della magnitudo, sono state certamente la bassa profondità ipocentrale e, principalmente, l'estrema vulnerabilità e vetustà degli edifici del centro storico, in gran parte a due e tre piani, in muratura di tufo, con solai in legno, senza idonee attestature delle travi, con pesanti volte e con coperture a tetto in genere spingenti



Figura 6. Tuscania, Chiesa di S. Silvestro (sec. XV), danni alla facciata e campanile



Figura 7. Tuscania, Chiesa di S. Pietro, particolare dei danni al ciborio (sec. XII)



Figura 8. Tuscania, Chiesa di S. Pietro, i danni alla facciata e al rosone



Figura 9. Edifici crollati in via XX Settembre a Tuscania. In gran parte a due e tre piani, in muratura di tufo, con solai in legno, senza idonee attestature delle travi, con pesanti volte e con coperture a tetto in genere spingenti



Figura 10. Tuscania, via dell'Orso. Costruzioni con muri a sacco, paramenti esterni di materiali misti blocchetti di tufo, riempiti di pietrame sciolto, e tetti costruiti con travi di legno e tegole

(Figg. 9 e 10). I danni più gravi furono localizzati nel quartiere medievale, caratterizzato da costruzioni con muri a sacco, paramenti esterni di materiali misti, riempiti di pietrame sciolto, e tetti costruiti con travi di legno e tegole (Fig. 11). Nella Carta della distribuzione dei danni (Console e Sonaglia, 1972) risulta che gli edifici più recenti, in maggioranza ubicati fuori la cerchia delle mura delimitanti il centro storico (Fig. 12), realizzati anch'essi in muratura di tufo e con solai misti in ferro o in calcestruzzo armato, oppure con intelaiatura in c.a. e tamponature in tufo, presentarono, invece, solo lievi lesioni. Molti monumenti storici furono gravemente lesionati. In linea generale, si osservò che gli edifici costruiti su lave avevano resistito meglio alle sollecitazioni sismiche di quelli fondati su tufo. Gli edifici più antichi, che furono complessivamente molto danneggiati, avevano fondazioni che poggiavano per lo più su terreno di riporto con spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro, senza raggiungere il terreno in posto.

Gli edifici, anche quelli "moderni", erano stati costruiti senza attenersi alle norme antisismiche in quanto la sismicità della zona era tale da non aver richiesto l'osservanza delle dette norme. Occorre ricordare che, all'epoca, la classificazione sismica del territorio italiano comprendeva un numero limitato di comuni, distinti in 1^a e 2^a categoria, in genere comuni che erano stati interessati dal 1908 in poi da terremoti. Solo nel 1984 venne approvata una nuova classificazione, nella quale si teneva conto, invece, della storia sismica dei territori,



Figura 11. Tuscania, rovine subite dai fabbricati della zona medioevale. Si notano le caratteristiche volte di copertura

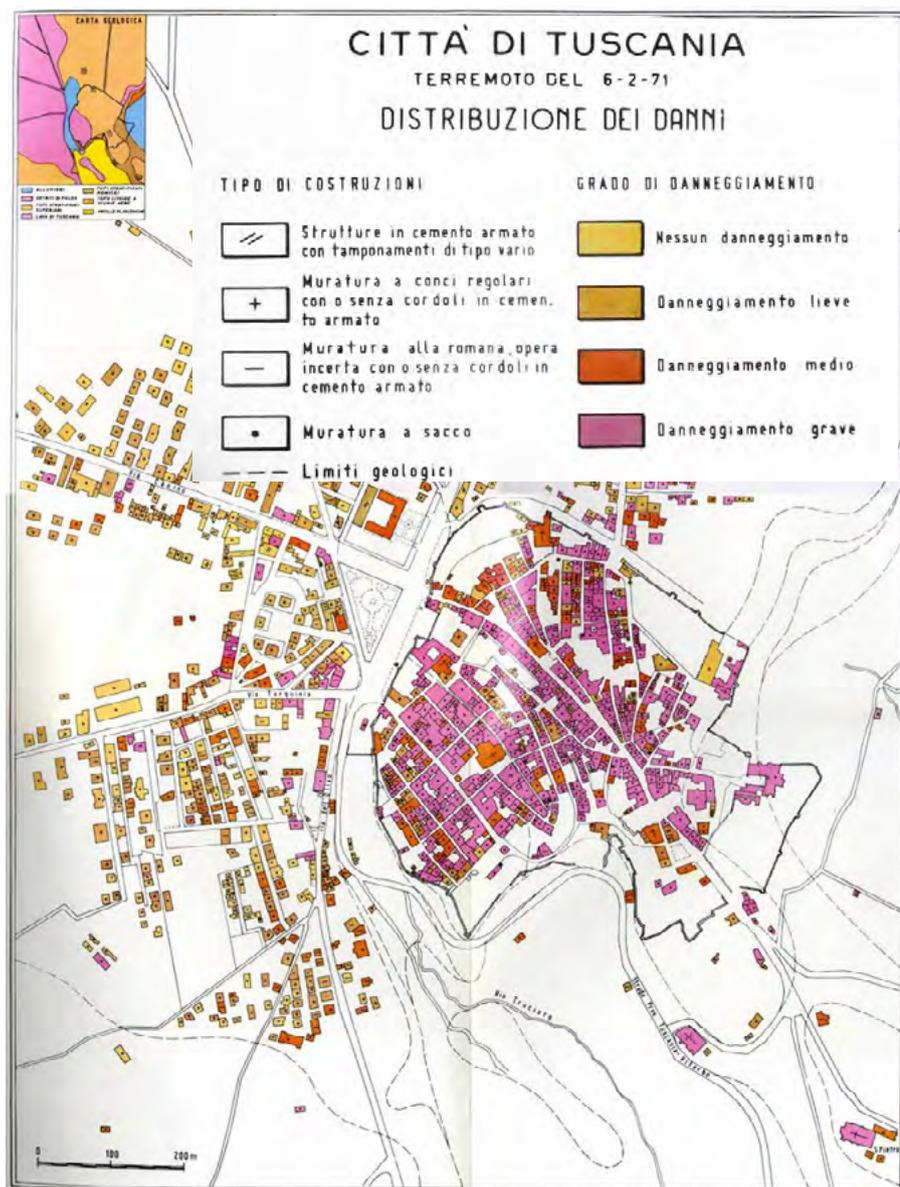


Figura 12. Carta della distribuzione dei danni del terremoto a Tuscania del 1971. Nel quartiere medioevale di Tuscania sono concentrati i danni gravi agli edifici. Fuori la cerchia delle mura delimitanti il centro storico gli edifici subirono danni lievi o medi (tratto da Bartolucci et al. 1972)

considerando quindi anche la sismicità del passato, antecedente il 1908, estendendo a circa il 45% del territorio nazionale l'applicazione delle norme sismiche.

Peraltro, le stesse norme tecniche, emanate con la legge n. 1684 del 25 novembre 1962, allora in vigore, mostravano lacune, affrontando soltanto alcuni aspetti del problema, basate esclusivamente su criteri statici, norme che di regola si applicano alle costruzioni di edilizia ordinaria. Già allora molti studiosi sostenevano, infatti, che il problema della progettazione in zona sismica dovesse essere affrontato su basi dinamiche, perché solo la conoscenza dei movimenti del suolo e delle accelerazioni massime in corrispondenza di ciascun periodo (spettro del terremoto) consente di risalire all'effettivo comportamento del manufatto (spettro di risposta) e quindi giungere ad una soluzione efficace del problema. Proprio in quegli anni era in preparazione un nuovo dispositivo "quadro" sulla materia sismica, quella che sarà la legge 64/1974, che stabilirà solo i principi generali, lasciando a successivi decreti ministeriali il compito di specificare i dettagli tecnici più soggetti a cambiamenti legati ai progressi scientifici e tecnologici. Tra i vari principi anche quello di superare la suddivisione in sole due categorie della classificazione, ma prevedere, cosa che avverrà solo dopo qualche decennio, la possibilità di più zone con grado di sismicità variabile. Precise disposizioni, poi, sulle indagini geotecniche dei terreni di fondazione. Fondamentale importanza per la stabilità degli edifici, in quanto una scarsa conoscenza delle caratteristiche geotecniche



Figura 13. Tuscania, panoramica della tendopoli allestita in località Guadigliolo dopo il terremoto

dei terreni e una cattiva progettazione delle strutture di fondazione possono compromettere la stabilità dell'intero manufatto, seppure progettato e calcolato nella sua parte in elevazione con i metodi più affinati messi a disposizione dalla ricerca scientifica.

Nel 1971, ad ogni modo, non essendo classificata come "sismica", nella Tuscia Romana non era obbligatorio il rispetto di norme specifiche per le costruzioni e gli edifici dei centri abitati interessati dalla scossa del 6 febbraio non potevano essere considerati sismicamente protetti. Il terremoto di Tuscania e poi quello del Friuli del 1976 e soprattutto dell'Irpinia del 1980, evidenziarono l'importanza e l'urgenza di approvare ed applicare sul territorio norme efficaci per le costruzioni, basate su una nuova classificazione sismica. La ricerca scientifica fornì una proposta di riclassificazione del territorio basata su criteri scientifici e negli anni '80 del secolo scorso circa metà del territorio nazionale fu classificato sismico obbligando al rispetto di specifiche norme tecniche per le costruzioni. Tuttavia permanevano estese aree nelle quali il problema sismico era sottovalutato. A seguito del terremoto del Molise del 2002, che provocò a S. Giuliano di Puglia la morte di oltre 30 alunni della scuola elementare, con una ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, venne finalmente avviata la nuova classificazione del territorio in 4 zone, i cui criteri sono tuttora in vigore. Sparsi il territorio non classificato come sismico e saranno, da allora, le Regioni ad adottare la classificazione, prevedendo anche un aggiornamento periodico in linea con la crescita delle conoscenze. Solo nel 2003 Tuscania è stata inserita in Zona 3 (DGR Lazio n. 766/2003) e con la più recente riclassificazione approvata dalla Regione Lazio (DGR Lazio n. 387/2009), è attualmente inserita in Zona 2.

5. GLI INTERVENTI DI SOCCORSO E ASSISTENZA ALLA POPOLAZIONE

Le vittime furono 32, 105 i feriti, oltre 4000 gli sfollati, più della metà degli abitanti. Le scosse vennero avvertite anche a Viterbo, come già detto, da dove partirono i primi soccorsi, uomini e mezzi: vigili del fuoco, carabinieri, soldati, agenti di polizia, giovani volontari, ambulanze, fotoelettriche. Il Ministero dell'Interno allertò e mise in moto i reparti della colonna mobile. Alle prime ore dell'alba del giorno 6, era già operativa una tendopoli per 1.100 posti in

località Guadigliolo, completa di cucina da campo, infermeria e servizi (Fig. 13). Il 7 febbraio giunsero in elicottero il presidente della Repubblica, Giuseppe Saragat (Fig. 14), e il capo del Governo, Emilio Colombo. Ma come interveniva in quegli anni lo Stato in caso di calamità pubbliche, come un terremoto?

La legge 8 dicembre 1970 n. 996 recante "Norme sul soccorso e l'assistenza alle popolazioni colpite da calamità", affidava il compito di organizzare la Protezione civile al Ministero dell'Interno, che vi provvedeva d'intesa con tutte le Amministrazioni e Enti interessati. Allo stesso Ministero era altresì demandata



Figura 14. Tuscania, la visita del Presidente Saragat

la direzione e l'attuazione del coordinamento, al momento dell'evento calamitoso, di tutte le attività svolte nella circostanza dalle Amministrazioni dello Stato, dalle Regioni e dagli Enti pubblici territoriali ed istituzionali. Inoltre il Ministero dell'Interno predisponneva e attuava i provvedimenti necessari per assicurare i servizi tecnici urgenti e l'assistenza di pronto soccorso; curava la realizzazione delle opere di urgente necessità e delle attrezzature occorrenti per la protezione delle popolazioni, provvedeva, infine, all'equipaggiamento e addestramento dei cittadini che prestavano volontariamente la loro opera di soccorso. Gli interventi tecnici urgenti erano svolti dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco che si era organizzato costituendo, per le operazioni di primo intervento, apposite unità denominate "colonne mobili di zona", una per ciascuno dei 12 ispettorati di protezione civile in cui il territorio della Repubblica era stato suddiviso, oltre una colonna mobile organica con sede in Roma. Compito di dette colonne mobili, ciascuna delle quali

disponeva di circa 80 mezzi motorizzati, era quello di attuare interventi di massa con carattere di immediatezza per ogni tipo di grande calamità. Tutto il territorio nazionale era così in grado di beneficiare di questi strumenti di soccorso attrezzati per dare la prima assistenza alle popolazioni colpite mediante la costituzione di posti di medicazione e di ristoro, la distribuzione di acqua potabile, l'allestimento di attendamenti per le persone che avessero bisogno di un'assistenza più immediata, provvedere alla distribuzione di pasti d'emergenza e eventualmente all'isolamento delle zone sinistrate. Ad una successiva e più ampia assistenza a

favore dei colpiti dalla calamità provvedevano, poi, i "Centri Assistenziali di Pronto Intervento" (CAPI) costituiti in numero di 12, dalla Direzione Generale dell'Assistenza Pubblica del Ministero dell'Interno, anch'essi opportunamente dislocati sul territorio nazionale.

6. LA RICOSTRUZIONE

Superata la prima fase, nella quale veniva richiesto l'intervento tempestivo per portare soccorsi e venire incontro alle necessità immediate delle popolazioni colpite e per limitare l'aggravarsi dei danni provocati dal terremoto (sgombero delle macerie, puntellamento e demolizioni degli edifici danneggiati, che costituiscono pericolo per la pubblica incolumità), occorreva dare ricovero alle famiglie restate senza tetto e ripristinare le opere e i servizi indispensabili alla vita delle popolazioni colpite. Il problema più grave che si presentava, allora come ancora oggi, era quello di trovare una sistemazione idonea per le popolazioni colpite costrette ad abbandonare le loro abitazioni. Non sempre si riusciva a di-



Figura 15. Tuscania, Basilica di S. Pietro, i lavori di ricostruzione

sporre il ricovero delle famiglie prive di alloggio in altri locali (scuole, alberghi, abitazioni private) per cui si doveva fare ricorso alla realizzazione di tendopoli e di baraccopoli. Sarebbe stato certamente preferibile fare ricorso ad alloggi prefabbricati ma tale soluzione non era sempre attuabile per la mancanza dei materiali occorrenti e difficoltà per l'esproprio delle aree prescelte. Definita l'entità del disastro, gli interventi dello Stato venivano proporzionati, mediante l'emanazione di norme legislative che precisavano gli stanziamenti e i provvedimenti necessari. Per quanto concerne i beni pubblici, lo Stato si assumeva direttamente l'onere della spesa di ricostruzione, mentre per quel che riguarda i beni dei privati, lo Stato concedeva contributi proporzionati al valore della consistenza dell'immobile danneggiato o distrutto o al reddito percepito dal proprietario. In genere, quando il terremoto provocava la distruzione di interi centri abitati, si cercava di dare un nuovo assetto più funzionale alle zone

sinistrate mediante la creazione di nuovi centri di insediamento abitativo, programmando anche nuove aree industriali destinate ad incentivare le attività economiche e produttive compromesse dal terremoto. Così fu per l'area del Belice (Sicilia occidentale), colpita nel gennaio del 1968 da una forte scossa sismica che distrusse numerosi centri abitati, come Gibellina, Poggioreale, Santa Margherita Belice, che vennero di fatto abbandonati e ricostruiti altrove. Tale soluzione, però, a distanza di pochi anni mostrò i propri limiti, perché le scelte adottate risultarono decontestualizzate rispetto all'assetto sociale ed economico dell'area, favorendo lo spopolamento e l'emigrazione di buona parte degli abitanti. Fu probabilmente per questo motivo, grazie anche alle ridotte dimensioni dell'area colpita e alla forte spinta della popolazione locale, desiderosa di riconquistare i propri spazi ed allontanare il rischio di un nuovo Belice, che per l'abitato di Tuscania si optò per una ricostruzione sostenibile e razionale, che privilegiasse la ricostituzione del tessuto sociale preesistente, recuperando anche l'edilizia storica e monumentale che aveva subito i danni più gravi. Raccontavano ai giornali dell'epoca i sopravvissuti: "È stato un disastro. Una cosa tremenda. Per ricostruire Tuscania ci vorranno trent'anni a dir poco...". Ma così non è stato. Nonostante gran parte del paese era tutto distrutto, fortunatamente con la solerzia e la capacità degli amministratori e dei tecnici locali in pochi anni è stato tutto ricostruito. Tra gli artefici di questa ricostruzione è da citare l'ingegnere capo del Genio civile Otello Testaguzza, conosciuto come l'ingegnere di ferro. Lui fu tra quelli che ebbe il compito di riportare



Figura 16. Tuscania, Basilica di S. Pietro, oggi dopo la riparazione dei danni.

(Fonte: [https://www.luoghimisteriosi.it/lazio/tuscania/021_tuscania_spietro%20\(Large\).jpg](https://www.luoghimisteriosi.it/lazio/tuscania/021_tuscania_spietro%20(Large).jpg))

Tuscania a come era prima del terremoto. Nella basilica di San Pietro (Fig. 15), ad esempio, nulla fu cambiato: tutte le pietre tornarono al loro posto. Per una ricostruzione fedele, l'ingegnere riprese le mappe e i documenti del catasto gregoriano. Negli anni '70, nessuno credeva fosse possibile. Cinquant'anni dopo Tuscania è di nuovo in piedi. Bella, come lo era prima (Fig. 16). Un esempio di ricostruzione razionale che anche ai nostri giorni testimonia l'ottimo e coscienzioso lavoro che fu effettuato all'epoca. Si tratta di un buon esempio da cui partire per ridare nuova vita ai comuni dell'Italia centrale colpiti dalla sequenza sismica del 2016. La memoria storica è un bene prezioso che non può essere disperso e deve essere il collante per la resilienza della Comunità e trasmesso alle future generazioni (Colombi e Di Loreto, 2021).

BIBLIOGRAFIA

- BARATTA M. (1979), *I terremoti d'Italia. Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana*. (Ristampa anastatica dell'edizione del 1901), Arnaldo Forni Editore. Sala Bolognese (BO).
- BARTOLUCCI G., CAMPONESCHI B., SONAGLIA A. (1972), *Il terremoto di Tuscania*, Rassegna dei Lavori Pubblici 5, 185-225;
- COLOMBI A., DI LORETO E. (2021), *Il terremoto di Tuscania del 6 febbraio 1971 il contesto sociale e politico e le attività dell'Ordine Nazionale dei Geologi*. Professione Geologo, n. 62 di aprile 2021.
- CONSOLE R., SONAGLIA A. (1972), *Studio del terremoto di Tuscania del 1971*, Annals of Geophysics, pp. 367-390.
- CUCCI L., TERTULLIANI A., CASTELLANO C. (2020), *Children of a Lesser Seismological God: The 1971 Tuscania (Central Italy) "Historical" Earthquake*, Seismol. Res. Lett. XX, 1-16, doi: 10.1785/0220200040.
- ISPRA (2016), Servizio Geologico d'Italia. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000. Foglio 344 TUSCANIA*. A cura di: Palladino D.M., Simei S., Trigila R.
- DGR Lazio n. 766 del 1 agosto 2003 *Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003. Prime disposizioni*.
- DGR Lazio n. 387 del 22 maggio 2009 *Nuova classificazione Sismica della Regione Lazio - (BUR Lazio n. 24 del 27.06.2009 - Supplemento Ordinario 106)*.
- STUCCHI M., AKINCI A., FACCIOLI E., GASPERRINI P., MALAGNINI L., MELETTI C., MONTALDO V., VALENSISE G. (2004), *Mappa di Pericolosità sismica del territorio Nazionale*. http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/rapporto_conclusivo.pdf.

La documentazione fotografica, relativa alle figure da 2 a 11 e le figure da 13 a 15 sono state tratte dall'Archivio del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.

Pianificazione, prevenzione e riduzione del rischio sismico

Planning, prevention and reduction of seismic risk

Parole chiave: rischio sismico, pericolosità sismica, pianificazione, mitigazione del rischio, prevenzione sismica

Key words: seismic risk, seismic hazard, planning, risk mitigation, seismic prevention

Antonello Fiore

Presidente Società Italiana di Geologia Ambientale - SIGEA-APS

Michele Orifici

Vice Presidente Società Italiana di Geologia Ambientale - SIGEA-APS

Vincent Ottaviani

Vice Presidente Società Italiana di Geologia Ambientale - SIGEA-APS

PREMESSA

L'Italia è insuperabile nella fase di emergenza e di primo soccorso alla popolazione, quando è necessario intervenire con immediatezza per salvare vite umane, durante e subito dopo una catastrofe. In questi momenti emerge la solidarietà del nostro popolo, l'adeguatezza del sistema nazionale di protezione civile, la preparazione e la professionalità del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, la generosità degli uomini e delle donne che operano sul campo e, in particolare, dei volontari delle Associazioni di Protezione Civile.

Al di fuori della gestione dell'emergenza decennio dopo decennio, da quando dopo il terremoto dell'Irpinia ha preso corpo l'organizzazione della moderna protezione civile, non siamo stati in grado di prevenire per tempo gli effetti del terremoto, né di ricostruire adeguatamente i territori devastati dallo stesso, traducendo in politiche, in norme e regolamenti, in piani e programmi, in buone pratiche, le necessarie azioni, che avrebbero potuto evitare le morti, la distruzione, la sofferenze delle popolazioni colpite, la perdita irreversibile di un patrimonio culturale, storico e architettonico, unico e di inestimabile valore.

Importanti e significativi segnali di una inversione di tendenza, però, si registrano nei provvedimenti recenti del Commissario Straordinario per la ricostruzione dei territori interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016, a partire dall'emanazione dell'Ordinanza n. 100 del 9 maggio 2020¹, alla presentazione del Programma unitario di intervento – Interventi per le aree del terremoto del 2009 e 2016, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Fondo Complementare.

La SIGEA APS², che opera da 30 anni nella disseminazione culturale, in materia di tutela dell'ambiente e della prevenzione dai rischi naturali, è forte-

mente impegnata sul fronte della prevenzione e riduzione del rischio sismico³ ed è con tale spirito che si riportano alcune brevi e non esaustive considerazioni, in materia di prevenzione, pericolosità e vulnerabilità sismica, formazione e comunicazione sul rischio sismico, con uno sguardo fiducioso verso il futuro di un Paese nel quale si registrano un

terremoto con effetti severi ogni 5 anni e che ha voglia di riscattare la possibilità di vivere in sicurezza.

BREVI CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA

La mappa di pericolosità sismica nazionale è di tipo probabilistico e stima



Figura 1. Partecipazione di SIGEA APS a Cammina Italia, Reportage lento nel cratere del terremoto, con Alfredo Di Giovampaolo, tappa nella quale si sono attraversate le zone terremotate attorno ad Arquata del Tronto. <http://www.rainews.it/dl/rainews/media/Cammina-Italia-reportage-lento-nel-cratere-del-terremoto-arquata-del-tronto-e1dfafce-8e37-47f6-b3e1-7c86cc14b93c.html>



Figura 2. Veduta di Castelluccio di Norcia, quasi completamente distrutto dalla scossa del 30 ottobre 2016 (Foto V. Ottaviani, 11 novembre 2016)

il livello di accelerazione che al 90% di probabilità non verrà superato in un arco di 50 anni al “bedrock sismico”, cioè in corrispondenza di suoli rigidi con $V_{s30} > 800$ m/s, il che equivale a esprimere una accelerazione valida per un tempo di ritorno di 475 anni⁴.

Il primo aspetto da considerare è che i valori di accelerazione stimati, per ogni nodo della mappa di pericolosità sismica, sono indipendenti dal tempo, in quanto prescindono da quando è avvenuto l'ultimo forte terremoto. È pacifico ritenere che se una faglia sismogenica è stata quiescente per secoli, la probabilità che la stessa possa generare un terremoto distruttivo sarà di gran lunga superiore rispetto a un'altra, che ne ha causato uno recentemente. Per tale motivo la mappa di pericolosità sismica nazionale non rappresenta un valido riferimento (né potrebbe essere ritenuto tale, essendo “time independent”) per una corretta programmazione di interventi antisismici, secondo un criterio di priorità.

In merito è stato condotto un interessante studio⁵, che ha estratto i capoluoghi comunali i cui territori, ubicati lungo l'intera dorsale appenninica, dalla Liguria alla Calabria, ricadono entro una distanza di 5 Km dalla proiezione

delle faglie sismogeniche composite, di tipo estensionale, tratte dal database DISS⁶. Detto studio ubica anche gli epicentri dei più forti terremoti (Mw 5.8 e superiore) del catalogo CFTI4Med⁷. I capoluoghi di comune ottenuti sono stati ordinati in funzione del tempo trascorso dall'ultimo terremoto disastroso noto (partendo da quelli non noti), restituendo una graduatoria di vulnerabilità di 716 comuni. A essi sono state abbinate le informazioni delle intensità dei terremoti in scala Mercalli, nonché quelle provenienti dalla banca dati Istat, relativi alla popolazione e alla percentuale di edifici costruiti prima del 1918⁸.

Il metodo descritto potrebbe costituire un adeguato criterio di priorità per pianificare interventi di prevenzione del rischio sismico e provvedere all'assegnazione di risorse pubbliche, implementando lo stesso con i dati relativi alle caratteristiche costruttive degli edifici e al loro tempo di costruzione, da porre in relazione all'entrata in vigore della legge sismica in Italia.

Il secondo aspetto da considerare, in tema di pericolosità sismica, è che le accelerazioni sismiche della carta nazionale sono valutate su substrato rigido.

Occorre chiarire che ciò non costituisce un limite della mappa di pericolosità

sismica nazionale, trattandosi di una sua caratteristica inevitabile, per essere la stessa a piccola scala e redatta con criteri omogenei per tutto il territorio nazionale. Sono necessari studi di carattere locale, per valutare la pericolosità reale che, comunque, devono partire dalla conoscenza della pericolosità al bedrock.

Laddove siano presenti terreni con caratteristiche fisiche più scadenti, sovrapposti al substrato rigido, possono aversi importanti fenomeni di amplificazione delle accelerazioni sismiche. L'esempio più eclatante di tale fenomeno si ebbe durante il terremoto di Città del Messico nel 1985, che causò morte e devastazione a una distanza di oltre 350 Km dall'epicentro, proprio a causa della presenza, al di sotto della città, di depositi alluvionali scarsamente addensati, in sovrapposizione al substrato roccioso. È fondamentale conoscere tali fenomeni alla scala delle aree urbane ai fini di una corretta pianificazione territoriale, per integrare i criteri di priorità, per l'assegnazione di finanziamenti tesi alla riduzione del rischio sismico.

La micronazione sismica è lo strumento attraverso il quale si studiano le amplificazioni sismiche ma anche le faglie attive e capaci⁹, nonché i fenomeni sismo indotti, quali le liquefazioni del

suolo e le frane o il rischio di crollo di cavità sotterranee. Per la prima volta in Italia, dopo il terremoto del 2016 – 2017, è stata fatta una estesa attività di microzonazione sismica di terzo livello nelle aree colpite dal sisma, che costituisce una valida base per attuare questo processo sull'intero territorio nazionale. In merito occorre osservare che, affinché una microzonazione sismica sia corretta e utile, è necessario che le indagini siano, non solo accurate, ma sufficientemente distribuite in funzione dell'andamento delle strutture geologiche nel sottosuolo ed è pertanto necessario un programma di lungo respiro, con anche una precisa individuazione di soggetti attuatori e ruoli, di coordinamento, validazione e controllo, con il coinvolgimento degli Enti nazionali di ricerca, delle università e dei geologi professionisti.

Nello specifico, sulla scorta dei problemi emersi nella ricostruzione dei territori colpiti dal sisma 2016 – 2017, in passato avevamo segnalato come l'identificazione e la validazione delle faglie attive e capaci non potesse essere lasciata al geologo libero professionista che interviene per il singolo edificio da ricostruire, afferendo detta valutazione a una scala più ampia di valutazione, rispetto a quella che può essere svolta a livello locale e che, pertanto, tale ruolo andasse ricondotto agli Enti nazionali di ricerca. Tale problematica è stata re-

centemente risolta con l'Ordinanza del Commissario Straordinario di Governo n. 119 del 8 settembre 2021 *Disciplina degli interventi in aree interessate da Faglie Attive e Capaci e da altri dissesti idrogeomorfologici*.

Da ultimo, si sottolinea l'importanza di avviare studi di microzonazione sismica di terzo livello all'intero nazionale, a partire dalle aree interessate da maggior rischio sismico, nonché di completare il progetto di cartografia geologica (CARG) del territorio nazionale, da poco riavviato, con una programmazione pluriennale stabile nel tempo, che possa portarlo a conclusione.

ALCUNE RIFLESSIONI SULLA VULNERABILITÀ SISMICA

Il patrimonio sismico nazionale ha elevati livelli di vulnerabilità per ogni tipologia del costruito, dall'edilizia a uso abitativo a quello produttivo, da quello scolastico agli edifici strategici, dalle chiese ai beni monumentali.

I disastri sismici, accaduti in Italia con una media di 5 anni, negli ultimi 160 della nostra storia unita dell'Italia, ce lo hanno ricordato ogni volta, trasformando interi paesi e borghi in cumuli di macerie.

Gli edifici a uso residenziale esistenti in Italia sono più di dodici milioni, di cui circa 975 mila ubicati in comuni a

elevata pericolosità sismica, con una accelerazione attesa $[max] > 0.25$. Oltre il 55% degli edifici residenziali è costituito da muratura portante. Se si prendono in considerazione anche le strutture realizzate in calcestruzzo armato, prima del 1980, quando ancora la normativa sismica era debolmente applicata, la percentuale degli edifici residenziali aventi vulnerabilità medio-alta sale a oltre il 70% del totale.

Da anni è aperto il dibattito sulla costruzione di una anagrafe del costruito, attraverso la predisposizione del cosiddetto "fascicolo del fabbricato", rivolto sia agli edifici privati, sia a quelli pubblici. Un tale strumento, oltre a un'azione diagnostica speditiva, dovrebbe portare all'integrazione di dati e informazioni esistenti, da rilevare, acquisire ed elaborare, sia sulle caratteristiche costruttive dell'edificio, sia sulle caratteristiche del substrato geologico su cui è fondato, con riferimento alle amplificazioni sismiche locali, ma anche al rischio di liquefazione, o di interferenza con altri fenomeni geologici e geomorfologici, quali frane e cavità sotterranee.

In tale logica, si impone anche un nuovo approccio alla pianificazione urbanistica, che si correli con il piano comunale di protezione civile e che prenda in considerazione i possibili scenari di rischio, attuali e futuri, finalizzati alla preservazione delle funzioni strategiche



Figura 3. Edifici residenziali collassati e ribaltati a causa della scossa sismica del 24 agosto 2016. Località Amatrice (Foto V. Ottaviani, 9 aprile 2017)

e vitali delle città, riferendosi al sistema della Struttura Urbana Minima (Sum).

Per l'attuazione di quanto sopra sono necessari interventi legislativi e regolamentari che obblighino alla predisposizione di una documentazione tecnica minima, in funzione dei livelli di esposizione degli edifici, che potrà anche essere un utile riferimento per stimare il valore immobiliare di mercato e stabilire il premio assicurativo, come già si fa in altri Paesi, a copertura dei rischi da disastro naturale.

Sempre in tema di vulnerabilità, le scuole e gli edifici strategici dovrebbero avere la priorità massima, sia in termini di tempistica di intervento, sia in termini di capacità di resistenza allo scuotimento sismico.

Il quadro relativo agli edifici scolastici nel nostro Paese è ancora disastroso. Oltre il 60% delle scuole non è ancora adeguato sismicamente e più del 40% ricade in zona 1 e 2 di pericolosità sismica nazionale (*XX RAPPORTO LEGAMBIENTE sulla qualità dell'edilizia scolastica e dei servizi – marzo 2021*).

Per valutare come realizzare scuole ed edifici strategici antisismici, vale la pena di ricordare che la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale è stata elaborata con un criterio probabilistico, che si basa su conoscenze relative alla sismotettonica, distribuzione e natura delle faglie e sul catalogo parametrico dei terremoti italiani dell'INGV. Questa è espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. L'incertezza legata alla elevata probabilità di eccedenza e alla carenza di informazioni relative a terremoti più antichi di quelli presi a riferimento, o aventi periodo di ritorno che travalichi l'esperienza storica umana, rende possibili eventi con accelerazioni del suolo ben superiori a quelle stimate come probabili, senza considerare le amplificazioni legate a specifiche condizioni geologiche e geomorfologiche puntuali.

Pertanto, al fine di rendere gli edifici scolastici e quelli strategici il più possibile indipendenti dalle massime accelerazioni attese e preservarne l'integrità, a prescindere dalla magnitudo dell'evento e dall'amplificazione locale, sarebbe opportuno obbligare, o fortemente incentivare, l'utilizzo di tecnologie avanzate, ampiamente sperimentate con successo in tutto il mondo e anche in alcune realtà italiane, consistenti nei dispositivi di isolamento sismico e di dissipazione di energia¹⁰. Tale prospettiva genererebbe anche una domanda di mercato, con be-

nefici per il settore della produzione di tali sistemi e una progressiva diminuzione dei costi di intervento per l'utilizzo degli stessi.

Una novità importante in materia di edilizia scolastica è rappresentata dal nuovo piano straordinario da oltre 500 milioni di euro, che sta per essere varato dal *Commissario Straordinario per la Ricostruzione post sisma 2016, tramite apposita ordinanza speciale in deroga, finalizzata alla riparazione del danno ed adeguamento sismico di ben 184 scuole, nelle aree colpite dal recente terremoto dell'Italia centrale, in aggiunta agli interventi già previsti e finanziati. Un accordo intercorso tra Commissario Straordinario e Dipartimento Casa Italia prevede l'istituzione di un gruppo di lavoro per il monitoraggio e la definizione di apposite linee guida, per la qualità della progettazione degli interventi che, si auspica, possano orientare correttamente le soluzioni di intervento nella direzione auspicata.*

Per quanto riguarda, infine, la vulnerabilità del patrimonio storico culturale e, in particolare, quella molto elevata delle chiese interessate da vincoli architettonici e artistici, a fronte di una visione tesa a evitare ogni possibile modifica della percezione visuale dei beni tutelati e anche ogni alterazione delle caratteristiche originarie delle strutture, negli ultimi decenni, si è spesso impedito che venissero realizzati interventi di adeguamento, ovvero di sostanziale miglioramento sismico, consistenti in incatenamenti, collegamenti tra facciate, collegamenti tra facciate e tetti, consolidamento delle strutture murarie portanti. Questo mancato intervento di miglioramento sismico sui beni vincolati determina in occasione del terremoto la perdita irreversibile di tantissime chiese. Ad esempio a Norcia, per effetto del terremoto dell'Italia centrale del 2016 i danni al tessuto urbano sono stati sostanzialmente lievi (in particolare, se paragonati alla completa distruzione di Amatrice, Accumoli, Pescara ed Arquata del Tronto) sebbene molto diffusi grazie alle buone pratiche e alle ottime ricostruzioni che hanno interessato nel passato la maggior parte dell'edificato nurino. Nella stessa Norcia, e a seguito dello stesso evento del 2016, le chiese vincolate hanno subito danni gravi se non proprio la distruzione. La ricostruzione a seguito dei crolli, mediante la ricomposizione dei pezzi originali, non restituirà mai gli oggetti originali, sia per quanto riguarda le strutture, sia per quanto riguarda le opere d'arte contenute nelle stesse.

Occorrerà pertanto una inversione di tendenza, finalizzata a prevenire la perdita del patrimonio storico culturale¹¹, tramite interventi che consentano un sostanziale miglioramento sismico, quantificandone normativamente il livello di sicurezza minimo da raggiungere, anche a scapito di modeste modifiche nella percezione visiva o di carattere strutturale, anche attraverso la realizzazione di interventi di isolamento sismico e di dissipazione dell'energia. Per raggiungere tale obiettivo e coniugare nel migliore dei modi prestazioni sismiche e conservazione dei beni, è necessario integrare le professionalità delle Soprintendenze con competenze ingegneristiche e geologiche.

Una importante novità, che lascia ben sperare in tal senso per il futuro, è costituita dall'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 116 del 6 maggio 2021 *Riordino e razionalizzazione delle vigenti disposizioni in materia di riparazione, restauro, ripristino e ricostruzione degli immobili di interesse culturale e paesaggistico appartenenti a soggetti privati.*

Le disposizioni dell'ordinanza sopra richiamata sono finalizzate "...a riconoscere un contributo fino al 100 per cento delle spese occorrenti a realizzare gli interventi di restauro, riparazione e ripristino con miglioramento sismico o di ricostruzione degli immobili di interesse culturale e paesaggistico danneggiati o distrutti dal sisma, in modo da assicurare il conseguimento di elevati livelli qualitativi nella progettazione e nella realizzazione dei suddetti interventi, al fine di renderli compatibili con la tutela degli aspetti architettonici, storici e paesaggistici e di salvaguardare i caratteri identitari degli insediamenti dei Comuni colpiti dal sisma".

Nell'ambito del citato provvedimento, assume particolare rilevanza l'Articolo 7 Livelli di sicurezza, laddove si indica, al fine del riconoscimento dell'incremento del contributo, che gli interventi locali non possano limitarsi alla semplice riparazione ma debbano prevedere interventi di rafforzamento locale e che gli interventi di miglioramento sismico debbano, invece, conseguire almeno dati livelli di minimi di sicurezza.

Inoltre, qualora le esigenze di tutela non consentano il raggiungimento dei livelli minimi di sicurezza per interventi su taluni beni¹² è previsto almeno il raggiungimento di un dato incremento della capacità di resistenza, con esplicitazione delle diverse ed alternative soluzioni strutturali necessarie per elevare la capacità resistente e le esigenze di tutela

del bene culturale, rispetto alle quali le diverse soluzioni proposte risultino non compatibili.

In ogni caso, l'intervento deve garantire *“l'eliminazione di carenze e criticità gravi che possono dare luogo a meccanismi di collasso rovinosi della costruzione o di sue parti rilevanti, che possano avvenire prematuramente e improvvisamente senza che la costruzione esprima un efficace comportamento resistente di insieme”*.

MANCANZA DI COMUNICAZIONE, FORMAZIONE, INFORMAZIONE

Il tema della conoscenza del rischio sismico e della consapevolezza di quello che può succedere nelle aree sismiche, sono molto importanti e nello stesso tempo sottovalutate se non trascurate nel nostro Paese.

Viene trascurato fin dalla formazione nelle scuole dell'obbligo. Non c'è un insegnamento che riguardi la storia dei pericoli naturali e di come questi possono interferire con le nostre attività trasformando il pericolo in rischio. Si dovrebbe partire dalla conoscenza dei fenomeni naturali, quali terremoti, maremoti, eruzioni, frane, erosione costiera, alluvioni, spiegando le dimensioni, la propagazione nello spazio e il ripetersi nel tempo di questi fenomeni naturali.

I Corsi di Laurea in Scienze Geologiche in Italia non hanno finanziamenti per svolgere attività di ricerca sulla pericolosità e sul rischio sismico, e ciò si riflette, inevitabilmente, sia sulla conoscenza, in particolare, a livello regionale

e locale, sia sulla preparazione dei futuri pianificatori e responsabili della corretta applicazione delle norme di prevenzione.

Il piano di protezione civile da molti è visto come un mero adempimento burocratico, che non si traduce in una corretta informazione, formazione e aggiornamento nei confronti dei veri destinatari dello stesso: la struttura socio-economica (cittadini, imprese, amministratori).

Occorre mettere al centro la costruzione di una conoscenza e di una nuova consapevolezza, da mantenere nel tempo e comunicare correttamente e partecipare a tutti i livelli e strati della popolazione e del settore imprenditoriale, per superare la triste realtà italiana, che trova preparata solo la struttura socio-economica, che hanno di recente vissuto il dramma di un disastro naturale.

CENNO SUGLI ASPETTI ECONOMICI RELATIVI ALLA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO

In Italia non esiste una programmazione economica stabile ed efficace, orientata alla riduzione del rischio sismico, che sappia coniugare le diverse esigenze della società italiana, dalla formazione scolastica alla ricerca universitaria, dalla redazione e aggiornamento dei piani di protezione civile alla comunicazione e informazione sui comportamenti in fase di emergenza, dalla pianificazione territoriale e urbanistica alla progettazione e realizzazione di interventi di adeguamento sismico, in un'ottica integrata e strutturata.

Negli ultimi 70 anni si sono registrate oltre 10.000 vittime per fenomeni idrogeologici e sismici, con danni economici nello stesso periodo stimati in circa 290 miliardi di euro. Con riferimento ai danni causati dal terremoto, dal dopoguerra a oggi, senza prendere in considerazione la perdita di vite umane, da stime ufficiali sono stati spesi mediamente oltre 4 miliardi di euro all'anno. Per i soli tre disastri avvenuti nell'ultimo decennio (L'Aquila 2009, Emilia 2012, Centro Italia 2016-2017) lo Stato ha impegnato circa 54 miliardi¹³. Tale situazione è causata dall'assenza di una strategia nazionale di riduzione del rischio sismico, basata su un piano di prevenzione e su una programmazione economica stabile nel tempo, a prescindere dai governi che si succedono.

In caso di miglioramento preventivo delle condizioni di sicurezza del patrimonio edilizio nelle aree a maggiore pericolosità sismica, lo stesso rapporto di Casa Italia stima la necessità di investimenti per 36,8 miliardi di euro per gli edifici in muratura, di 46,4 miliardi se si includono quelli in cemento armato realizzati al 1971 e di 56 miliardi se si arriva a includere l'edilizia realizzata a tutto il 1981.

Per rendere sicuro il patrimonio abitativo più vulnerabile degli italiani, secondo le stime del Centro Studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri, il costo complessivo si attesterebbe intorno ai 90 miliardi di euro, con un coinvolgimento totale di circa 23 milioni di cittadini, intervenendo in media sul 41% del costruito.

Da quanto sopra, programmando un investimento di circa 100 miliardi in venti anni, pianificandolo anche con criteri di priorità, che tengano conto della pericolosità dei territori e della vulnerabilità dei fabbricati, si riuscirebbe a ridurre, progressivamente e significativamente, il rischio sismico nel nostro paese. Se si considera che i soli danni da terremoto dell'ultimo decennio superano il 50% di detta somma si comprende come sia, oltre che moralmente ed eticamente dovuto, anche economicamente vantaggiosa e non più rinviabile, la programmazione di interventi di prevenzione sismica su larga scala.

Una risposta in materia è stata l'istituzione del Sisma bonus. Tale strumento è principalmente orientato alla ripresa economica del settore edilizio, tramite il meccanismo del credito di imposta, che consente il recupero delle spese affrontate per il miglioramento sismico degli edifici mediante la detra-



Figura 4. Edificio residenziale ad Amatrice, danneggiato dal sisma 2016 con ribaltamento delle pareti di tamponatura verso l'esterno. (Foto V. Ottaviani, 9 aprile 2017)

zione fiscale, fino a 96.000 euro per ogni unità immobiliare.

Esaminandolo in dettaglio¹⁴, sono emerse le seguenti criticità, che ne consigliano una profonda rivisitazione:

- il sisma bonus viene erogato senza un criterio di priorità, che tenga conto delle aree a maggiore pericolosità sismica e delle condizioni di vulnerabilità e di esposizione degli edifici, prescindendo dalla condizione di rischio degli stessi;
- il meccanismo del credito di imposta penalizza le aree più povere in cui è meno probabile la presenza di soggetti interessati a fruirne, le quali coincidono spesso con le zone a maggiore sismicità, caratterizzate da un patrimonio edilizio più vulnerabile;
- il sisma bonus può essere concesso per intervenire su singole unità immobiliari, quali appartamenti in palazzine condominiali, o porzioni di fabbricati, in contesti di continuità tra edifici nel tessuto urbano, come avviene nei nostri borghi e centri storici; in tali casi, prescindendo i lavori di miglioramento sismico da una progettazione unitaria, estesa a una unità minima di intervento in senso strutturale, si determina una inefficacia degli interventi realizzati e un inutile sperpero di denaro pubblico;
- inoltre, per lavori che non siano basati su indagini geologiche e geotecniche e sulla valutazione delle azioni sismiche locali, come accade sovente per interventi di modesta entità, il miglioramento ipotizzato rischia di esserlo solo sulla carta, a causa della sottostima delle accelerazioni sismiche di sito.

In conclusione, i dati economici dimostrano che gli interventi in emergenza sono molto più costosi di quelli di prevenzione. È necessaria una programmazione economica integrata e di sistema, per attuare un piano di messa in sicurezza sismica del territorio nazionale, che riguardi tutte le attività necessarie: formazione e ricerca, comunicazione e informazione, la cartografia geologica e microzonazione sismica di terzo livello, pianificazione urbanistica, progettazione e sistemazione realizzativa degli interventi di adeguamento e sostanziale miglioramento sismico del patrimonio edilizio, sviluppo socio economico delle aree interessate dal rischio sismico.

Una importante e interessante prospettiva, per l'attuazione di soluzioni integrate nella direzione auspicata, è per la

prima volta rappresentata dal *Programma unitario di intervento, per le aree del terremoto del 2009 e 2016, del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Fondo Complementare*, appena presentato dal Commissario Straordinario¹⁵. Si tratta di uno strumento che si affianca agli interventi di ricostruzione post sisma e a quelli previsti dal PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) una serie di azioni contenute in due Macromisure, denominate:

- **CITTÀ E PAESI SICURI, SOSTENIBILI E CONNESSI**, con dotazione di 1 miliardo e 80 milioni di euro, destinata alle diverse opere pubbliche complementari alla ricostruzione, alla digitalizzazione, all'efficientamento energetico, alla mobilità ed alla rigenerazione urbana;
- **RILANCIO ECONOMICO E SOCIALE**, con dotazione di 700 milioni di euro, destinata al sistema delle imprese e agli investimenti economici e sociali.

Infine, si ricorda la necessità di abbinare agli strumenti finanziari di gestione dei rischi e di intervento un progressivo ricorso alla stipula di polizze assicurative per la copertura contro i danni da disastri naturali, polizze che tengano conto dei reali pericoli territoriali della aree dove si sono sviluppati i tessuti urbani.

BIBLIOGRAFIA

- EMANUELA GUIDOBONI (2018), *I disastri sismici in Italia: una riflessione sulle risposte sociali e culturali nel lungo periodo*. Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 1/2018 ISSN 1591-5352.
- ROBERTO DE MARCO (2018), *La "prevenzione del giorno dopo" e quella per il nuovo secolo*. Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 1/2018 ISSN 1591-5352.
- GIANLUCA VALENSISE (2018), *La prevedibilità dei disastri sismici fra sismologia e storia*. Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 1/2018 ISSN 1591-5352.
- ALESSANDRO MARTELLI (2018), *Moderni sistemi per la prevenzione sismica*, Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 1/2018 ISSN 1591-5352.
- GIOVANNI CANGI (2018), *Vulnerabilità sismica e meccanismi resistenti alla scala urbana*. Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 1/2018 ISSN 1591-5352.
- ANTONIO BORRI (2018), *La ricostruzione dei beni culturali danneggiati dal sisma: il miglioramento*.
- LUCA MARTELLI (2018), *Rischio liquefazione: studi e iniziative per la ricostruzione e la pianificazione urbanistica post sisma Emilia 2012*, Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 1/2018 ISSN 1591-5352.
- ANTONIO CIRILLO (2018-2022), *Isolamento sismico – Eurocodici e NTC2018*. Ed. Hoepli.

NOTE DI CHIUSURA

1 Ordinanza n. 100 del 9 maggio 2020 Attuazione della semplificazione ed accelerazione della ricostruzione privata, definizione dei limiti di importo e delle modalità procedurali per la presentazione delle domande di contributo, anche ai sensi dell'articolo 12-bis del decreto legge n.189 del 2016, convertito con modificazioni dalla legge n. 229 del 2016.

2 <https://www.sigeweb.it>.

3 Volume *Rischio sismico in Italia: analisi e prospettive per una prevenzione efficace in un Paese fragile*, periodico trimestrale della SIGEA - Società Italiana di Geologia Ambientale, suppl. al n. 1/2018 di Geologia dell'Ambiente. Linee Guida per una politica sulla prevenzione e le ricostruzioni, #SICURIPERDAVVERO actionaid, luglio 2020.

4 Esiste anche una mappa che arriva al 98%, corrispondente a un tempo di ritorno di 2475 anni.

5 *La vulnerabilità dimenticata - Tra Geologia e Storia: un nuovo approccio per valutare il rischio sismico delle aree appenniniche*, di Gianluca Valensise, Gabriele Tarabusi, Emanuela Guidoboni e Graziano Ferrari.

6 <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.

7 Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, Guidoboni et alii., 2007.

8 http://storing.ingv.it/cfti/cftilab/forgotten_vulnerability/.

9 Secondo la definizione ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008, link <https://ingvterremoti.com/2021/08/18/studio-delle-faglie-attive-e-capaci-fac-per-la-pianificazione-dei-territori-colpiti-dagli-eventi-sismici-2016/>), le Faglie Attive e Capaci (FAC) presentano almeno due delle seguenti condizioni preliminari:

- si sono attivate almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene);
- raggiungono la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione);
- ricadono in area epicentrale di terremoti storici con magnitudo Mw > 5.5.

10 *Moderni sistemi per la prevenzione sismica*, Alessandro Martelli, Geologia dell'Ambiente SIGEA, Supplemento al n. 1/2018.

11 *La ricostruzione dei beni culturali danneggiati dal sisma: il miglioramento "sostanziale"*, Antonio Borri, Geologia dell'Ambiente SIGEA, Supplemento al n. 1/2018.

12 Per i beni di cui all'articolo 1, comma 1, lettere a), b) e d) e cioè: a) immobili dichiarati di interesse culturale, b) immobili sottoposti a tutela ope legis, d) edifici collabenti formalmente dichiarati di interesse culturale.

13 *Rapporto sulla Promozione della sicurezza dai Rischi naturali del Patrimonio abitativo* – giugno 2017 della Struttura di Missione Casa Italia.

14 La prevenzione sismica in Italia: una sconfitta culturale, un impegno inderogabile <https://www.sicuriperdavvero.it/wp-content/uploads/2019/04/La-prevenzione-sismica-last-23-04-19.pdf>.

15 <https://sisma2016.gov.it/2021/10/19/recovery-fund-aree-sisma-ecco-tutti-gli-interventi-finanziabili/>.

La difesa dai terremoti: il confronto con il passato che insinua dubbi sul presente

Roberto De Marco

Già Direttore del Servizio Sismico Nazionale

E-mail: robertodemarco13@gmail.com

Earthquakes protection: the comparison with the past that insinuates doubts about the present

Parole chiave: Idrogeologia, idrostratigrafia, Padova
Key words: Hydrogeology, hydrostratigraphy, Padova area

1. LE DIMENSIONI DEL PROBLEMA

La Comunità Europea, per risolvere l'impatto di una pandemia che ha determinato danni enormi all'interno di un sistema già gravato da tante criticità, ha messo a punto uno strumento che si chiama *Next Generation EU* (NGEU) dal valore complessivo di 1800 miliardi, da sviluppare nei prossimi sette anni. Si dovrebbe quindi discutere ora solo di futuro, di profonde riforme, di nuovi orizzonti ed obiettivi. In tale contesto il *piano nazionale di ripresa e resilienza* (PNRR) è lo strumento con il quale il Paese deve spiegare a Bruxelles come intende spendere la propria quota di risorse per affrontare anche l'insoluto tema della prevenzione rispetto a tante fragilità. Dopo l'esperienza covid_19, il tema della sicurezza nella sua più ampia accezione, parte integrante del *welfare*, dovrebbe essere centrale, ricomprendendo anche la drammatica incidenza dei rischi determinati dal concorso tra fenomeni naturali e diffuse disattenzione nella gestione del territorio. La mitica crescita del PIL, attorno al quale sembra ormai tutto girare, dovrebbe mostrare attenzione anche all'enorme *problema sismico di questo Paese*, ponendolo tra le questioni da risolvere, condizione necessaria per un solido sviluppo, indispensabile per garantire un più sereno futuro alle prossime generazioni.

Di questo qui si parla, di terremoti, di rischio sismico in particolare, che solo l'avvento della pandemia incontenibile ha spodestato dal primato, con ampio distacco, tra gli eventi più distruttivi di sempre, enormemente costosi, responsabili di perdite irrisarcibili. L'auspicio era che la preparazione all'emergenza, la prevenzione, presupposti indispensabili per un tanto invocato atteggiamento resiliente di sistema nei confronti di terremoti distruttivi ricorrenti, venisse finalmente interpretata come un investimento per il Paese.

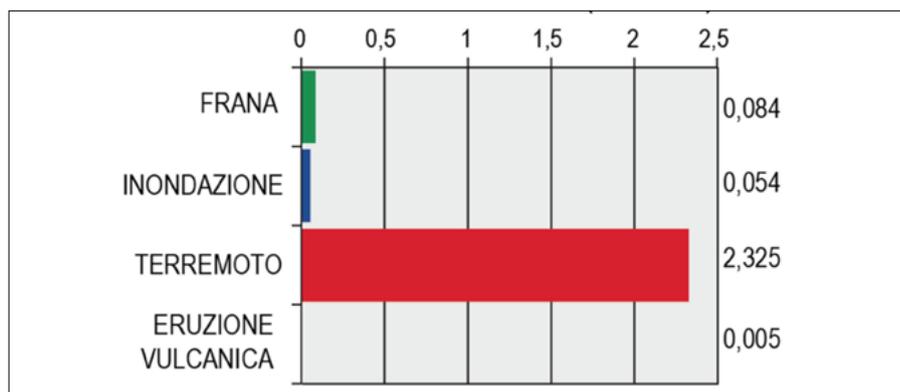


Figura 1. Tasso medio di mortalità per anno per 100.000 persone dovuto a eventi naturali verificatisi in Italia tra il 1860 e il 2010 (CNR-IRPI)

A dire il vero non sembra che il PNRR, nella nostrana elaborazione sia particolarmente ispirato rispetto a questi temi. Solo un breve cenno al rischio sismico, privo di qualsiasi impegno, nessuna apertura per una riorganizzazione, per un nuovo corso capace di colmare l'enorme deficit di prevenzione, quindi di sicurezza, ogni volta denunciato solo il fatidico "giorno dopo" di ogni ultimo disastro, ennesima puntata di un dramma infinito. Come se la banalissima soluzione del sisma bonus, priva di ogni verifica di efficacia, sulla quale gli ultimi governi del dopo Amatrice hanno puntato, possa essere davvero interpretata come lo strumento capace di ridimensionare il ricorrente devastante impatto del terremoto su vaste, ben note aree della penisola. Così, semplicemente, non è. Una questione assai complessa e di enorme responsabilità non può trovare una risposta efficace in una così azzardata semplificazione.

I terremoti che verranno, inevitabili intensi ricorrenti come quelli del passato, continueranno a determinare *inaccettabili conseguenze*, assai distanti dall'ambita soglia delle *inevitabili perdite* a cui l'azione di un'efficace prevenzione può aspirare e che appare come sempre lontanissima.

Riflessioni sul passato più o meno recente a fronte di una comunque in-

soddisfacente attualità, delineano un quadro di sostanziale continuità, magari diversa per il contesto in cui si è manifestata o semplicemente perché finalizzata al conseguimento di obiettivi diversi ma pur sempre estranei a un'efficace strategia di riduzione del rischio. La difesa dai terremoti affrontata ormai da tempo tutt'al più come un *buon argomento* da proporre perché l'intento è apprezzabile, ma davvero nessuna speranza, come si diceva, che qualcosa possa cambiare nell'impatto dell'*inevitabile prossima volta*. Può allora essere utile ricordare le ragioni di una così elevata condizione di insicurezza, che hanno consentito al Paese di attraversare un secolo, dal dopo terremoto di Reggio Calabria e Messina in poi, senza trovare le motivazioni, la determinazione per cogliere l'obiettivo del suo ridimensionamento. Sembra piuttosto si sia scelta la strada di *subire* il terremoto senza mai invece *attendere*, senza saper gestire il rischio, senza preparare l'emergenza, senza sviluppare un'incisiva azione di prevenzione fondata su priorità sempre più evidenti.

Di questa condizione di assoluta precarietà si è sempre avuta piena consapevolezza, che trovava ragione nelle inequivocabili indicazioni fornite dal progredire della conoscenza, dello sviluppo della ricerca, delle opportunità rese disponibili dalle nuove tecnologie.

Proprio tale consapevolezza rende ancora più inaccettabile le drammatiche verifiche di insufficienza che anche i terremoti del nuovo secolo hanno inflitto. È necessario allora dare qualche speranza in più ad un Paese al quale una statistica robusta consegna la “ragionevole certezza” (Fig. 2) di dover affrontare un paio di terremoti distruttivi ogni secolo, di magnitudo prossima a 7, come l’ennesimo in Irpinia nell’80 o quello della Marsica del 1915 che per ultimo quella magnitudo raggiunse.

sismica del territorio e sull’applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica, sta nell’essere rivolto solo alle nuove costruzioni e quindi a *costo zero* per lo Stato. Nessun investimento pubblico nella prevenzione. Così, un enorme stock di costruito antecedente al lentissimo processo di classificazione - avvenuto solo a seguito dei terremoti che colpiscono nel corso del XX Secolo il Paese - è rimasto privo di protezione. Rivolgersi solo alle nuove costruzioni, all’inizio del novecento poteva avere an-

nazionale”¹ a patrimonio mondiale dell’umanità, nell’ambito di un cambiamento radicale di significato attribuito ai caratteri culturali, identitari, alla bellezza del paesaggio, alle qualità dei territori. Eric J. Hobsbawm al titolo del suo saggio “Il secolo breve” aggiunse un sottotitolo “*l’era dei grandi cataclismi: dal 1914 al 1991*” che può sollecitare qualche rispettosa analogia con il tema qui trattato. Nei 37 anni tra il 1908 e il 1945 di quel secolo così convulso, due guerre mondiali delle quali il Paese fu protagonista e vittima, un’avventura coloniale per la fondazione di un impero, la turbolenta nascita di una dittatura ventennale e poi il suo crollo, un’occupazione militare e poi un complicato cambio di status: la fine di una monarchia e la nascita di una repubblica. In quel brevissimo arco temporale, anche molti terremoti: due tra i diciotto più forti dell’ultimo millennio che insieme fecero 140.000 vittime, distrussero le città di Messina e Reggio Calabria e, nella Marsica, totalmente la cittadina di Avezzano pochi mesi prima dell’entrata dell’Italia nella Grande Guerra (Fig. 3). Poi nel 1920 la Garfagnana subì uno dei terremoti più forti dell’Appennino toscano, danni ingentissimi e meno di 200 vittime, ma solo perché la gente all’ora di quel terremoto era nei campi; infine nel 1930 altre 1400 vittime causate dal terremoto sempre in Irpinia, unico dell’era fascista.

Figura 2. I terremoti di magnitudo superiore a 6.8 in Italia dall’anno 1000 ad oggi

Dove	Quando	Cosa	Vittime
Irpinia	1980	6.8	2.914
Avezzano	1915	7.0	30.519
Reggio Calabria-Messina	1908	7.1	120.000
Calabria meridionale	1905	7.0	557
Basilicata	1857	7.0	11.000
Calabria	1783	7.0	30-50.000
Calabria	1783	7.0	
Basso Ionio	1743	6.9	190
Maiella	1706	6.8	1.000
Aquilano	1703	6.8	9.000
Irpinia-Basilicata	1694	6.8	5.000
Sicilia orientale	1693	7.4	60.000
Sannio	1688	7.0	10.000
Calabria	1638	7.0	10-30.000
Crotonese	1638	6.8	
Vallo di Diano	1561	6.8	centinaia
Molise	1456	7.2	20-30.000
Lazio meridionale-Molise	1349	6.8	2.500

I diciotto terremoti di magnitudo compresa tra 6.8 e 7.4 (fortemente distruttivi) presenti nel catalogo dell’ultimo millennio hanno tutti colpito aree centro meridionali, spingendosi al massimo alla latitudine di Avezzano. Le vittime sono stimate complessivamente in oltre 300mila. Numerosissimi altri terremoti significativi, non ricompresi nella tabella perché di magnitudo attorno a 6.0, hanno comunque causato nello stesso arco temporale forti perdite. Nel secolo scorso, per esempio, in Friuli nel 1976 un terremoto di M 6.5 causò 990 vittime e, prima ancora quello dell’Irpinia-Vulture del 1930 di M 6.7 ne aveva provocate 1.400; nel 1883, nell’isola d’Ischia, un terremoto di origine vulcanica di M 5.7, aveva distrutto Casamicciola e causato 2.313 vittime. Dopo il terremoto di Avezzano del 1915 nessun terremoto ha più raggiunto o superato M 7.

2. CENT’ANNI DI PREVENZIONE A COSTO ZERO PER LO STATO

Furono le catastrofiche conseguenze del terremoto del 1908 sullo Stretto di Messina che, tanto per attualizzarne le dimensioni, in una manciata di secondi fece più o meno lo stesso numero di vittime della pandemia 2020-2021, ad imporre al governo in carica, il quarto di Giolitti, il varo di quell’azione di prevenzione che avrebbe poi attraversato un secolo.

Il limite più vistoso di quel provvedimento, basato sulla classificazione

che un senso. Ci si trovava nel pieno della seconda rivoluzione industriale, la città si trasformava coinvolta nel processo di modernizzazione, si abbatteva e si ricostruiva secondo i canoni di una nuova disciplina urbanistica. In questa logica di modernizzazione, ci si rivolgeva solo al nuovo da costruire, ciò che era vecchio o anche solo antico senza pregio particolare non avrebbe dovuto essere conservato, tantomeno protetto. Insomma, i sassi di Matera, le case caverna, per esempio, solo negli ultimi decenni sono passati dall’essere considerati una “vergogna

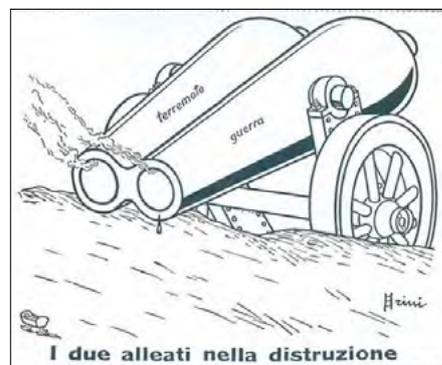


Figura 3. Vignetta di Giuseppe Scalarini pubblicata sull’AVANTI! del 29 gennaio 1915

Qualche giustificazione quindi, per chi convulsamente sempre impegnato ad occuparsi di altro, non aveva saputo avviare e poi assicurare ad un’azione di prevenzione dai terremoti la necessaria efficacia.

1 Fu Palmiro Togliatti a definirla così nel corso della sua visita del 1948 - sollecitata dalla descrizione che di Matera e dei Sassi aveva fatto Carlo Levi su “Cristo si fermato ad Eboli” pubblicato nel 1945 - per le condizioni igienico sanitarie della vita nelle “grotte”. Nel 1950 Alcide De Gasperi confermò quel parere e diede avvio al complesso processo di risanamento.

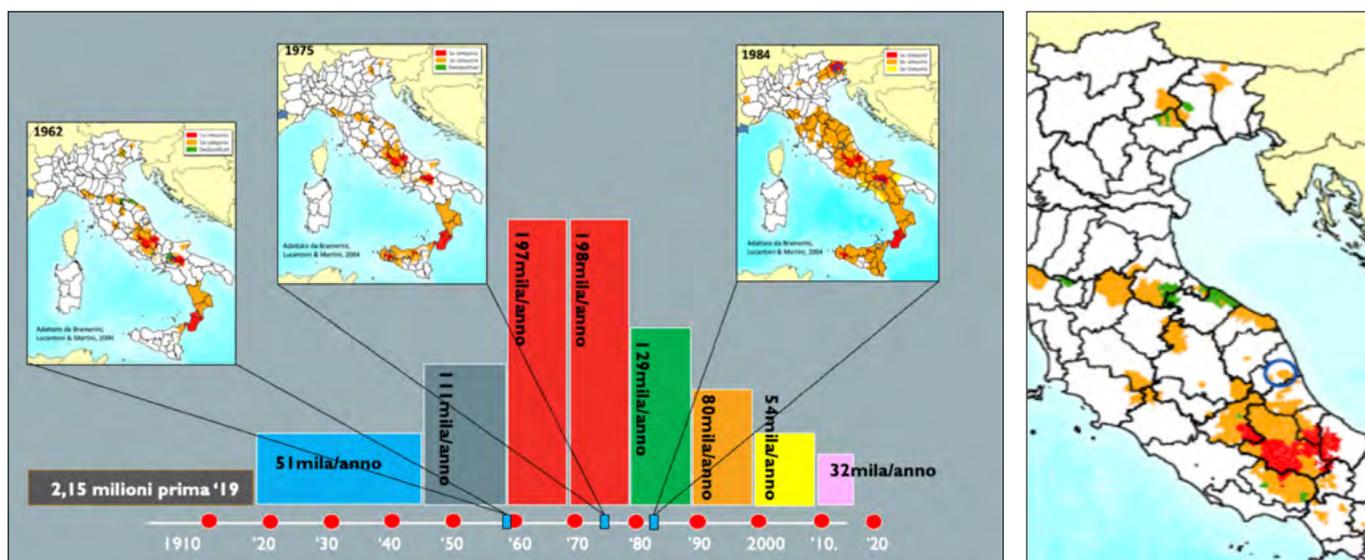


Figura 4. Andamento dell'edilizia nel '900 in relazione alla espansione della classificazione sismica. Elaborazione dati da ricerca Cresme/Cnappc, 2017

Il grafico rappresenta il numero di edifici costruiti annualmente dal 1919 in poi, al netto quindi dei 2.51 milioni precedentemente edificati. Il boom delle costruzioni si è realizzato negli '60 e '70 quando ancora la classificazione riguardava un migliaio di comuni. Agli inizi degli anni '80 fu disposta una forte espansione della classificazione sismica, proprio in concomitanza con una contrazione dell'edilizia abitativa; una parte assai consistente di patrimonio edilizio è rimasto così privo di protezione. Deve essere inoltre considerato che a partire dagli anni '30 è stato dato luogo a provvedimenti di declassificazione su richiesta di comuni che rappresentavano come tale condizione confliggesse con la loro vocazione turistica.

Minore indulgenza invece dal secondo dopo guerra in poi. Insomma, la mancanza di attenzione per l'edificato più antico, preesistente rispetto alla classificazione sismica, va forse rimproverata ai governi della Repubblica che cavalcarono il boom economico, approfittarono del boom edilizio, girarono la testa altrove rispetto ad un mostruoso boom di abusivismo intrinsecamente capace di generare nuove enormi vulnerabilità, oltre che incidere in termini distruttivi sul paesaggio, sulla bellezza diffusa del Paese. Così negli anni '60 e '70, soprattutto, il deficit di prevenzione aumentò a dismisura a causa della non coincidenza tra l'estensione lentissima del processo di classificazione sismica del territorio, che anzi aveva dovuto registrare diffusi fenomeni di declassificazione di alcune aree, e l'incremento esponenziale delle nuove costruzioni (Fig. 4).

Solo negli anni '80 si pose rimedio a questa situazione; i due terremoti in rapida sequenza del Friuli e dell'Irpinia imposero una poderosa operazione di revisione e estensione del territorio classificato in categorie a pericolosità decrescente associato ad un aggiornamento della normativa sismica per le costruzioni. Ma ormai era tardi, i due decenni di massima crescita erano alle spalle. Milioni di metri cubi costruiti in zone ad alta pericolosità senza un'adeguata previsione progettuale rispetto agli effetti del terremoto,

unico strumento per evitare se non il danno almeno il collasso della struttura. Così una condizione di elevato rischio, soprattutto in alcune ben note aree, si è trascinata sino ai giorni nostri, andando a costituire lo zoccolo duro di un irrisolto problema: paesi, borghi e quindi la "città storica" lasciati al loro destino, mentre la "città moderna" poco riusciva a garantire quando il molto costruito veniva pensato progettato realizzato mantenuto, per colpa dolo o semplice inerzia, senza davvero tener conto che proprio lì il terremoto sarebbe tornato a colpire.

Le ragioni per le quali tutto questo sia potuto accadere, si ritrovano nella leggerezza del pensiero con cui è stato affrontato un così micidiale problema, nonostante una crescente, più marcata attenzione all'interazione della società con l'ambiente, con le specificità del territorio. Di fronte ad un evento distruttivo il cui continuo riproporsi non lascia margini d'incertezza sembra si sia preferito spendere per ricostruire, per altro con scarsa efficienza, piuttosto che investire con efficacia per prevenire, senza tener conto tuttavia dell'inaccettabile saldo di perdite irrisarcibili.

3. LA LEZIONE DELL'IRPINIA

Nel 1976 il Friuli, e dopo solo quattro anni l'Irpinia. Complessivamente quasi quattromila vittime, distruzioni enormi.

Declassificazioni (in verde) intervenute a partire dagli anni '30 con motivazioni tutte simili. Per esempio: "l'assoggettamento alle norme del decreto citato costituisce un notevole intralcio allo sviluppo edilizio di quella zona, di cui vari centri sono stazioni balneari..." (Provincia di Pesaro-Urbino, 1941)

Gli anni '80 si aprivano tragicamente riproponendo le condizioni di fragilità ed impreparazione alle catastrofi più o meno naturali che avevano ripetutamente colpito il Paese in quella seconda metà di secolo: l'alluvione del Polesine 1951, il terremoto in Irpinia del 1962, la frana del Vajont del 1963, l'alluvione di Firenze nel 1966, il terremoto nel Belice del 1968.

Ma ciò che accadde in Campania, Basilicata e Puglia, la sera del 23 novembre del 1980 scosse il Paese fino alle fondamenta. L'energia sprigionata dall'evento, una magnitudo molto prossima a 7; l'ampiezza e le caratteristiche dell'area colpita a cavallo di tre regioni; l'immagine di paesi ridotti in macerie; il terribile conto delle perdite; ma soprattutto l'impressionante incapacità di rispondere all'emergenza, riproposero ancora una volta il tema della mancanza di un sistema istituzionale coordinato capace di fronteggiare le emergenze, la sconsolata constatazione di tanta fragilità. Un quadro destabilizzante: un prefetto rimosso sul campo, le dimissioni del Ministro dell'Interno messe a disposizione. Un Presidente della Repubblica che non riuscì a trattenere lo sdegno - una vergogna per il Paese, sentenziò - per la pessima risposta delle istituzioni nel portare aiuto a centinaia di migliaia di cittadini in estrema difficoltà. Per diversi giorni non si riuscì

a determinare nemmeno l'ordine di grandezza della tragedia. Cento, mille o diecimila le vittime? Questo l'interrogativo che si leggeva sui quotidiani. Per giorni non si seppe cosa davvero era accaduto in quell'area vastissima e tutta l'organizzazione dei soccorsi, della prima assistenza ne risentì in modo irrecuperabile. Sandro Pertini andò nelle regioni colpite portando un messaggio forte di solidarietà. Lo Stato, in quel clima esasperato doveva spiegare, dare una risposta che individuasse le ragioni di un disastro così grande, le criticità del sistema, le cose non più procrastinabili, urgenti da fare.

Il 10 dicembre 1980 toccò a Franco Barberi e Giuseppe Grandori -responsabili, rispettivamente del Progetto finalizzato geodinamica del Consiglio nazionale delle ricerche e del Sottoprogetto rischio sismico- di spiegare cosa era successo e perché quel dramma si era consumato nei termini inaccettabili che erano in quei giorni sotto gli occhi di tutti. Ma soprattutto fu chiesto loro di indicare cosa si dovesse fare per uscire da quelle condizioni, affinché l'ennesima tragica esperienza in Irpinia terra di terremoti, divenisse davvero una lezione a cui far seguire risposte. Dopo pochi giorni fu pubblicato dalla Biblioteca del Senato un libricino che verbalizzava gli interventi a palazzo Giustiniani, riportava integralmente la relazione consegnata quel giorno nelle mani del Presidente del Senato e del Presidente della Repubblica. Un analitico dimensionamento del problema sismico che incombeva sul Paese, l'esame dello stato dell'arte delle discipline che dovevano concorrere alla interpretazione del fenomeno e alla definizione delle azioni per la riduzione delle tante vulnerabilità. Non furono sottaciute disfunzioni e carenze ai diversi piani organizzativi della ricerca, della pubblica amministrazione, senza risparmiare critiche e denunce. Quindi si tiravano le conclusioni e si esplicitavano i termini di una riorganizzazione complessiva del sistema deputato alla difesa dai terremoti. A quel documento si deve riconoscere la qualità di una strategia, la capacità di suggerire soluzioni, nelle condizioni allora presenti, alle tante e varie criticità di stato e di sistema analiticamente esaminate. Il significato di quel documento sta anche nel fatto che esso rappresenta ancor oggi l'ultimo prodotto di indirizzo, di proposta di un percorso da intraprendere, insomma una strategia gestibile dallo Stato per dar luogo ad un'articolata azione di difesa dai terremoti.

La rilettura di quel libricino², a quarant'anni di distanza, offre spunti di riflessione non privi di significato; di quel documento di intenti, solo poche cose trovarono realizzazione negli anni successivi, per poi essere in gran parte cancellate, lasciando il Paese ancora con il suo problema sismico irrisolto. Governi e opposizioni, la "politica" insomma, superato ogni volta quel tornante assai stretto, rimaneva come sempre distante da quel problema.

La fine del secolo scorso fu comunque segnata da una generale attenzione al territorio, all'ambiente, nella sua più ampia accezione; tutela, conservazione e una maggiore sensibilità nei confronti dello sfruttamento indiscriminato di risorse limitate a servizio di una crescita senza limiti. Un nuovo atteggiamento a cui la politica si allineò non senza difficoltà e con molti ritardi. Nel 1974 nacque il ministero per i Beni culturali e ambientali, nel 1976 venne emanata la legge Merli sulla tutela delle acque; nel 1983 viene costituito il ministero dell'Ambiente; del 1985 è la legge Galasso per la tutela dei beni paesaggistici e ambientali. Del 1991 la legge quadro sulle aree protette. Dopo 12 anni dal terremoto in Irpinia, fu emanata la 225/92, legge organica istitutiva del Servizio nazionale di protezione civile. Nel 1989 si concludeva il complicatissimo percorso della legge 183/89 sulla difesa del suolo che tra l'altro creava un nuovo dipartimento presso la Presidenza del Consiglio per accogliere da altri dicasteri i Servizi tecnici nazionali e tra questi anche il Servizio sismico, istituito una decina di anni prima presso il Consiglio superiore dei LLPP. In quegli anni l'Istituto nazionale di geofisica fu messo in condizione di avere un ampio sviluppo, riorganizzando completamente la funzione di monitoraggio sismico del territorio nazionale. Anche il Consiglio nazionale delle ricerche confermò la propria disponibilità a supporto della Protezione civile: al progetto Geodinamica, subentrava la nascita del Gruppo nazionale per la difesa dai terremoti, di coordinamento dell'attività di ricerca nel settore. Insomma, tra mille difficoltà e con molti problemi da risolvere, in quegli anni furono comunque fatti significativi passi avanti nella valutazione della pericolosità sismica, nella in-

dividuzione dei livelli di vulnerabilità dell'edificato soprattutto nelle regioni meridionali. Dagli inizi degli anni '80, come si è detto, si realizzò una totale revisione del processo di classificazione con criteri uniformi. E poi anche numerose iniziative per dare alla popolazione una maggiore comprensione e consapevolezza del livello di rischio a cui erano esposte. Si consolidarono criteri e metodi per alcune funzioni essenziali nell'intervento post terremoto, per il rilievo speditivo del danneggiamento e lo sviluppo di tecniche per la riparazione degli edifici. Nel 1999 un cospicuo finanziamento (che sarebbe misteriosamente scomparso al successivo cambio di Governo) per portare avanti il primo Piano nazionale d'emergenza sismica nella Sicilia orientale e area dello Stretto. In quegli anni il Servizio sismico nazionale rese disponibile per la Protezione civile il sistema informativo per la gestione delle emergenze (SIGE) che consentiva "in tempo reale" di disporre per l'intero territorio nazionale di uno scenario di evento pochi minuti dopo la comunicazione dei parametri epicentrali della scossa appena avvenuta, di proiezioni d'impatto sui vari sistemi territoriali, di una prima quantificazione dei danni e delle perdite. Lo stesso Dipartimento introdusse un metodo, denominato "Augustus", per affrontare ordinatamente le emergenze sul territorio nazionale.

Insomma, si può affermare che la lezione impartita dall'Irpinia abbia in quegli anni rappresentato almeno un promemoria a cui dare qualche risposta.

Alla fine degli anni '90 la protezione civile dovette far fronte a due emergenze significative: l'alluvione sulla fascia costiera della Toscana del 1996, che consentì di mettere a punto un efficace rapporto collaborativo in emergenza tra Stato, enti locali e popolazione, battezzato il "modello Versilia" certamente esportabile in altri scenari. L'anno successivo il terremoto in Umbria e Marche; poche vittime, moltissimi danni soprattutto al patrimonio storico e culturale. Una prova di efficienza del volontariato di protezione civile che aveva in gran parte sostituito il contributo dell'Esercito nella prima assistenza alla popolazione. Una ricostruzione della quale si sente ancora parlare bene, assieme a quella in Friuli, che consentì tra l'altro, di mettere a punto un modello parametrico per la determinazione dei costi di ricostruzione che verrà poi utilizzato in successivi post-terremoto. Affermazioni, passi avanti, insomma, che

2 La versione integrale digitalizzata del volumetto *Difendersi dai terremoti. La lezione Irpinia* è disponibile all'indirizzo web: www.nonquestaprevenzione.it

dettero un maggior slancio alla proposta di un nuovo modello organizzativo per la protezione civile. L'obiettivo era quello di dare un taglio più tecnico scientifico, più operativo ma non solo nel senso della risoluzione delle emergenze. Si intendeva infatti affrontare ciò che sembrava essere rimasto assai più indietro: la preparazione all'emergenza e un'azione finalmente efficace di gestione, di riduzione del rischio.

L'occasione si presentò nel quadro della riforma della pubblica amministrazione avviata dal primo governo Prodi che prevedeva, tra l'altro, la costituzione di una dozzina di Agenzie e tra queste anche quella che avrebbe sostituito il Dipartimento di protezione civile. Con il provvedimento di riorganizzazione dei Ministeri (D.L. 300/99) veniva prevista la nascita dell'Agenzia nazionale di protezione civile che assorbiva le funzioni del Dipartimento. L'idea era quella di creare un soggetto di carattere meno amministrativo-gestionale, con una più marcata impronta tecnico-scientifica e operativa. La protezione civile usciva dalla Presidenza del Consiglio dei ministri che si voleva ricondurre con quella riforma a funzioni di impulso, coordinamento piuttosto che operative. Era l'occasione per disegnare una struttura capace di elaborare piani e strategie con maggiori livelli di competenza, che disponesse di maggiore autonomia a fronte di una più forte assunzione di responsabilità, pragmaticamente orientata ad assolvere al proprio mandato istituzionale secondo canoni e criteri suggeriti dal pieno utilizzo dei risultati della ricerca finalizzata, degli strumenti di elaborazione tecnica, mettendo a frutto le nuove tecnologie. L'assetto del sistema di protezione civile venne rivoluzionato, collocando al vertice il Ministro dell'Interno, con funzioni di indirizzo politico-amministrativo e di controllo. Si interrompeva la diretta dipendenza della funzione di protezione civile dal Presidente del Consiglio, con la speranza in realtà di trovare la giusta distanza tra una assai delicata funzione tecnico-scientifica e la politica. Un modo per far diventare la difesa dei cittadini dalle catastrofi meno esposta alle diverse sensibilità e agli orientamenti di ogni governo "transeunte", un modo per riaffermare piuttosto la logica già allora desueta della "continuità dell'azione amministrativa" in contrapposizione alla estemporaneità delle decisioni assunte.

L'Agenzia nacque, ebbe un direttore, nella persona di Franco Barberi

e un Comitato direttivo. Si realizzò attraverso l'accorpamento del Servizio sismico nazionale con ciò che era stato il Dipartimento di protezione civile di cui l'Agenzia ereditava i compiti. Tutto ciò aveva obiettivamente un senso, le premesse sembravano buone, ma invece non durò che pochi mesi.

4. I DIECI ANNI CHE SCONVOLSERO UN MONDO

Con il 2001 iniziò un decennio che sconvolse quel "piccolo mondo" che girava attorno al problema sismico di questo Paese, e più in generale alla protezione dei cittadini dalle catastrofi. Certo non nella dimensione rivoluzionaria che il titolo di questo capitolo evoca, ma si trattò di un'interpretazione assai discutibile di aspetti consolidati che hanno a che fare con il principio di solidarietà, con lo sviluppo del modello partecipativo, con la trasparenza, con le diversità non negoziabili tra pubblico e privato. Un passaggio importante perché la dimensione di un provvedimento contenuto in due righe, ha avuto la capacità di incidere in modo sostanziale sul consolidato impianto di regole di questo Paese.

Al volgere del secolo, anzi del millennio, all'avvio della XIV legislatura, il primo atto del nuovo governo, il secondo guidato da Berlusconi, fu inaspettatamente la cancellazione della neonata Agenzia di protezione civile. Senza motivazioni ufficiali, solo un sussurro eccesso di autonomia, fu compiuto un atto di restaurazione: si tornava al 1992, alla legge numero 225, tornava la forma dipartimentale alle dirette dipendenze del Presidente del Consiglio. Fu necessario leggere con attenzione il testo del decreto per capire qualcosa di più, per trovare le ragioni su quanto era accaduto. Un piccolo comma, il quinto, dell'articolo 5 bis di quel decreto legge n. 343 del 7 settembre 2001: poche righe che avrebbero condizionato i successivi dieci anni non solo per quanto riguarda l'attività di protezione civile, ma anche l'azione complessiva di governo, fino ad uno sconcertante epilogo.

Quelle poche righe recitavano: *Le disposizioni di cui all'articolo 5 della legge 24 febbraio 1992, n. 225, si applicano anche con riferimento alla dichiarazione dei grandi eventi rientranti nella competenza del Dipartimento della protezione civile e diversi da quelli per i quali si rende necessaria la delibera dello stato di emergenza.*

Succedeva così che la dichiarazione di "grande evento" diventasse equipol-

lente alla dichiarazione dello stato di emergenza al verificarsi di una calamità, consentendo di accedere all'utilizzo del potere di ordinanza derogatorio. Il Presidente del Consiglio portava al Consiglio dei ministri un provvedimento che elevava un "evento" (termine assai vago) al rango di "grande" (aggettivazione priva di parametri di riferimento); questo -inesorabilmente approvato- diveniva una realtà con licenza di derogare da buona parte di quanto regolava la pubblica amministrazione ed in particolare ciò che riguardava i criteri di utilizzo dei soldi pubblici.

Decine di eventi, soprattutto celebrazioni di natura religiosa, competizioni sportive e la preparazione di vertici internazionali, furono in quel modo connotati. Molti di questi richiedevano la realizzazione di opere da eseguire attraverso progettazioni e lavori importanti. E proprio questo divenne il ruolo della protezione civile, trasformata di fatto in una stazione appaltante capace di attivare procedure in deroga all'ordinario, ingiustificate per la mancanza del requisito essenziale dell'urgenza, trattandosi di eventi programmati con anni di anticipo.

In realtà ciò che si realizzava era il sogno forse recondito di ogni capo di governo: spendere risorse pubbliche con larga discrezionalità, senza sentirsi imprigionato dai vincoli di spesa, dai controlli, dalle verifiche di legittimità delle procedure, degli atti. Sogni proibiti sempre subito allontanati, ma non quella volta. Da allora in poi *quella cosa vietata* sarebbe davvero diventata possibile: spendere soldi pubblici quasi come se fossero invece privati per poter far tutto o quasi. E questo sarebbe avvenuto attraverso l'utilizzo di uno strumento efficace quanto improprio: la stessa derogabilità concessa -perché assolutamente indispensabile- per risolvere un'emergenza dichiarata, per l'urgenza necessaria ad affrontare la devastazione di un'alluvione o di un terremoto, per tirar fuori vittime dalle macerie, per assistere intere popolazioni senza tetto e così via. Quel rinato Dipartimento sarebbe dovuto servire anche, e forse soprattutto, a gestire quella specie di lampada di Aladino capace di dare concretezza a ben più dei tre canonici desideri. Difficile poi resistere alla tentazione di abusarne, per questo sulla stampa fu definito, quel modo di procedere della protezione civile italiana, un "Potere assoluto".

Tutto questo aveva evidentemente richiesto il sacrificio dell'Agenzia che, per altro, non era un'idea peregrina

per imprimere un nuovo diverso corso alla questione. Quella soluzione organizzativa, infatti, venne adottata dalla protezione civile di alcune Regioni e oggi, i sostenitori di un nuovo modello di prevenzione di cui si dirà più avanti, segnalano la mancanza di un soggetto centrale che possa governare iniziative di prevenzione che richiedono un'elevata competenza e almeno un minimo di autonomia gestionale, qualche certezza in più di sopravvivere nell'avvicinarsi dei governi, visto che non c'è nulla di più precario di un Dipartimento della Presidenza, come le vicende di "Casa Italia", quale esempio, documentano. Insomma, sembra proprio che le ragioni di puntare su un'Agenzia o qualcosa di molto simile siano ancora presenti, salvo verificare per fare cosa.

Ma la Protezione civile dei grandi eventi che si doveva occupare di una così impegnativa operazione, doveva compensare quella divagazione, esprimendo anche la massima efficacia nella gestione delle emergenze e nelle ricostruzioni. Meno disponibilità nell'impegnarsi in prevenzione, cosa lunga complicata, assolutamente invisibile in termini politici, quasi quanto regolare con una normativa ad hoc le ricostruzioni post-evento una volta per tutte, altro tremendo insoluto problema. Insomma, il compito istituzionale primario avrebbe dovuto essere un'efficace gestione dell'emergenza, da realizzare con poteri straordinari di un Dipartimento braccio operativo ad ampio spettro del governo. Quindi il primo passo fu il potenziamento della struttura, difficilmente conseguibile nel momento in cui le assunzioni nella pubblica amministrazione già da anni erano state di fatto bloccate. L'Agenzia di protezione civile aveva riconsegnato un organico di circa 200 dipendenti dell'ex Dipartimento, e un centinaio di tecnici del Servizio sismico nazionale. Dopo dieci anni l'organico aveva superato le mille unità attraverso una campagna acquisti realizzata soprattutto mediante l'accesso al potere derogatorio rispetto alle regole generali che impongono alla pubblica amministrazione selezioni pubbliche.

Poi vi furono le emergenze, i terremoti in particolare. Come San Giuliano di Puglia nel 2002, piccolo evento ma estremamente drammatico, dove un'intera scolaresca rimase sotto le macerie della scuola. Polemiche a non finire, le solite promesse che tutto sarebbe cambiato con quel governo lì. Ancora una volta, la prevenzione *del giorno dopo*, ossimoro incredibile, riguardava la classifi-



Figura 5. Vignetta di Mauro Biani per "il Manifesto" (2017)

cazione del territorio e l'aggiornamento della normativa, come sempre.

Ma lo spazio più promettente per dare il segnale di un nuovo corso fu la ricostruzione, in definitiva, della parte più antica distrutta di quel piccolo paese dell'Appennino. L'idea folgorante fu San Giuliano di Puglia DUE, ricostruire altrove una "città nuova, moderna, sicura" proprio come era successo nel Belice, famigerato soprattutto per quella scelta. Ma a quel progetto si opposero in troppi e così l'estemporanea idea del *non come prima né dove prima* fu riposta in un cassetto.

E quel cassetto fu riaperto a L'Aquila sette anni più tardi nel momento in cui, tamponate con enormi difficoltà le sconcertanti premesse all'emergenza conclamata/ignorata, si dovette decidere cosa fare per ricostruire parti consistenti della "città moderna" e gran parte di quella "storica". L'Aquila DUE fu presentata come esempio di straordinaria prontezza nel decidere, in solitudine, cosa fare. In realtà la soluzione era pronta; una scelta che avrebbe derubricato indefinitamente la ricostruzione del centro storico della città. Ma ancora una volta quella proposta non superò il vaglio di un confronto più ampio, democratico si potrebbe dire, così si ottenne una mediazione: 19 new town, nuove periferie attorno alla città per accogliere 15 mila senza tetto dei 65 mila che il terremoto aveva prodotto. New town fatte di case prefabbricate al massimo tre piani, a pianta regolare, su aree testate dal punto di vista della risposta sismica locale, intrinsecamente quindi molto sicure, anche perché realizzate con edifici quasi definitivi, "durevoli" (come furono definiti in progetto), che si decise incredibilmente di appoggiare su 8000

isolatori sismici (il parco di isolatori più grande del mondo) inutili quanto costosi. Poco meno di un miliardo speso per questa operazione ed ancora un rinvio per la ricostruzione; poi una manifestazione di cittadini con le carriole sotto Palazzo Chigi e l'avvio di una nuova fase dell'intervento su L'Aquila al cambio di governo. Delle new town rimane oggi solo l'immagine di 19 periferie degradate, prive di manutenzione e semi abbandonate di cui non si sa oggi cosa fare. Ora il bando della gara d'appalto del Comune, da un milione di Euro, per la prima demolizione.

Ma L'Aquila ha insegnato qualcosa di più anche nei rapporti tra scienza e politica, tra competenza e logiche di governo. A L'Aquila la migliore protezione civile del mondo non aveva colto il significato di uno sciame sismico che ha interessato per molti mesi l'area determinando una situazione di forte disagio e preoccupazione della popolazione di una città capoluogo che sapeva, per molteplici e assai drammatiche esperienze vissute nella sua lunga storia, cosa fosse il terremoto da quelle parti. Se non allora quando quell'eccellenza si sarebbe dovuta esprimere mobilitandosi per dare assistenza ad una popolazione sempre più in ansia, stressata dal ripetersi continuo di scosse, per fare quanto un dilatissimo "early warning" avrebbe consentito sul piano precauzionale.

Quattro, cinque mesi di gestazione della crisi esplosa infine il 6 aprile avrebbe potuto consentire verifiche di criticità/vulnerabilità note o evidenti. Anche l'importanza dell'evento fu sottovalutata: erano cento anni che un'area metropolitana rischiava di divenire area epicentrale di un forte terremoto. La Commissione grandi rischi operante presso il Dipartimento della protezione civile non sollevò il problema, si limitò a rispondere alla convocazione della Protezione civile quando era ormai troppo tardi e su un tema incredibile: i terremoti si possono prevedere?

I risvolti processuali attorno alla Commissione grandi rischi si risolsero poi in un'occasione persa, alla caccia di responsabilità personali in qualche caso sopravvalutate, si perse di vista il senso più generale della questione: il rapporto tra scienza e politica in quel contesto, dove la protezione civile aveva, in quei primi mesi del 2009, un enorme cantiere *grande evento* alla Maddalena e una crisi sismica in Abruzzo che si sperava non esplodesse. Si cercò disperatamente di tenere insieme le cose. Ma quella scossa del 6 aprile sconvolse i piani e poi con-

sentì un capolavoro di estemporaneità. Nessun passo indietro, piuttosto un colpo di scena.

L'organizzazione del G8 abbandonò il cantiere della Maddalena al suo destino (sarà annoverato tra i grandi costosissimi cantieri incompiuti, scandalosi) e si trasferì discutibilmente tra le macerie del terremoto dove sarebbe stato celebrato su un palcoscenico mondiale: il successo dell'emergenza e la straordinaria performance delle new town.

In questo Paese si fa presto a dimenticare i disastri, i terremoti e tutto quanto accade attorno ad essi. La cronaca se ne occupa finché il problema è vivo, lo scontro aperto, la tragedia recente. Poi più nulla. In fondo la storia di quei dieci anni parla di un'epopea della nostrana protezione civile che ha avuto il più recondito significato di puntare su una nobilissima funzione avendo ben chiaro tutt'altro obiettivo, estraneo alle proprie prerogative alla propria cultura: Protezione civile Società per Azioni stazione appaltante per la pubblica amministrazione. Il nostro sarebbe diventato così un Paese davvero singolare grazie ad un nuovo ordinamento che elegge un ufficio istituzionalmente impegnato a proteggere vita e beni dei cittadini, e per questo unico detentore di un potere derogatorio legato a doppio filo con una dichiarazione di emergenza, a divenire una società per azioni incaricata di gestire appalti attraverso un pacchetto azionario totalmente nelle mani della Presidenza del Consiglio. Azioni non negoziabili, non quotabili in borsa, utili che sarebbero rimasti all'interno di "protezione civile SpA" che non poteva fallire, ma solo eventualmente esser cancellata da un'apposita Legge, non assoggettata alla legislazione antitrust, al controllo preventivo della Corte dei conti, al dovere di assunzione tramite pubblici concorsi. Questo conteneva il decreto legge 30 dicembre 2009 n. 195, passato al Consiglio dei ministri, ma il 17 gennaio 2010 l'opposizione fece saltare il disegno in aula. Era in quei giorni esploso lo scandalo "della cricca", come venne subito battezzato dalla stampa, e il decennio dei grandi eventi di colpo si chiuse, non senza lasciare conseguenze, questioni aperte.

5. IL TERREMOTO SOLO UN BUON ARGOMENTO

Una sommaria narrazione, fin qui, dei fatti che hanno concorso a determinare e poi a non risolvere la fragilità del Paese rispetto ai terremoti. Ora, un'enorme quantità di risorse improvvisamente

disponibili per uscire dal baratro in cui la pandemia ha precipitato il mondo e una premessa al loro utilizzo, reiterato invito del Presidente Mattarella a proposito del nostro PNRR: riportare questo Paese non come era prima, ma piuttosto costruirne uno migliore. C'è da ritenere che il tema della sicurezza nei termini più generali trovi una collocazione in questo quadro. La difesa dai terremoti è rimasta indietro, le condizioni di alto rischio che pendono su buona parte dei cittadini devono trovare una risposta, soprattutto al Centro e in quel Sud che della auspicata *ripresa e resilienza* è passaggio obbligato. Una risposta che non si scorge nelle iniziative in atto, e da questa consapevolezza bisognerebbe ripartire.

Dopo i terremoti dell'Italia centrale di quest'inizio secolo, l'impegno straordinario assunto dai governi che si sono succeduti è stato chiaro: non più un'azione a costo zero per lo Stato, ma investimenti consistenti per fare prevenzione. Amatrice (classificata sismica cento anni prima) "polverizzata" nel 2016 e subito dopo questa storica inversione di tendenza, con un plauso generale seguita purtroppo da un'enorme delusione. Una tale epocale nuova determinazione si pensava venisse articolata dando fondo al bagaglio di scienza e conoscenza accumulato, supportato da innumerevoli esperienze vissute. Invece l'unico strumento attuativo è stato individuato in un banale bonus terremoto³, in stretta

3 In merito all'iniziativa definita "sismabonus", in attuazione del Decreto MIT 07.03.17 n.65, e sul più ampio tema della prevenzione sismica del Paese, nel 2019 è stato lanciato l'Appello "La prevenzione sismica in Italia, una sconfitta culturale, un impegno inderogabile" a firma di Teresa Crespellani, Roberto De Marco, Elisa Guagenti Grandori, Emanuela Guidoboni, Vincenzo Petrini. Un documento assai critico rispetto all'esercizio della prevenzione sismica nel Paese, sottoscritto da oltre duecento rappresentanti di diverse culture e anche da semplici cittadini. al quale era necessario dar seguito con un documento invece propositivo Sollecitato dall'impegno del Governo di rilancio del Paese post pandemia, si è deciso allora di concepire un Manifesto per la Prevenzione sismica 2020 -alla cui redazione si sono aggiunti Umberto Allegretti, Giovanni Manieri, Fabio Sabetta, Gianluca Valensise- invece decisamente propositivo, inviato alla Presidenza della Repubblica, al Presidente del Consiglio dei Ministri e ai ministri di stretta competenza sul tema. L'adesione alle iniziative descritte può avvenire all'indirizzo nonquestaprevenzione@gmail.com, un'ampia documentazione è disponibile sul sito www.nonquestaprevenzione.it.

analogia con tanti altri contributi pubblici erogati attraverso la fiscalità, fatti per chi vuol cambiare gli infissi o sostituire la caldaia. Tutto molto semplice, molto rapido: si danno quattrini a chi li chiede, peralzata di mano. Un'incredibile semplificazione. Una quantità enorme di risorse, sebbene indefinite, messe a disposizione di un'iniziativa che si caratterizza per il più basso tasso di scientificità immaginabile, per la completa assenza di selettività, per nessuna indicazione di priorità. Un'iniziativa senza obiettivi, tempi e costi dichiarati, che si consumerà mentre i terremoti continueranno a colpire nei termini già ricordati.

Per come è stata organizzata l'iniziativa, fra mille riscritture e semplificazioni nella speranza di risolvere un insuccesso ormai lungo quattro anni, sembra si vada solo alla ricerca di straordinarie quantità, a partire dall'ampiezza dell'adesione in un'area mera sommatoria della Zona 1 ad alta sismicità, della Zona 2 a media sismicità e, incredibilmente, anche della Zona 3 a bassa sismicità. La dimensione di quest'ultima Zona è diventata superiore alle prime due messe insieme, anche per la assai discutibile migrazione di circa 1400 comuni settentrionali dalla Zona 4 esclusa dal provvedimento alla Zona 3 invece inclusa. (Fig. 6).

La logica del bonus offre così identiche possibilità di accesso al contributo in aree letteralmente inconfondibili in termini di pericolosità, ma anche di vulnerabilità e quindi di rischio. Milano, dove mai una vittima o un crollo, come Catania dove il terremoto del 1693 distrusse la città e uccise i due terzi della popolazione.

Centinaia di comuni della Lombardia, ma anche Torino e altri comuni piemontesi, tutto il Veneto e anche Venezia ha da temere di essere distrutta dai terremoti come tutti i comuni della Sicilia orientale, dove i terremoti hanno colpito duramente e sono tornati nel tempo a colpire. Poi Sondrio come Cosenza, Aosta come Benevento e altre migliaia di improponibili confronti (Figura 7) sembrano non scalfire la logica che sostiene il bonus terremoto ora approdato alla iperbolica quantità del 110% della spesa sostenuta dal cittadino.

Il fatto è che l'obiettivo di questa pioggia di risorse, rada ma impropriamente ampia, che cadrà in modo del tutto casuale sul territorio, è dichiaratamente un altro, elaborato all'interno di un processo per il quale nessuno pare si è potuto/voluto porre la cruciale domanda: tutto questo è efficace per la ridu-

zione del rischio sismico, per proteggere la popolazione più esposta al terremoto che fa stragi inaccettabili? La risposta sarebbe stata troppo imbarazzante a fronte di quel 20% di territorio nazionale in gran parte al Sud, dove chi ci vive rischia davvero la vita, quindi già oggi in una condizione di *emergenza strutturale*, altro incredibile ossimoro che segna il nostrano problema sismico.

Così, invece di una strategia, di un documento di programmazione, è stata

assunta solo “un’iniziativa” sostenuta da argomentazioni estranee alla difesa dai terremoti, riguardanti piuttosto quelle “politiche espansive” che tanto bene fanno al PIL. Il cittadino (o meglio la banca che gli presta soldi) spende subito quello che lo Stato restituirà in minori entrate fiscali in cinque anni, ma nel frattempo incassa l’Iva, crea occupazione e soprattutto tenta di salvare l’edilizia in crisi da decenni in un Paese dove si è costruito troppo.

Funzionerà davvero l’azzardato meccanismo? L’unica cosa certa è che il bonus è di fatto un debito enorme che diventerà un problema dei governi che verranno ai quali toccherà verificare se sarà stato davvero un affare per le casse dello Stato. È la legge incalzante del PIL che non va per il sottile: si propone un tema accattivante – la prevenzione sismica – dietro il quale si determina un’enorme pressione d’interessi per fare qualcosa che pochissimo ha a che fare con il rischio sismico e molto invece con una sconcertante elencazione di assai gravi danni collaterali. Per decenni si è invocato l’abbandono del consumo di suolo prodotto da una nuova edificazione speculativa, a favore di un intervento di riqualificazione dell’esistente, ma si alludeva a qualche progetto mirato, governato, non certo a qualcosa che punta solo ad essere, a conti fatti, “una proposta che non si può rifiutare” rivolta al cittadino convinto solo dal fatidico “lo Stato paga tutto, anche di più” insito in quell’incredibile 110% dietro al quale si sono accodati molti interessi di vario genere. Tutto questo avrà un costo che pagheranno tutti, senza spostare di nulla il problema sismico di questo Paese, e invece premierà solo qualcuno fiscalmente capiente, che vive in regioni settentrionali dove di terremoti ce ne sono pochi ma che sono più ricche e meglio organizzate, più capaci di cogliere l’occasione. Il cittadino avvantaggiato utilizzerà il bonus per seconde e terze case in montagna, sui laghi, o al mare. Qualche conferma viene dai dati pubblicati da NOMISMA⁴ in assenza di dati ufficiali che non si sa se qualcuno sta raccogliendo: il superbonus ha vasti consensi in Lombardia, Veneto (altre fonti indicano anche in Emilia Romagna) per interventi che sono pochi nei condomini ma molti di più su edifici monofamiliari.

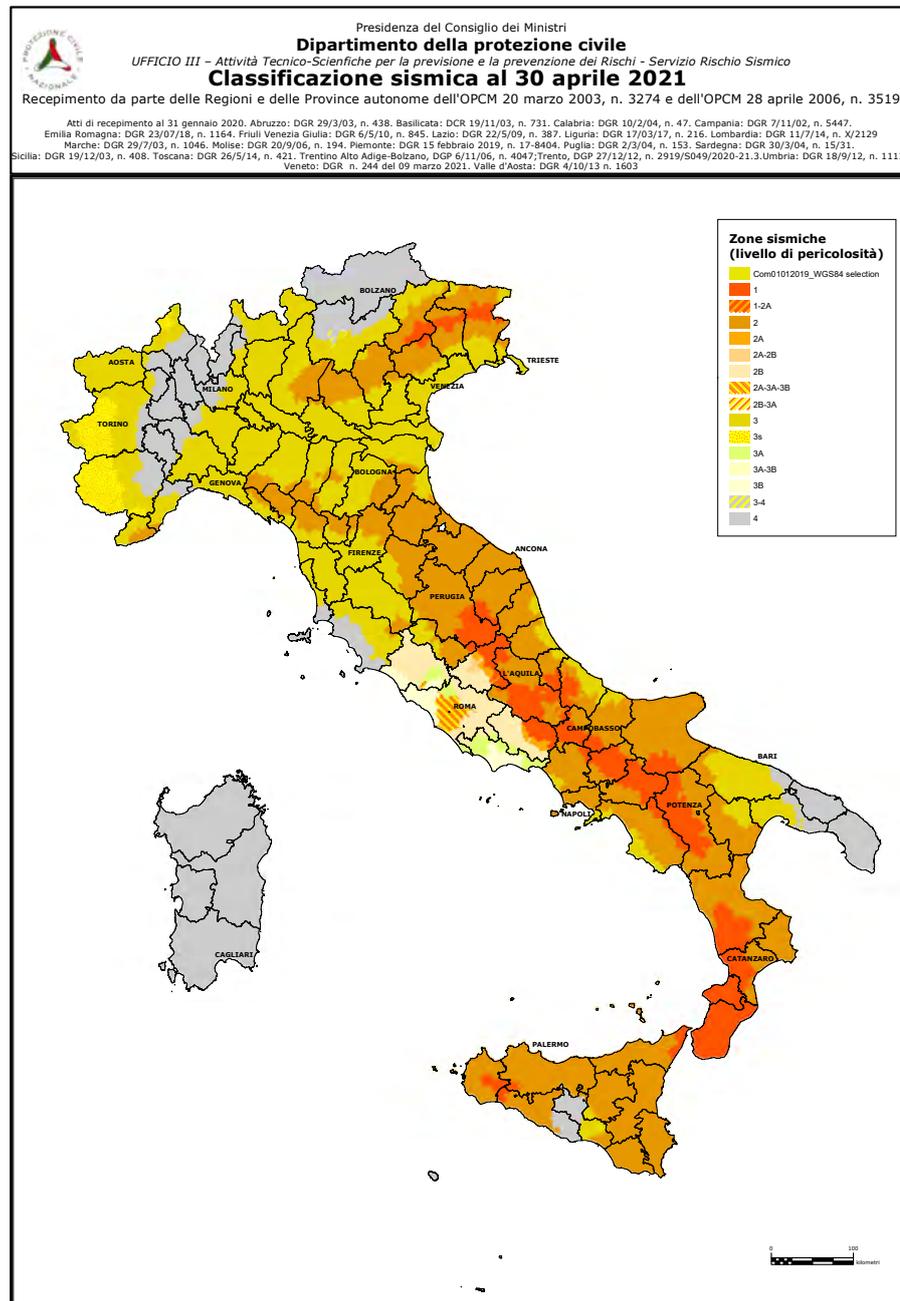
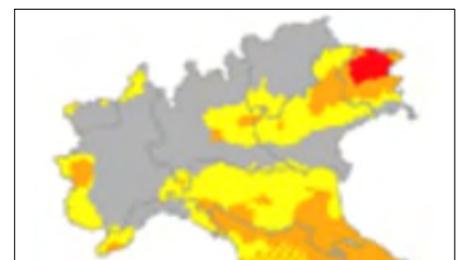


Figura 6. La zonazione sismica aggiornata al 30 aprile 2021

La Zona 4 a sismicità molto bassa (in grigio) è attualmente limitata –dopo i massicci spostamenti di comuni nelle zone dove è garantito l’accesso al sismabonus– a residuali porzioni del Nord, oltre un’area al centro della Sicilia meridionale, l’estrema punta della Puglia e l’intera Sardegna

La carta di classificazione è un documento ufficiale di estrema importanza anche per ovvie implicazioni socio-economiche oltre che scientifiche. Allo stato attuale, le modificazioni intervenute nel senso sopraricordato, fanno ritenere che abbia perso quel carattere essenziale di omogeneità di valutazione



L’Italia settentrionale prima degli interventi modificativi introdotti dalle regioni del Nord alla Zona 4

⁴ Il Messaggero di lunedì 19 aprile 2021 “Flop del superbonus 110% troppi ostacoli burocratici”.

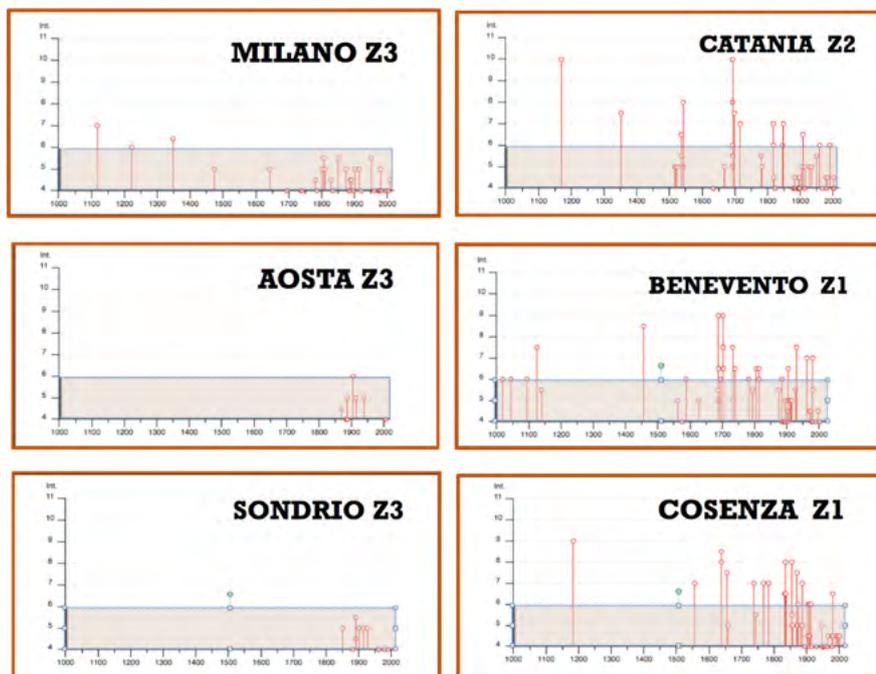


Figura 7. Confronto tra la ricorrenza di eventi in aree appartenenti a Zone sismiche diverse nelle quali tuttavia è concessa un'identica possibilità di accesso al sismabonus

Il confronto della ricorrenza di eventi in aree appartenenti a Zone sismiche diverse: (Benevento e Cosenza in Zona 1 (alta sismicità), Catania in Zona 2 (media sismicità), con Milano, Aosta e Sondrio recentemente passate dalla Zona 4 (sismicità molto bassa) alla Zona 3 (bassa sismicità)). Sono rappresentati gli eventi che hanno interessato le singole aree in esame posti lungo l'arco temporale che copre l'ultimo millennio (ascisse). L'intensità è espressa sull'ordinata attraverso la scala Mercalli Cancani Sieberg, nell'intervallo tra il IV e l'XI grado, proporzionalmente alla lunghezza delle linee verticali riferite a ciascun evento. L'area in grigio consente, a colpo d'occhio, di individuare quali siano gli eventi che non superandola hanno determinato danni poco significativi. Il confronto è improponibile.

Tutto questo è avvenuto in un generale silenzio di chi avrebbe avuto pieno diritto di obiezione: gran parte della comunità scientifica, gli addetti ai lavori, le regioni penalizzate da tale distrazione di risorse, il mondo dell'informazione. Al contrario il sismabonus è stato sostenuto da una campagna più pubblicitaria che informativa, partecipata da una schiera enorme di *stakeholder* (la politica quasi al completo, grandi enti, l'industria dell'edilizia, le imprese di costruzione, gli ordini professionali, ingegneri, architetti, geologi, geometri ma anche i commercialisti, e ovviamente le banche).

Questo non significa che l'iniziativa sia convincente, né che voci di dissenso non si siano levate ma la sproporzione dei mezzi utilizzati per comunicare è enorme, la voglia di approfondire, entrare nel merito da parte dei media quasi inesistente, e soprattutto gli ultimi governi succedutisi, interessati ai massimi livelli hanno preferito non rispondere anche quando direttamente investiti, sollecitati con appelli, manifesti sulla prevenzione efficace.

Ciò detto solo un'ultima considerazione. Qualsiasi strumento venga

utilizzato per affrontare una questione che alla fine si misura nella dimensione del danno e nel bilancio delle perdite, è scontato che non possa che trovare riscontro nella sua efficacia, stimata in termini progettuali comprensivi di tutti i parametri essenziali.

Questa è l'inaccettabile carenza che del sismabonus non fa un progetto ma solo un'iniziativa. In mancanza di meglio si propone allora lo scenario (Figura 8) con il quale una così tanto vaga quanto costosa iniziativa si dovrà prima o poi confrontare per apprezzarne eventualmente i risultati. Sullo sfondo il paesaggio urbano dell'area appenninica a qualsiasi latitudine. Borghi, paesi ma anche porzioni della "città storica", stratificazione in un tempo lunghissimo di un'edilizia povera, spontanea, intrinsecamente vulnerabile. È la tipologia di cui ci si è dovuti abituare a riconoscere la trasformazione in macerie operata da tanti terremoti anche recenti. Ad uno di questi, ancora nella memoria di molti, si riferisce l'immagine in basso. Elemento che ne connota i caratteri strutturali è la presenza di situazioni di contiguità o di continuità strutturale di lunghe stecche

di edifici in fila, separate da vie strette, vicoli. Non ha senso considerare la loro vulnerabilità addirittura al livello di unità immobiliare, come propone il sismabonus, indipendente da tutto ciò che gli sta intorno.

Da tempo si è consolidata l'impostazione del valutare l'intervento di riparazione post terremoto nei termini di aggregato, di UMI che sta per *unità minima d'intervento* per edifici o unità strutturali da risolvere in un progetto unitario per la riparazione e la ricostruzione edilizia complessiva. Inconcepibile un intervento che non abbia come punto di partenza l'adozione di una perimetrazione di questo tipo, alternativa alla logica dispersiva del bonus terremoto che ancor peggio si pone rispetto ad una altra condizione ben presente nel contesto in esame: la così detta *vulnerabilità indotta*. È quella sperimentata purtroppo in diverse occasioni anche recenti, che dipende da un versante instabile, da un muro di contenimento, da un più alto edificio, una torre, un campanile che incombono, proiettano la propria ombra su ciò che ad essi soggiace, rendendolo vulnerabile. L'esigenza allora di una visione d'intervento ben più ampia di quanto garantito da uno strumento che rinuncia a qualsiasi percezione del contesto in cui opera.

6. PREOCCUPANTI CONSIDERAZIONI FINALI

Più di un secolo, a partire dal 1908, punteggiato da terremoti devastanti o comunque distruttivi ha consegnato condizioni di sicurezza largamente insufficienti, nonostante un importante sviluppo delle conoscenze e dei livelli organizzativi sul territorio.

Sotto accusa lo scarso impegno dei governi nell'azione di prevenzione, la cui insufficienza sembrava esser riscoperta solo quando l'ultima tragedia riproponeva una sconcertante impreparazione, evidenti condizioni di vulnerabilità mai risolte, livelli di diffusa fragilità del territorio nel suo complesso. E poi ricostruzioni, quasi tutte portate avanti penosamente con tempi infiniti consegnando ai "superstiti" decenni di ulteriore sofferenza. Di questo il Paese si dovrebbe vergognare, come un Presidente della Repubblica, una volta ha detto. Un severo giudizio per la politica sempre distante dalla questione, forse impensierita dal confronto con un tema così complicato, preoccupata di andarsi ad infilare in un problema privo di qualsiasi riscontro sul piano elettorale. Insomma meglio starne lontano.

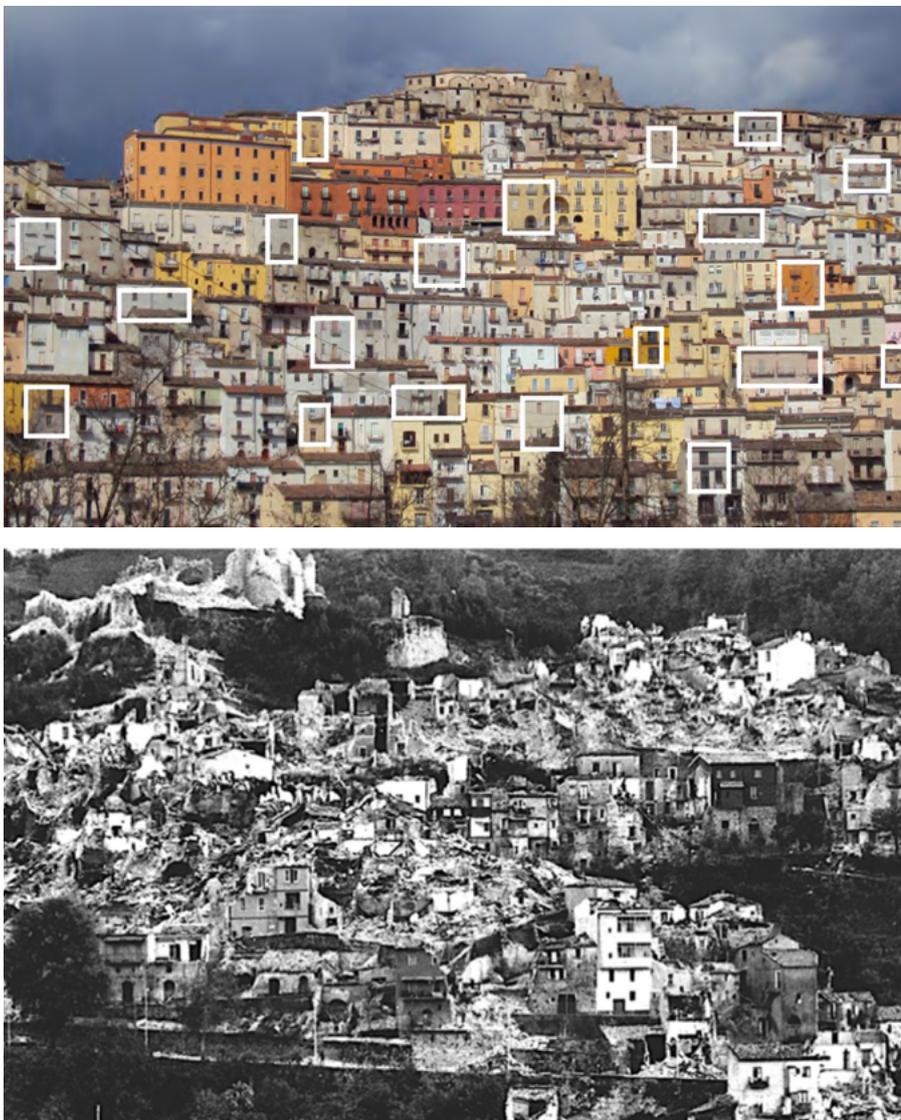


Figura 8. Quale efficacia

Questo è il Bel Paese, paesaggio tipico della dorsale centro-meridionale appenninica, parte significativa dei caratteri identitari della penisola. Una muraglia di edifici addossati l'uno all'altro senza soluzione di continuità, disposti su file parallele ortogonali alla massima pendenza del versante, separate da strade strette, vicoli.

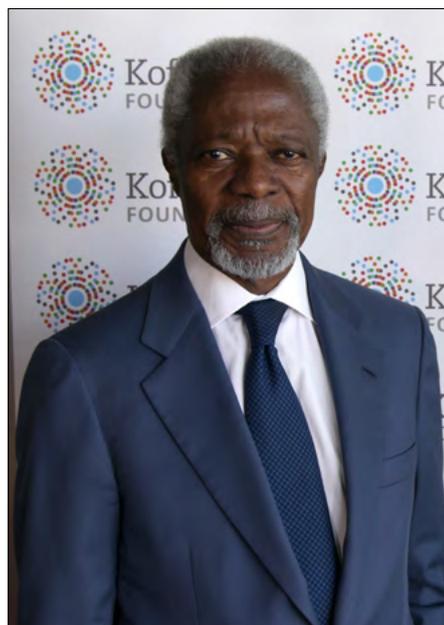


Figura 9. "I benefici della prevenzione non sono tangibili: essi sono i disastri che non sono accaduti" (Kofi Annan)

"Strategie di prevenzione più efficaci non solo salverebbero decine di miliardi di dollari, ma anche centinaia di migliaia di vite. I fondi attualmente spesi per interventi e soccorsi potrebbero essere invece destinati a promuovere uno sviluppo equo e sostenibile che ridurrebbe ulteriormente il rischio di guerre e disastri"
 "Costruire una cultura di prevenzione non è facile. Mentre i costi della prevenzione debbono essere pagati nel presente, i suoi benefici si avvertono in un futuro distante. Per di più, i benefici non sono tangibili: essi sono i disastri che non sono accaduti"

(Kofi Annan, *Facing the Humanitarian Challenge: Towards a culture of Prevention*, WSSD 2002)

1 200 edifici in questa immagine, pari a 500 unità abitative; un successo del bonus al 10% consentirebbe di intervenire su 20 edifici individuati dai riquadri, corrispondenti a 50 unità abitative. Considerando un bonus medio di 100mila Euro la stima approssimativa del costo sull'immagine in esame sarebbe di 5 milioni di Euro

2 Proiettando questa stima su 9,2 milioni di edifici pari a circa 23milioni di unità immobiliari, il successo qui ipotizzato del 10% dell'iniziativa porterebbe il fabbisogno a 230 miliardi

3 La dimensione finanziaria individuata, per esempio, nello studio CRESME-ISI 2018 sulla base dei livelli di vulnerabilità stimati a costi medi d'intervento, si attesta invece tra i 900 e i 1000 miliardi, meno della metà di quanto richiesto dal bonus a copertura quasi totale del territorio pari a 2300 miliardi

4 Il problema quindi si sposta sul terreno dei livelli di efficacia irraggiungibili di un intervento che deve anche trovare soprattutto riscontro con le esperienze vissute. Questa è una delle tante immagini del terremoto M 6.9 in Irpinia. Immagini simili hanno documentato eventi recenti prodotti da magnitudo anche solo attorno a 6

5 Il raffronto tra esiti, costi e benefici testimonia l'inconsistenza di ciò che avrebbe dovuto realizzare la messa in sicurezza sismica come più importante opera pubblica del Paese. Invece solo una **COSTOSISSIMA** quanto **INEFFICACE** iniziativa. Ben altro da concepire dove così evidenti sono gli indizi di elevato rischio.

E poi:

"...il tempo di ritorno dei terremoti è decisamente superiore all'orizzonte temporale dei politici"

Quando poi questa distanza non è stato possibile mantenerla sulle macerie fumanti, si è riusciti forse a dare il peggio. È interessante il confronto tra le dichiarazioni rese sistematicamente ogni "giorno dopo", da qualche ministro pro tempore, usando sempre le stesse argomentazioni se non le stesse parole. Dal Belice in poi nei salotti buoni della TV, affermazioni del tipo "non si poteva prevedere" che può al massimo riguardare il "quando", ma certo né il "cosa" il terremoto aveva combinato né il "dove" aveva appena colpito; poi un perentorio "saranno accertate le responsabilità" al netto ovviamente di quelle imputabili all'insipienza della politica;

quando poi le cose si mettevano male non poteva mancare un “non è questo il momento delle polemiche, dobbiamo pensare a chi è rimasto senza casa” che doveva avere una funzione dilatoria, sedativa. Infine la proposizione dell’inconsistente soluzione “provvederemo a estendere la classificazione e ad aggiornare le norme”. Ultimamente, quando non c’è stato più nulla da aggiornare, la chiusura è stata affidata ad un lapidario impegno “la messa in sicurezza del territorio quale più importante opera pubblica per il Paese” sempre disatteso.

Si può pensare che ce ne sia a sufficienza per capire quanto ancora grave sia il problema soprattutto nel momento in cui non si scorge un nuovo impegno, una nuova diversa prospettiva per affrontare il tema. E allora solo due ultime considerazioni.

La prima, a carattere generale, riguarda un ormai ultra ventennale arretramento dello Stato, che ha viaggiato seguendo percorsi diversi ma tutti orientati nella stessa direzione: la pubblica amministrazione sempre più piccola e non per questo più efficiente; quelle competenze a cui ha voluto rinunciare o comunque, ovunque siano finite, si ha il sospetto che non funzionino meglio. Su questo l’esperienza Covid_19, in termini generali, ha dato indicazioni chiarissime. Ovviamente, ci si riferisce al tema qui trattato e suoi dintorni più o meno ampi: il territorio, la sicurezza, la pianificazione e altre questioni comunque non secondarie.

Agli strumenti utilizzati per queste continue amputazioni sono stati dati nomi diversi, ma la sostanza non è cambiata. Devoluzione, concorrenzialità, riorganizzazione, semplificazione e quando poi, esplicitamente si è parlato di regionalizzazione o di esternalizzare, di privatizzare, oggi addirittura di avviare un’*autonomia differenziata*, tutte cose molto diverse tra loro ma pur sempre questioni da bisturi e qualche pezzo alla fine viene sempre a mancare. Nello specifico lo Stato - in realtà per esso i governi a continuamente succedutisi - ha chiuso ciò che non riusciva a capire a cosa servisse, o che fosse ritenuto incoerente con altre finalità non sempre condivisibili.

Ha eliminato cose essenziali che non sapeva far funzionare, che avrebbero forse avuto bisogno solo di un po’ di manutenzione straordinaria o sulle quali invece si sarebbe dovuto investire di più. La cosa che più di tutto si è persa, in questo gioco al massacro, è stata la competenza.

Se al governo spetta opportunamente la funzione d’indirizzo, è allora necessario stabilire dove debba risiedere proprio la competenza, in grado di dare forma e sostanza a tale funzione. Essa si sviluppa quando nulla si disperde dell’esperienza; così la competenza diviene il luogo della sedimentazione di una specifica cultura di governo che può evitare, per quanto possibile, avventure ed estemporaneità, dando sostegno alla già ricordata “*continuità dell’azione amministrativa*” di cui non si ha più traccia. La competenza è anche altro; serve affinché un atto di indirizzo del governo si possa trasformare in un programma, e che questo per realizzarsi possa avvalersi di una committenza capace di interloquire nel merito con chi dovrà dare contributi esterni, con il mondo della ricerca soprattutto.

Ultima attribuzione della competenza è quella di farsi carico di quanto comporta l’attuazione del programma che va pilotato, seguito ed anche alla fine verificato con un livello di responsabilità che difficilmente può essere delegato senza rischi. Rinunciare alla competenza impoverisce l’amministrazione dello Stato, il suo ruolo, la sua qualità. Quando si è provato ad esternalizzarla ha trovato spesso una collocazione nella ricerca. Ma le esperienze fatte non si possono considerare positive, hanno causato confusione di ruoli, mancanza di chiarezza nell’attribuzione dei livelli di responsabilità. Il contributo della ricerca dovrebbe esprimersi secondo logiche diverse, quale componente essenziale della filiera corta che già comprende governo e amministrazione. La pubblica amministrazione che rende operativo l’atto d’indirizzo del governo, poiché opera per conto della collettività deve puntare ad ottenere dalla ricerca l’eccellenza. Come questa si acquisisca è un problema che deve esser dibattuto all’interno della scienza, libera per definizione, con i propri criteri e metodi di confronto di competizione di selezione e infine di asseverazione. Qualche volta si è ritenuto che l’eccellenza possa essere raggiunta, e poi conservata, solo perché è stato concesso un finanziamento attraverso un atto di governo, ma non può essere così, quella è piuttosto un’investitura da *ancien régime*. L’eccellenza va continuamente confermata attraverso gli stessi criteri e metodi scientifici che l’hanno una volta conquistata.

Tutto questo, per chiudere, va riportato nei termini generali dell’arretramento delle funzioni dello Stato, nello specifico qui trattato.



Figura 10. Vignetta di Mauro Biani per l’Espresso (2019) in occasione del decimo anniversario del terremoto di L’Aquila

Negli anni ’90 quella filiera corta aveva cominciato a realizzarsi nella volontà di creare l’Agenzia di protezione civile, quando la ricerca, l’eccellenza, era costituita da quel *Gruppo nazionale difesa dai terremoti* aperto al contributo dell’intera comunità scientifica di settore. Tutto questo è stato cancellato nei modi e per le ragioni che sono state ricordate. E proprio tali ragioni sono quelle che oggi preoccupano di più. Nel ’900 la politica è stata distante dal problema sismico del Paese, non investendo in prevenzione e non facendosi carico di altri aspetti essenziali del problema. In questo nuovo secolo la politica quando ha investito in protezione civile o in prevenzione sismica lo ha fatto, come si è visto, per finalità tutte diverse: la prima volta per impossessarsi della “*lampada di Aladino*”, la seconda per salvare l’edilizia in crisi e spingere il PIL. Peggio ora di quello che successe nel secolo scorso, nella misura in cui più pericoloso di non curarsi è assumere con fiducia malposta una medicina sbagliata, inefficace o addirittura dannosa.

Così vanno le cose in questo Paese, è ancora necessario attendere che all’irrisolto problema sismico sia concessa un po’ di centralità, d’attenzione. Allora non una previsione, piuttosto una certezza: nell’attesa, l’impatto dei futuri terremoti sulla popolazione resterà inaccettabile, la speranza di condurlo entro i limiti dell’inevitabilità non potrà così realizzarsi.

La didattica e la divulgazione delle geoscienze nelle scuole di ogni ordine e grado

Geoscience education and dissemination at any school level

Parole chiave: divulgazione; Geoscienze; gioco; attività sul terreno; conoscenza; rischi e risorse

Key words: dissemination; Geoscience; educational Geo-game; field activities; knowledge; geo-risk; resources

1. INTRODUZIONE

L'Italia è un paese geologicamente giovane ed ogni anno le "calamità" naturali, frutto di processi naturali intensi che sommati alla forte vulnerabilità del nostro territorio determinano rischi naturali elevati, comportano danni ingenti in termini di perdite di vite umane ed economiche. Nonostante questo le risorse economiche a disposizione per progetti di prevenzione dei rischi naturali sono scarse o assenti; parallelamente sta progressivamente diminuendo l'interesse da parte delle istituzioni e della società per le materie scientifiche in genere. Questa combinazione indica prospettive negative in termini sia di consapevolezza e coscienza della società riguardo ai processi e ai rischi naturali, sia di corretta pianificazione del territorio e gestione dei rischi (Praturlon, 2011; Miccadei & Piacentini, 2013 e relativa bibliografia).

I rilievi che occupano la gran parte del territorio nazionale sono di recente costituzione e questo è una, se non la più importante, delle cause del grave dissesto geologico nel quale versa il territorio italiano. Quanto più una montagna è giovane tanto più essa è esposta all'erosione e, più in generale, ai processi operati dalla pioggia, dalle acque superficiali selvagge e incanalate, dalla neve, dal ghiaccio, dai ghiacciai, dalla forza di gravità, dal vento e dall'azione dell'uomo. Bisogna inoltre considerare che sul nostro territorio, oltre al rischio da frana e al rischio da alluvione (che rientrano in quello che viene denominato "dissesto idrogeologico"), insistono anche tutti gli altri rischi geologici quali il rischio sismico (terremoti), il rischio vulcanico (eruzioni vulcaniche), il rischio da bradisismo (abbassamento lento del terreno), il rischio da valanghe e recentemente il rischio di desertificazione, per non parlare del famoso rischio da inquinamento che viene confuso con il rischio climatico. Ad aggravare ulterior-

mente tale quadro, di per sé già molto complesso, si inserisce il fattore umano.

La base di partenza, per evitare i disastri naturali (che significano perdite di centinaia di vite umane l'anno, prima ancora che danni economici), è una approfondita e intellettualmente onesta conoscenza del territorio su cui viviamo, dei suoi equilibri e delle sue tendenze evolutive. Senza questa base di conoscenza, che ci può permettere di distinguere il territorio in aree in cui la pericolosità è bassa o nulla, aree in cui edificando aumenta il rischio da medio ad elevato ed aree in cui la pericolosità è elevatissima (e quindi in quest'ultime il pericolo è certo e non esistono rimedi), qualunque pianificazione territoriale risulta destinata a mietere delle vittime umane, a danneggiare l'economia e ad alterare il delicato equilibrio naturale, introducendo un ulteriore fattore di aumento dell'entropia. Questo è ciò che va portato nelle scuole di ogni ordine e grado, non come catastrofismi, ma come conoscenza.

La Geologia la usiamo quotidianamente in ogni nostra azione dal momento stesso in cui ci alziamo. Perché non ne abbiamo percezione? A mio avviso le motivazioni sono la scarsa comunicabilità dei geologi (i geologi, nonostante gli sforzi degli ultimi anni, continuano a parlare solo ai geologi), le forti differenziazioni nel mondo del lavoro e della ricerca

Tuttavia, negli ultimi sessant'anni da una Geologia dedicata, nell'essenza delle sue motivazioni, soprattutto alla ricerca e allo sfruttamento delle risorse si è passati rapidamente a un coinvolgimento sempre più accentuato nei problemi ambientali.

Oggi deve nascere la "Geologia sociale" (coniata dopo il terremoto dell'Aquila), per formare una nuova base su cui lavorare in maniera corretta ed intelligente, sia da parte dei cittadini che delle istituzioni per il futuro dei nostri figli, nipoti e pronipoti. La base della "Geologia sociale", deve essere il linguaggio:

Enrico Miccadei

Dipartimento di Ingegneria e Geologia (INGEO), Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara

E-mail: enrico.miccadei@unich.it

semplice, diretto e immediato per essere efficace ma sempre scientificamente corretto. Le giaciture degli strati devono diventare come in un gioco le pagine dei giornali o gli strati di una torta; i fossili le lettere come in un abecedario. Invece i libri sussidiari sono strapieni di errori geologici tra cui l'uomo primitivo combatte i dinosauri; le Alpi sono più giovani degli Appennini; la Preistoria viene descritta come un'Era.

Gli obiettivi della "Geologia sociale" sono che non tutti gli uomini devono diventare geologi, ma la devono usare correttamente e rispettare ogni giorno, sapendo che giriamo su noi stessi, intorno al sole, che l'acqua è una risorsa ma determina anche una pericolosità che si trasforma in rischio, che dietro ogni pieno di benzina c'è uno studio geologico sulle rocce; che le industrie farmaceutiche cercano cave di carbonato di calcio puro o di argilla per i propri farmaci; che il paesaggio è risorsa per i beni culturali, etc.

I contenuti devono essere semplici ed efficaci, raccontando la storia delle rocce su cui viviamo e spiegando come evolvono nel tempo.

La Geologia sociale è quindi coscienza della conoscenza, come base per arrivare alla prevenzione, non alle previsioni, prendendo spunto dalla Geologia etica (Piacente S., 2013 e relative bibliografie) o dal "Geologo condotto" (*sensu* Crescenti U., 1998) che sia il medico di base del territorio, che spieghi e coinvolga le popolazioni nelle informazioni e nelle soluzioni, nello spiegare i rischi e le risorse. Le catastrofi, infatti, sono colpa dell'incuria, dell'autosufficienza e della presunzione dell'uomo.

Molto spesso dopo gli eventi parossistici la Scienza viene messa in discussione, in un angolo o accusata direttamente. Ma quanti gridi abbiamo lanciato passando per terroristi, per persone in cerca di notorietà, o tacciati di arrivismo mediatico. Mai nessuno ha pensato che stavamo facendo il nostro

lavoro di cittadini, nel dire “costruite, ma costruite bene! Fatevi dire cosa c'è sotto la vostra dimora e sotto quelle vicine”.

Le immagini dell'Irpinia, di San Giuliano di Puglia in Molise, dei continui reportage del Belice o del Friuli, de L'Aquila, dell'Emilia gridano giustizia: *sono solo servizi giornalistici*, ma nulla di cultura della prevenzione perché finita l'emotività dell'evento, scompaiono dalla memoria dei più. Noi pensiamo invece di fare scienza sui giornali o oggi peggio sui social. Pensate che anche i Borboni nel Regno delle Due Sicilie facevamo decreti per fare le strade larghe dieci metri per far passare l'acqua, il fango e...la lava!!! Il sisma de L'Aquila, dell'Emilia Romagna e di Amatrice, tutte le alluvioni nazionali dal 2009 al 2017, sono ferite aperte. Nulla viene fatto per la prevenzione che cerchiamo di gridare ad ogni evento, poco o nulla hanno fatto per difendere la nostra professione se non creare e demoralizzare quanti volevano portare avanti onestamente discorsi geologici (CNG - <http://cngeologi.it/>).

D'altro canto, oggi c'è molta coscienza della Geologia nella gente e da noi si aspettano risposte importanti sulla pianificazione territoriale e questo è il terreno su cui ci attendono le nuove sfide. Per questo dobbiamo lavorare, facendo tanta e tanta divulgazione, dando risposte concrete per un Paese in forte crisi di identità. Ubicazioni di ponti, gallerie, strade, autostrade e, se volessimo, centrali nucleari o distribuzione dei siti per lo smaltimento delle scorie nucleari o dei rifiuti tossici e anche, e soprattutto, le relazioni per le abitazioni devono essere fatte con altissima qualità perché ci siano molte molte meno vittime, e solo quelle per casualità del terremoto.

La Geologia sociale deve trovare il suo substrato nella memoria storica, ricordare i nostri nonni e bisnonni che della cultura del territorio, dell'analisi delle stagioni, dei piccoli movimenti del terreno avevano fatto le loro ricchezze. Nei dialetti si trova una storia geologica meravigliosa che faceva la cultura. Oggi in qualsiasi campo (e soprattutto nella politica per i cittadini quella con la P maiuscola) manca l'osservazione, la calma dell'analisi, la discussione dei dati ed infine la programmazione. Noi docenti universitari abbiamo una responsabilità enorme nei confronti dei ragazzi che vengono con entusiasmo ad iniziare un percorso di studi e poi tutto questo si perde e si infrange contro una realtà in cui l'uomo di sente con la sua statura media di 180 cm più grande di un raggio terrestre di oltre 6000 km.

Nella mia vita accademica sono stato fortunato perché sono riuscito a insegnare in tutte le tipologie di Scuole e in quasi tutte le Facoltà tecniche ed umanistiche, nelle Università private della Terza età (una delle lezioni più belle della mia vita è stata offerta ai docenti dell'Università di Roma dei “75+” sulla Geologia di Roma). Mettendo a frutto questa esperienza ho capito e rafforzato l'idea che la gente vuole imparare a conoscere, capire dove abita, la differenza tra una faglia attiva e una no, cos'è un corpo di frana o una nicchia di distacco, ecc.

Insegnare Geologia e divulgare le Geoscienze in generale significa, quindi, cominciare un circuito virtuoso che porterà le prossime generazioni ad avere coscienza dei fenomeni naturali e dei relativi rischi che interessano il territorio italiano, ma anche delle sue risorse, e a risparmiare vite umane e risorse economiche ingenti per le ricostruzioni dopo calamità. Lezioni di geologia ed escursioni sul campo ma anche esercitazioni per rischio sismico ed idrogeologico faranno crescere la coscienza dei cittadini e contribuiranno a uno sviluppo sostenibile e alla crescita di un paese e di cittadini consapevoli delle risorse e dei rischi propri del territorio. In questo senso la geologia è economia, ossia contribuisce a uno sviluppo sostenibile essendo la base della prevenzione dei rischi naturali e per la corretta gestione delle risorse. Una buona prevenzione inizia, infatti, proprio nelle scuole attraverso la formazione, e non solo dopo l'ennesimo evento calamitoso (AGI, 1991; Panizza & Piacente, 2003; Dramis, 2009; Occhipinti, 2011; Praturlon, 2011).

In quest'ottica, la didattica e la divulgazione delle geoscienze stanno acquisendo, negli ultimi anni, una rilevanza sempre maggiore a livello internazionale, ma ancora non entrano nell'educazione quotidiana scolastica in Italia. Sono nati numerosi progetti e attività internazionali rivolti principalmente ai giovani, ma anche al pubblico in generale, e volti a migliorare la conoscenza del nostro pianeta. A livello internazionale, tra i tanti, si possono citare progetti quali Earth Learning Idea (<http://www.earthlearningidea.com>), OneGeology (www.onegeology.org), geoNatHaz (www.geonathaz.unito.it/) o progetti di società nazionali come Geology Rocks della British Geological Society (<http://www.funckidslive.com/>) o Geology for Everyone del Geological Survey of Ireland (<http://www.gsi.ie/Education/Geology+for+Everyone/>), o ancora progetti per la divulgazione mediante

escursioni geologiche come la Via Gealpina (Panizza, 2010).

Le tematiche delle attività di divulgazione sono di volta in volta raggruppati in diverse categorie, tra cui: a) La Terra come sistema, b) L'energia della Terra, c) I materiali della Terra, d) L'evoluzione della vita e della terra, e) Il tempo geologico, f) Indagare e cartografare la Terra, g) Rischi Naturali e Cambiamenti Climatici, h) Risorse e ambiente, i) La Terra nello spazio e in relazione agli altri pianeti (AGI, 1991; Dramis, 2009; Occhipinti, 2011; Miccadei *et al.*, 2011; Praturlon, 2011).

D'altra parte non possiamo dimenticare che in Italia l'insegnamento delle Scienze, e delle Geoscienze in particolare, soffre di carenze strutturali, assenza o indisponibilità di laboratori e attrezzature, e culturali, intese come patrimonio di idee diffuse per attività di educazione scientifica.

In questo articolo vengono presentate le attività svolte, le modalità didattiche e i risultati ottenuti nell'ambito di tali progetti.

2. LA DIDATTICA E LA DIVULGAZIONE DELLE GEOSCIENZE NELLE SCUOLE PRIMARIE

Le attività didattiche di divulgazione scientifica condotte nell'area abruzzese, concordate con istituti scolastici, enti parco e associazioni in connessione con i progetti dell'Università “G. D'Annunzio” di Chieti Pescara, sono basate sul semplice concetto di collegare i temi delle geoscienze a aspetti e luoghi quotidiani della vita di bambini e ragazzi o alle diverse materie studiate a scuola. Questo consente, a nostro avviso, di meglio comprendere e recepire concetti che altrimenti potrebbero risultare ostici o non essere recepiti in maniera chiara (Miccadei, 2009).

In quest'ottica, la geo-geografia consente di illustrare la posizione del pianeta terra nel sistema solare e nell'universo e i diversi volti del pianeta, i paesaggi. La geo-storia aiuta i bambini a comprendere il difficile concetto del tempo geologico tramite l'albero genealogico e l'orologio della terra (*Fig. 1*). Il ge-italiano avvicina i bambini al concetto della stratigrafia dove i diversi strati di roccia che compongono una successione sono visti come le pagine di un libro che racconta gli eventi che hanno coinvolto e modificato la terra (*Fig. 2*). La geometria e la geo-geometria, infine, illustrano il pianeta come in mosaico di placche che si sono spostate nel tempo

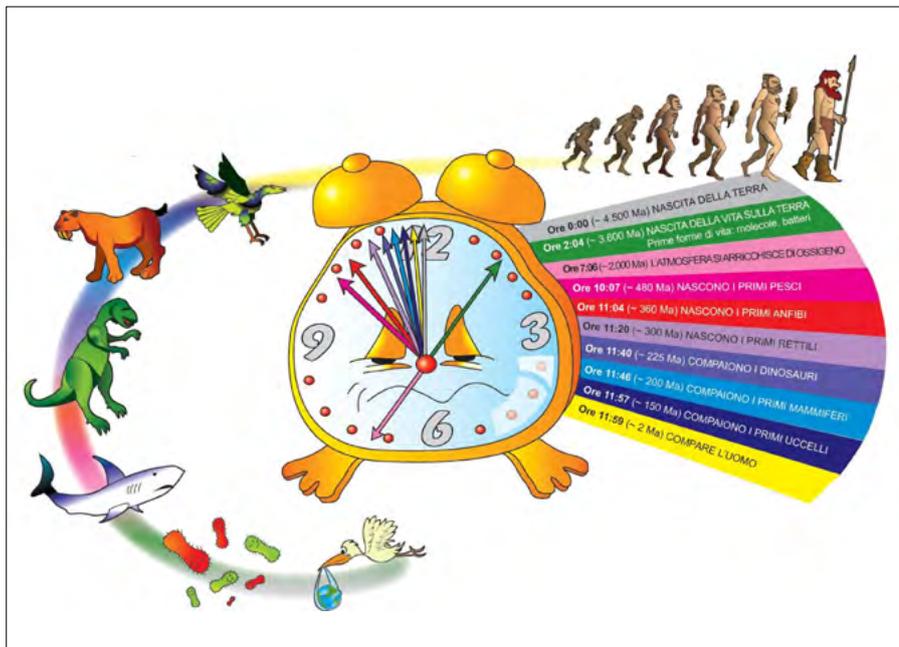


Figura 1. L'orologio della Terra mostra la storia del nostro pianeta confrontata con un arco di tempo di 12 ore come in una sveglia a lancette o come nell'arco di una normale giornata (da Miccadei, 2009)

GEOITALIANO

Le rocce raccontano

La storia della Terra è scritta nelle rocce che ricoprono e formano la **crosta terrestre**, e che sono testimoni dei cambiamenti avvenuti nel tempo. Come i **giornali** ci danno informazioni sulla vita di tutti i giorni, utili e storiche... così le **rocce**, ci danno informazioni sulla vita del Pianeta Terra...

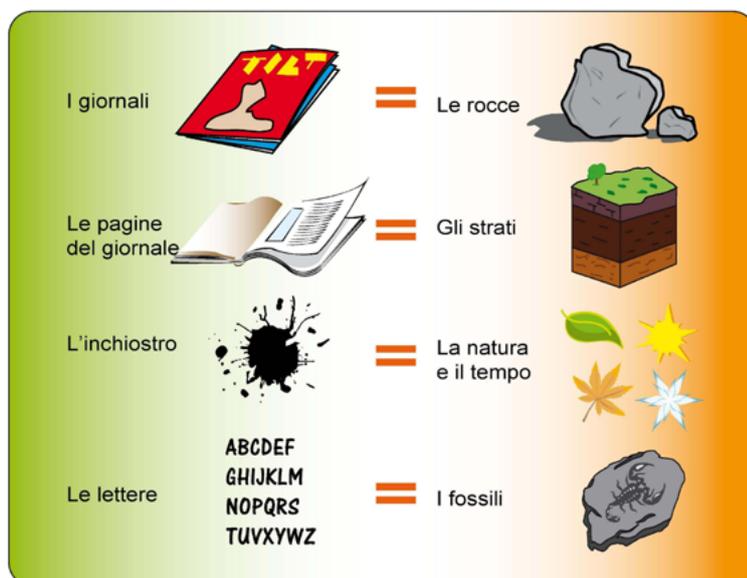


Figure 2. La storia delle rocce raccontata con semplici parole confrontata con le pagine di un libro (da Miccadei, 2009)

e, più localmente, aiutano a riconoscere i diversi strati di roccia con la loro giacitura differente. Seguono poi le geo-scienze, la geo-educazione artistica e musicale, la geo-educazione fisica e tutte le altre materie che con giochi ed esercizi consentono di entrare in concetti via via più complessi, stimolando la percezione dei bambini senza respingerli con parole o argomenti a loro ignoti. Tale approccio è stato ampiamente utilizzato in un libro di geologia per i bambini (Miccadei, 2009) diffusamente utilizzato per le attività di divulgazione.

Tali attività si sono sviluppate anche nell'ambito di una collaborazione con il Parco della Scienza di Teramo e la Ludoteca tecnico scientifica che richiama i concetti di quotidianità della geologia sotto forma di web interattivo (<http://ots.udanet.it/ludoteca>).

3. LA DIDATTICA E LA DIVULGAZIONE DELLE GEOSCIENZE NELLE SCUOLE SECONDARIE

Nelle scuole secondarie la divulgazione delle geoscienze si basa su lezioni ed attività laboratoriali, attività e giochi on line e, in particolare, su esercitazioni svolte sul terreno nell'ambito di escursioni didattiche nelle aree della vita quotidiana dei ragazzi. Si parla in generale di attività laboratoriali ed esercitazioni sul terreno per estendere il concetto di attività sperimentale/pratica al di là dei confini del luogo fisico, ossia il laboratorio. L'attenzione ai metodi attivi e laboratoriali è presente da decenni nelle dichiarazioni di intenti degli esperti, nei programmi e nella ricerca didattica, eppure fino ad ora non sembra avere avuto effetti rilevanti sulla scuola reale. Le attività si svolgono, quindi, sempre in maniera attiva e interattiva coinvolgendo i ragazzi; particolare attenzione viene posta sul territorio dove i ragazzi abitano e vivono, che viene visto non semplicemente come un territorio dal calpestare e percorrere a piedi, in bici, in auto o con altri mezzi, o come un paesaggio da osservare, ma come il risultato di un'evoluzione lunga da milioni a centinaia di milioni di anni che in questo intervallo di tempo è divenuto una fonte di risorse; allo stesso tempo si evidenzia come il territorio è soggetto a una serie di processi naturali geologici e geomorfologici, capaci di determinare rischi, non tanto per la pericolosità dei fenomeni stessi quanto più per la vulnerabilità degli elementi antropici (centri abitati, case, industrie, infrastrutture) e per la loro ubicazione in siti non idonei. Sulla base di questo approccio è stato sviluppato il

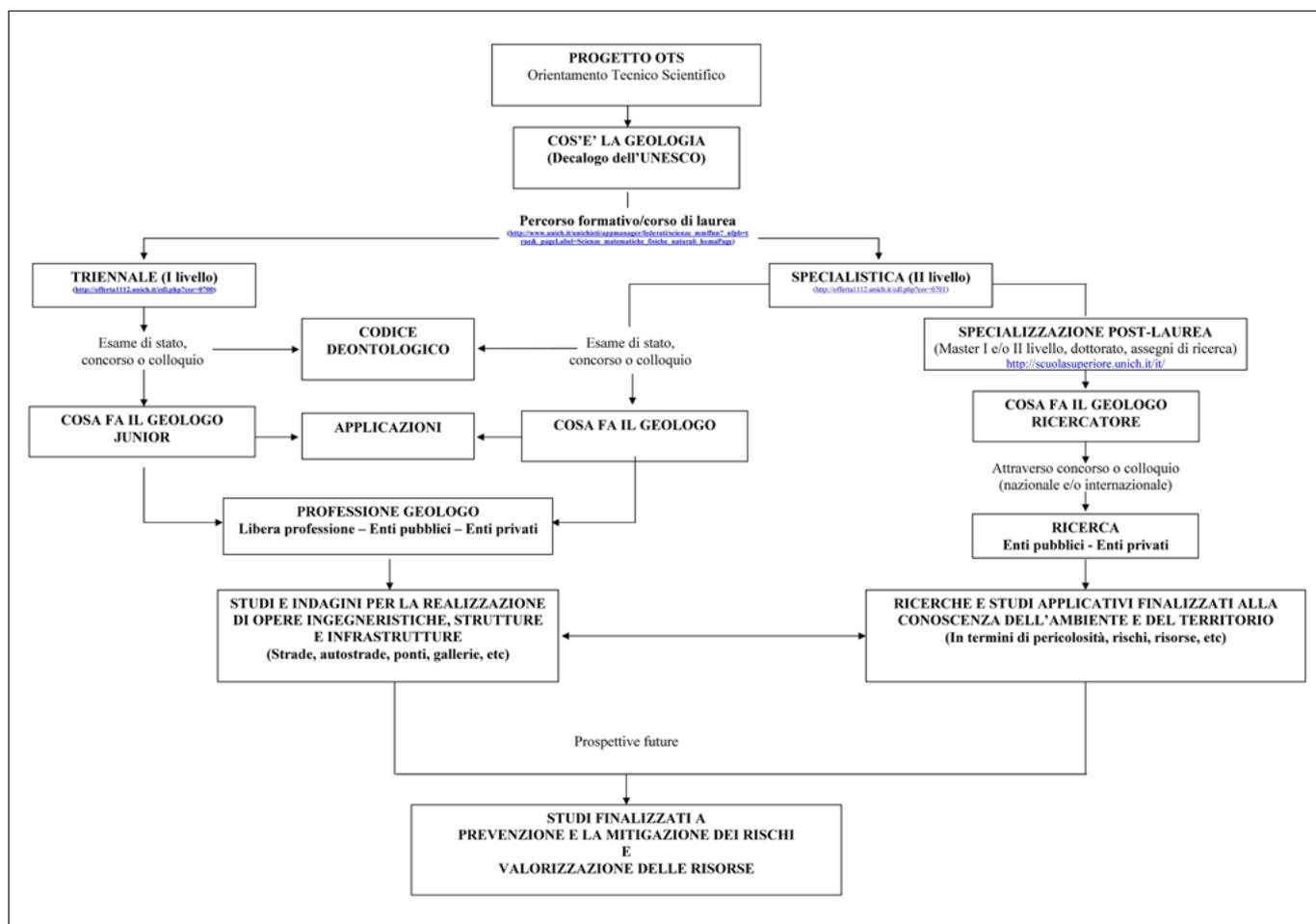


Figure 3. Mappa concettuale del Progetto OTS Geologia (da <http://ots.udanet.it/>)

Progetto OTS “Osservatorio Tecnico Scientifico” (Fig. 3; Miccadi *et al.*, 2010).

3.1 LEZIONI ED ATTIVITÀ LABORATORIALI

Nell’ambito del Progetto le lezioni e le attività di laboratorio o le escursioni sono finalizzate a due aspetti principali: 1) contribuire allo sviluppo di un nuovo approccio conoscitivo e di sensibilizzazione alla comprensione della geologia del territorio dove vivono i ragazzi coinvolti; 2) illustrare e discutere gli strumenti di base per lo studio delle geoscienze e del paesaggio.

A questo scopo le lezioni si basano proprio sulla discussione della geologia e della geomorfologia della provincia di appartenenza dei ragazzi e della regione Abruzzo in generale, per mezzo di un viaggio attraverso la storia geologica e attraverso la “spirale” del tempo geologico.

I principali “rami” e discipline della geologia sono delineati in base alle implicazioni che queste hanno nella vita quotidiana dei ragazzi e al ruolo e al campo di applicazione specifico nel loro ambiente e nel loro territorio; alcuni semplici esempi sono: l’uso gas e carburanti legato alla geologia del petrolio, l’uso dell’acqua consentito dall’idrogeologia, l’uso di medicinali o cosmetici

legato anche alla mineralogia, le strade e gli edifici connessi alla geologia applicata e alla geomorfologia, ecc.

Si cerca quindi di aiutare i ragazzi a osservare il territorio e il paesaggio con occhi nuovi, nella consapevolezza che questo sia il risultato di una storia geologica e geomorfologica lunga oltre 200 milioni di anni, che accomuna tutto l’Abruzzo e il centro Italia. È possibile quindi descrivere le risorse naturali come frutto dell’evoluzione geologica, mentre il paesaggio che ne risulta oggi è presentato come una superficie di equilibrio dinamico tra i processi sviluppati al di sotto della superficie terrestre (endogeni) e quelli sviluppati al di sopra della superficie terrestre (esogeni). Questo tipo di approccio al paesaggio consente anche di favorire la comprensione del valore delle risorse e del significato dei rischi geologico e geomorfologico, come risultato di un ambiente naturale dinamico e di un ambiente antropico vulnerabile. Ciò può a nostro avviso contribuire a sviluppare nei giovani una corretta sensibilità e consapevolezza delle risorse e dei rischi, unica via che porta al rispetto del paesaggio e che consente di vivere in sicurezza in esso.

Anche le principali tematiche dell’Anno del Pianeta Terra 2008-2010

(<http://www.yearofplanetearth.org/>) hanno fornito una linea guida per le principali discussioni con gli studenti, riguardanti le nuove frontiere e le applicazioni delle geoscienze e le nuove sfide che si dovranno affrontare per accompagnare la nostra società nel prossimo futuro; tra esse lo sviluppo di un più concreto ruolo delle geoscienze al servizio della società e lo sviluppo di nuove o recenti discipline come la geomedicina.

Il lavoro di laboratorio è focalizzato principalmente sull’analisi e la comprensione della cartografia come strumento di base per la lettura e l’interpretazione del paesaggio e per tutti gli studi di geoscienze e di tipo ambientale. Sono anche presentate le nuove tecnologie di mappatura digitale per mezzo di Sistemi Informativi Territoriali. Sono illustrati e discussi insieme ai ragazzi i principali tipi di cartografia geografica e topografica a diversa scala, ma soprattutto le carte geologiche e geotematiche con le relative legende, facendo in modo che imparino a leggere la distribuzione dei diversi tipi di roccia sul territorio ma anche che comprendano il concetto di scala dello spazio. Sono svolti, insieme ai ragazzi, esercizi di analisi di base e d’interpretazione delle carte topografiche e delle carte geologiche. Questi esercizi

stimolano sempre ampie discussioni sull'uso e l'applicazione delle carte geologiche e geotematiche, a diverse scale, a diverse problematiche e tematiche delle geoscienze, da quelle più locali e/o più applicative (e con maggiori implicazioni nella vita quotidiana dei ragazzi) a quelle più generali e/o più scientifiche.

Sempre in laboratorio sono analizzati e discussi campioni di rocce diverse scelti fra quelli più rappresentativi del territorio di appartenenza dei ragazzi o dell'Abruzzo in generale. Dopo la comprensione dei tipi di roccia analizzati a ciascuno è assegnato un campione e viene quindi discussa l'età delle rocce creando una vera e propria "colonna stratigrafica umana" mettendo fisicamente in fila i ragazzi "dalla roccia più antica alla più recente". Ciò consente a nostro avviso di rafforzare il concetto della lunghezza dell'evoluzione del paesaggio e in generale del "tempo geologico" e della diversa scala temporale dei processi geologici.

3.2 ESCURSIONI

Per una migliore comprensione dei paesaggi noti ai ragazzi dal punto di vista geologico e della peculiarità delle geoscienze all'interno delle altre discipline scientifiche, gli studenti coinvolti nel progetto sono stati "portati fuori dalle aule" e coinvolti in escursioni geologiche sul terreno. In queste escursioni i ragazzi sono "Geologi per un giorno" e lavorano analizzando il loro paesaggio con gli strumenti di campo della geologia, come carte topografiche, martello, bussola, lente, ma soprattutto "piedi" e "occhi".

Ad oggi, diverse escursioni sono state realizzate nella Regione Abruzzo e in aree limitrofe. Nelle aree montane le escursioni si sono svolte: nella Marsica, illustrando i resti di antichi paesaggi e paleogeografie mesozoiche, confrontati con la recente evoluzione di creste e valli; nel bacino di Sulmona, descrivendo l'evoluzione di un paesaggio del Quaternario controllato della tettonica e dalle fluttuazioni climatiche; nell'area del Fiume Aventino, anche sulla base di una specifica carta geoturistica.

Nella zona pedemontana-collinare le escursioni si sono svolte: nell'entroterra pescarese (Penne) e nella città di Chieti, per illustrare la storia geomorfologica del Pleistocene, a partire dall'emersione della zona dall'ambiente marino fino alle recenti dinamiche di fiumi e delle frane e alla relativa pericolosità geomorfologica ad esse connessa.

Nella zona costiera e nelle isole, le escursioni sono organizzate: in Abruzzo nella costa alta e rocciosa presente



Figure 4. Escursione geologica alle Isole Tremiti; i ragazzi in escursione osservano le rocce e le forme discutendo l'evoluzione del paesaggio

a sud, illustrando l'evoluzione geologica del paesaggio costiero relativa all'interazione tra il sollevamento regionale del Pleistocene, che ha portato all'emersione dell'area, e i processi marini, che hanno modellato le falesie, e descrivendo le recenti dinamiche di spiagge e falesie, attive e inattive, legate a processi marini ed eolici e a frane; nelle Isole Tremiti (al largo della costa meridionale abruzzese, ma in realtà nella Regione Puglia), per illustrare la complessa interazione tra processi marini, carsici, fluviali di alterazione superficiale nell'evoluzione geomorfologica di un'area che, nel Pleistocene, è stata alternativamente collegata e non alla costa italiana (in particolare garganica) a causa delle fluttuazioni del livello marino e della tettonica (Fig. 4).

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'area abruzzese, in collaborazione e su richiesta di istituti scolastici, associazioni ed Enti parco e in collegamento con i progetti dell'Università "G. D'Annunzio" di Chieti Pescara, sono state svolte negli ultimi quindici anni

attività di divulgazione delle geoscienze rivolte a bambini e ragazzi dalla scuola primaria e secondaria ma anche ad adulti e anziani con diverso livello di istruzione e tipo di formazione. Le basi fondamentali di tali attività sono il collegamento della geologia con la vita, i luoghi e gli ambienti quotidiani e il linguaggio che deve essere scientificamente corretto ma "penetrante" e basato sul gioco e l'interazione. I principali obiettivi alla base delle attività di divulgazione svolte sono:

- 1) dare la possibilità ai partecipanti di imparare a guardare e conoscere il loro territorio con occhi nuovi e con una maggiore consapevolezza delle dinamiche naturali;
- 2) aumentare la sensibilità dei giovani verso i diversi rami del sapere tecnico e scientifico;
- 3) nella sfera ancor più ampia, fornire un contributo per la comprensione del ruolo delle geoscienze per la Società.
- 4) non essere geologi ma usare intelligentemente la geologia nella vita quotidiana, conoscendo e rispettando le risorse e contribuendo consapevolmente alla mitigazione dei rischi.

Con questi obiettivi e grazie alla combinazione di un linguaggio scientifico e semplice e di una geologia legata alla quotidianità, le attività stanno ottenendo risultati positivi e un ottimo riscontro anche in termini numerici coinvolgendo oltre 9000 persone, in particolare a livello scolastico e universitario ma anche nell'ambito delle aree protette e dei parchi (Fig. 5).

Le attività svolte nelle scuole primarie hanno visto il coinvolgimento di oltre 1000 bambini in lezioni, attività di laboratorio ed escursioni sul campo con giochi ed esperimenti.

Le attività delle scuole secondarie hanno visto il coinvolgimento di circa 3000 ragazzi, di cui oltre 2000 nell'ambito del Progetto OTS (Geologia), per la maggior parte in escursioni sul tema "geologo per un giorno" e in attività di laboratorio, ma anche in lezioni e giochi on-line interattivi. Ulteriore risultato di tale coinvolgimento è la crescita del numero di iscritti al Corso di laurea in Scienze geologiche dell'Università "G. D'Annunzio" di Chieti Pescara che a seguito di tali attività, con un ritardo di 1-2 anni sono passati da una media di circa 60 matricole a una media di oltre 100. Questo fornisce un riscontro dell'incremento della sensibilità sulle tematiche delle geoscienze come risultato della divulgazione nelle scuole secondarie.

La diminuzione, invece, delle attività scolastiche o la totale assenza per mancanza di fondi dal 2011-2012 al 2020-2021, nell'Ateneo "G. d'Annunzio" Chieti Pescara, ha portato ad una brusca diminuzione di iscritti. Il confronto con gli iscritti coinvolti tramite un ampio progetto di orientamento delle lauree tecnico scientifiche mostra invece come il coinvolgimento delle scuole in maniera condivisa e su progetti di ampio respiro ha portato a un aumento degli iscritti molto più significativo nell'Ateneo "G. d'Annunzio" Chieti Pescara (circa + 97% dal 2008-2009 al 2011-2012) di quanto avvenuto a livello nazionale (circa + 45% dal 2008-2009 al 2012-2013).

Altre attività sono state anche svolte per aggiornamento di docenti, di geologi professionisti e di professionisti non geologi (complessivamente circa 1500 persone) o ancora per attività di geoturismo in aree parco sia per turisti che per tecnici che per popolazione locale (complessivamente oltre 2500 persone).

In termini di prospettive future della comunicazione della scienza e di sviluppo di una conoscenza dei processi naturali, che porta a una corretta sensibilità e a una coscienza dei rischi e delle risorse,

emerge un dato fortemente positivo: il maggior numero di persone partecipanti alle attività di divulgazione delle geoscienze sono bambini e ragazzi (Fig. 5) e questo è ancor più vero in termini di interesse e coinvolgimento attivo, anche se questo non è facilmente misurabile in un grafico. Questo lascia ben sperare in termini di sostenibilità del futuro nella prospettiva dello sviluppo di una corretta sensibilità verso le geoscienze e i processi naturali e più in generale della possibilità di uno sviluppo sostenibile del territorio e di tutto il pianeta Terra.

L'UNESCO aveva dichiarato il triennio 2007-2009 Anno Internazio-

nale del Pianeta Terra e nell'art. 1 dice di "Ridurre per la società i fattori di rischio naturali ed antropici": *pochi o nessuno conoscono o hanno divulgato questo.*

Il dato più importante che dobbiamo divulgare, è quello che il nostro Pianeta e l'Universo siano sistemi complessi nei quali, circolano continuamente informazioni. Scambio di informazione significa comunicazione, trasmissione di segnali, di messaggi.

Questo deve essere di esempio per gli uomini che devono socializzare e scambiarsi informazioni, conoscenza, diventando in tal modo "cittadini del mondo".

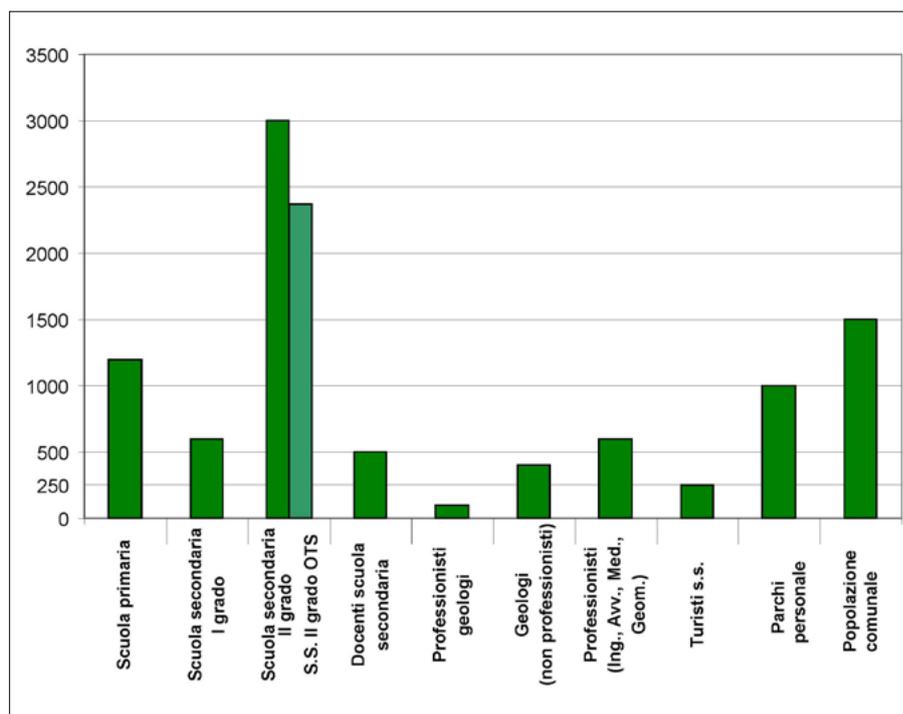


Figure 5. Istogramma del numero di persone coinvolte nelle attività di divulgazione delle Geoscienze nell'area abruzzese nell'ambito delle attività dell'Università G. D'Annunzio di Chieti Pescara

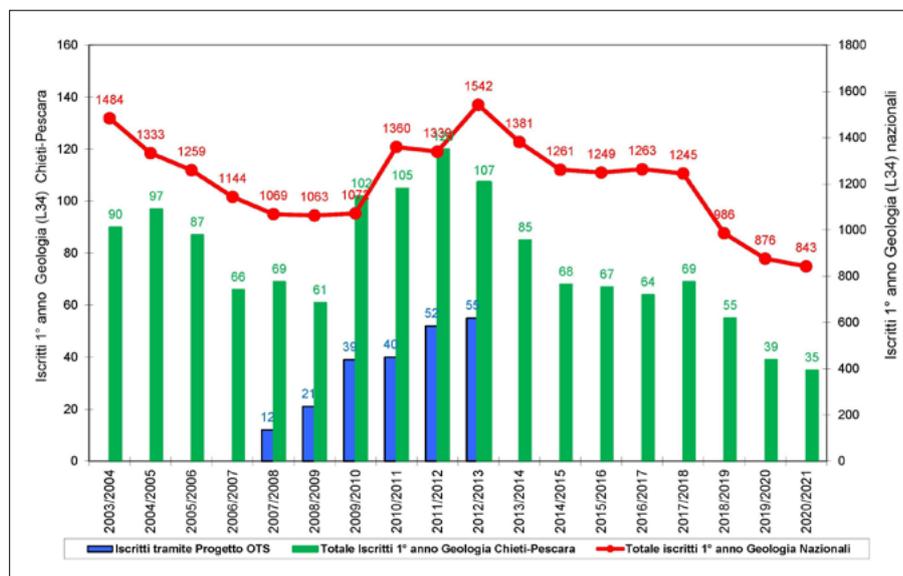


Figure 6. Grafico della distribuzione degli studenti iscritti al 1° anno nel Corso di Laurea L34 a livello nazionale e nell'Ateneo "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara. In rosso la distribuzione degli iscritti L34 al 1° anno a livello nazionale (scala di destra). In verde la distribuzione degli iscritti L34 al 1° anno nell'Ateneo "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara. In blu gli iscritti coinvolti tramite il progetto di orientamento di Ateneo OTS "Osservatorio Tecnico Scientifico" (scala di sinistra)



Figure 7. Lago di Scanno: lezione geologica sul terreno. I ragazzi ed i docenti analizzano il paesaggio discutendo di risorse e rischi

RINGRAZIAMENTI

Dedicato ad Antonio Praturlon. Professore con la P maiuscola, amico, geologo e maestro di vita.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE (1991), *Earth Science Education for the 21st Century*, Alexandria VA, National Center for Earth Science Education, American Geological Institute.
- CNG - CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI (<http://cngeologi.it/>).
- CRESCENTI U. (1998), *Il dissesto idrogeologico in Italia*, Chieti, Workshop Università "G. D'Annunzio" Chieti-Pescara.
- DRAMIS F. (2009), *Dal sottosuolo alla superficie: la nuova formazione professionale del Geologo*. *Geoitalia*, 26, pp. 3.
- GOULD S. J. (1989), *La freccia del tempo, il ciclo del tempo*. Mito e metafora nella scoperta del tempo geologico. Milano, Feltrinelli Editore.
- GRAZIANO G. V. (2012), *Professional ethics: know-how, deontological code and legality*. *Annals of Geophysics*, 55, n. 3, pp. 371-373.
- IPPOLITO F. (1993), *Ambiente Terra - I fattori naturali della sua evoluzione*. Le Scienze Monografie.
- ISPRA (2008), *L'anno Internazionale del Pianeta Terra*, (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/anno-internazionale-del-pianeta-terra/l'anno-internazionale-del-pianeta-terra>).
- LUCCHESI S., GIARDINO M. (2012), *The role of geoscientists in human progress*. *Annals of Geophysics*, 55, n. 3, pp. 355-359.
- MATTEUCCI R., GOSSO G., PEPPOLONI S., PIACENTE S., WASOWSKI J. (2012), *A Hippocratic Oath for geologists?* *Annals of Geophysics*, 55, n. 3, pp. 365-369.
- MICCADEI E. (2009), *Il Pianeta di Geo. La geologia per i più piccoli (2ª edizione)*. Amaltea Editore, Raiano (L'Aquila).
- MICCADEI E., AGNELLI A., ESPOSITO G. (2010), *Il terremoto de L'Aquila*. *Notiziario dell'Associazione Italiana di Geologia e Turismo*, n. 3, pp. 7-8.
- MICCADEI E., MISCIA S., D'ALESSANDRO L., IMPICCIATORE M., PIACENTINI T., PREZIUOSO M., ESPOSITO G. (2010), *Geoscience for the Challenge of the Technical and Scientific knowledge at the University "G. D'Annunzio" of Chieti-Pescara*. *Rendiconti Online Società Geologica Italiana*, n. 01, pp. 705-706.
- MICCADEI E., PIACENTINI T., ESPOSITO G. (2011), *Geomorphosites and geotourism in the parks of the Abruzzo region (Central Italy)*. *Geoheritage*, 3 (3), pp. 233-251.
- MICCADEI E., PIACENTINI T. (2013), *The role of knowledge in the prevention of natural hazard and related risks*. *Italian Journal of Planning Practice*, 3, n. 1, pp. 46-48.
- MICCADEI E. (2014), *Per una Geologia Sociale*. In: Stoppa M. Ed. *Introduzione alla didattica delle geoscienze, problemi e prospettive*. Collana "Geografie" Direttore Battisti G. pp. 15-25. Casa editrice Le Lettere, Firenze
- MICCADEI E., PIACENTINI T. (2014), *La didattica e la divulgazione delle Geoscienze nelle attività dell'Università degli Studi G. d'annunzio di Chieti-Pescara*. In: Stoppa M. Ed. *Introduzione alla didattica delle Geoscienze, problemi e prospettive*. Collana "Geografie"
- MICCADEI E. (2015), *La geologia non è la "cenerentola" delle scienze*. *Scienze e Ricerche*, n. 16, 1° novembre 2015, pp. 7-10.
- MICCADEI E., PIACENTINI T., MANCINELLI V. (2016), *Nuove applicazioni della ricerca scientifica tra didattica e nuove opportunità di lavoro: quindici anni di Geologia e Turismo in Regione Abruzzo*. *Scienze e Ricerche*, 22, pp. 37-45.
- OCCHIPINTI S. (2011), *Scienze della Terra e didattica: verticalità, didattica laboratoriale e contesto di senso*. *Geoitalia*, 36, pp. 42-43.
- PANIZZA M. (2010), *La via GeoAlpina*. In collaborazione con EuroGeoSurveyes, the Geological Surveys of Europe, Tipolitografia CSR Roma.
- PANIZZA M., PIACENTE S. (2003), *Geomorfologia culturale*, Bologna, Pitagora.
- PEPPOLONI S. (2012) *Ethical and cultural value of the Earth sciences. Interview with Prof. Giulio Giorello*. *Annals of Geophysics*, 55, n. 3, pp. 343-346.
- PEPPOLONI S., DI CAPUA G. (2012), *Geoethics and geological culture: awareness, responsibility, and challenges*. *Annals of Geophysics*, 55, n. 3, pp. 335-341.
- PIACENTE S. (2013), *Geoetica: il valore del territorio tra scienza, politica e informazione*.
- PIACENTE S. (1999), *Sensibilità geologica e consenso sociale*. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, pp. 451-454.
- PIEVANI T. (2012), *Geoethics and philosophy of Earth sciences: the role of geophysical factors in human evolution*. *Annals of Geophysics*, 55, n. 3, pp. 349-353.
- PRATURLON A. (2011), *Un discorso epistemologico sulla complessità nelle Scienze della Terra*. *Geoitalia*, 36, pp. 5-25.
- RICCI LUCCHI F. (1996), *La Scienza di Gaia. Ambiente e sistemi naturali visti da un geologo*, Bologna, Zanichelli Editore.
- RODA C. (2011), *Geoetica*. *Geoitalia*, 34, pp. 3.

La pericolosità sismica in Italia: stato dell'arte

Fabio Sabetta

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi Roma Tre, Roma, Italy
E-mail: fabio.sabetta@uniroma3.it

Seismic hazard in Italy: state of the art

Parole chiave: pericolosità sismica, rischio sismico, previsione e prevenzione, approccio probabilistico e deterministico, mappe di pericolosità, amplificazione locale del terreno

Key words: seismic hazard, seismic risk, prediction and prevention, probabilistic and deterministic approach, hazard maps, site amplification

1. IL PROBLEMA SISMICO IN ITALIA

Tra i Paesi sottoposti a calamità "naturali", l'Italia, è purtroppo una delle più coinvolte, a causa dei frequenti fenomeni che hanno colpito e continuano a colpire il suo territorio. Dalle eruzioni vulcaniche ai terremoti, alle frane, alle inondazioni, è una sequenza di disastri che hanno causato distruzioni e vittime in molte parti del territorio, con costi sociali ed economici molto elevati per il Paese. L'Italia è infatti un paese geologicamente giovane che non ha ancora raggiunto il suo equilibrio: frane, alluvioni, terremoti, eruzioni vulcaniche sono eventi naturali che troppo spesso si trasformano in disastri a causa delle attività umane che disturbano l'equilibrio naturale: degrado di pascoli e boschi, abbandono di zone montane, estrazione di materiali inerti per le costruzioni, occupazione di aree golenali dei fiumi, cementificazione di vaste aree di terreno, ecc.

In Italia la popolazione è passata da 13 milioni nel 1700, per lo più concentrati nelle aree rurali, a 35 milioni alla fine del XIX secolo, quando iniziò l'urbanizzazione. Dal 1860 ad oggi la popolazione è quasi raddoppiata (59,6 milioni stimati nel 2021) e ha portato sempre più all'espropriazione e all'urbanizzazione di gran parte dei terreni agricoli e delle foreste. Inevitabilmen-

te, in questa situazione, l'impatto delle catastrofi naturali nel corso degli anni è aumentato, non solo in Italia, ma in tutti i paesi industrializzati. La fragilità e la vulnerabilità del territorio hanno interagito con l'ambiente antropico determinando uno squilibrio che troppo spesso porta a esiti tragici.

I terremoti sono fenomeni geologici, associati a una rottura della parte esterna solida della terra (crosta o litosfera), che innescano spostamenti relativi lungo grandi fratture della litosfera (faglie attive) e sono in larga misura imprevedibili. Non è ancora possibile prevedere, in modo deterministico, quando e dove esattamente accadrà il prossimo terremoto, o quanto grande sarà la sua magnitudo. Tuttavia, le aree in cui si sono verificati eventi sismici in passato e dove esistono faglie attive, continuano ad essere quelle che saranno più probabilmente colpite da futuri terremoti. In Italia tali zone si trovano essenzialmente nella parte centro-meridionale della penisola, lungo la dorsale appenninica (Val di Magra, Mugello, Valle del Tevere, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Benevento, Irpinia), in Calabria, Sicilia orientale, e in alcune zone settentrionali, tra cui il Friuli e parte della Liguria occidentale (Sabetta 2012).

Il terremoto, per la sua gravità e il suo vasto impatto territoriale, è senza

dubbio l'evento più disastroso di origine naturale. Negli ultimi 150 anni in Italia il tasso medio di mortalità dovuto ai terremoti è stato circa 30 volte superiore a quello dovuto alle frane (Fig. 1). Questa cifra è ancora più elevata relativamente ad altri eventi naturali. L'Italia è infatti uno dei Paesi con la più alta attività sismica.

La frequenza degli eventi che hanno colpito il suo territorio e l'intensità che alcuni di essi hanno storicamente raggiunto, hanno determinato un significativo impatto sociale ed economico. Alcuni numeri aiutano a delineare la portata di ciò che possiamo definire il problema sismico in Italia:

- a partire dall'anno 1000, secondo il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15, si sono verificati 4.860 eventi, 245 dei quali di forte intensità ($I_0 \geq VIII$ grado scala Mercalli)
- negli ultimi 50 anni i terremoti hanno causato danni per oltre 200 miliardi di euro (inclusa la sequenza del 2016 in Italia centrale)
- negli ultimi 150 anni i terremoti hanno causato più di 200 mila vittime (delle quali 85000 dovute al solo terremoto di Messina del 1908) e distrutto una parte consistente del patrimonio storico, artistico e culturale il cui valore non è quantificabile
- il rapporto tra i danni prodotti dai terremoti in Italia e l'energia associata agli stessi è molto più alto rispetto a quello di altri paesi ad elevata sismicità quali la California o il Giappone
- il motivo di queste forti differenze dipende dall'elevato livello di vulnerabilità del patrimonio edilizio italiano. Ciò è dovuto alla presenza di un gran numero di edifici storici o di antica costruzione, al degrado di estesi quartieri nelle grandi aree metropolitane e all'edilizia illegale particolarmente diffusa nel centro-sud, proprio dove la pericolosità è maggiore.

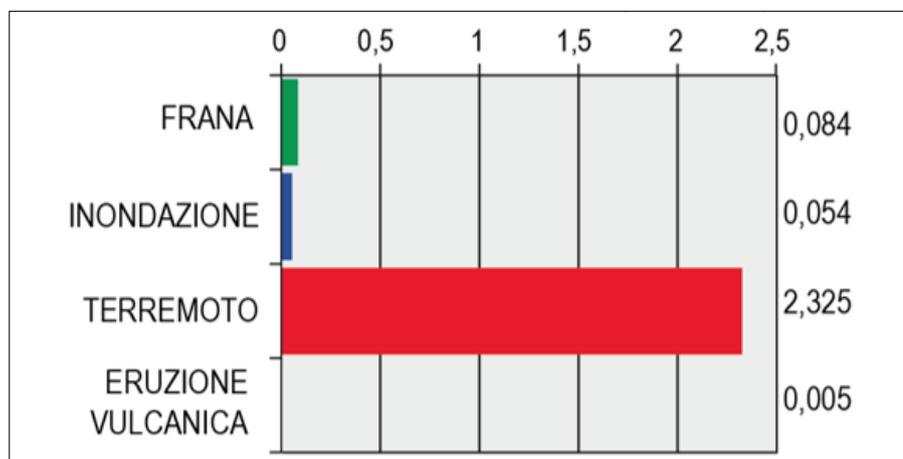


Figura 1- Tasso medio di mortalità per anno per 100.000 persone dovuto a eventi naturali verificatisi in Italia tra il 1860 e il 2010 (CNR-IRPI)

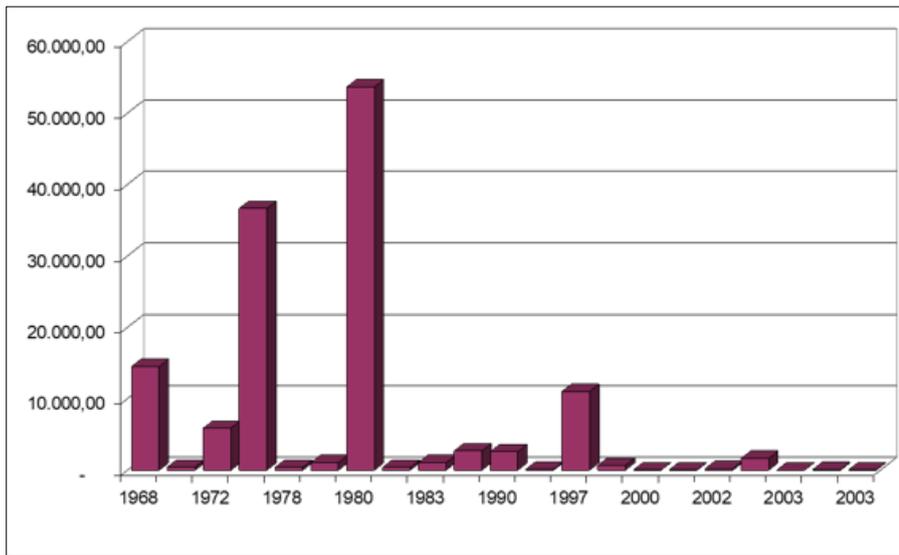


Figura 2. Spese (in milioni di euro aggiornati al 2005) sostenute dal Governo italiano per interventi dopo i terremoti più distruttivi della seconda metà del secolo scorso

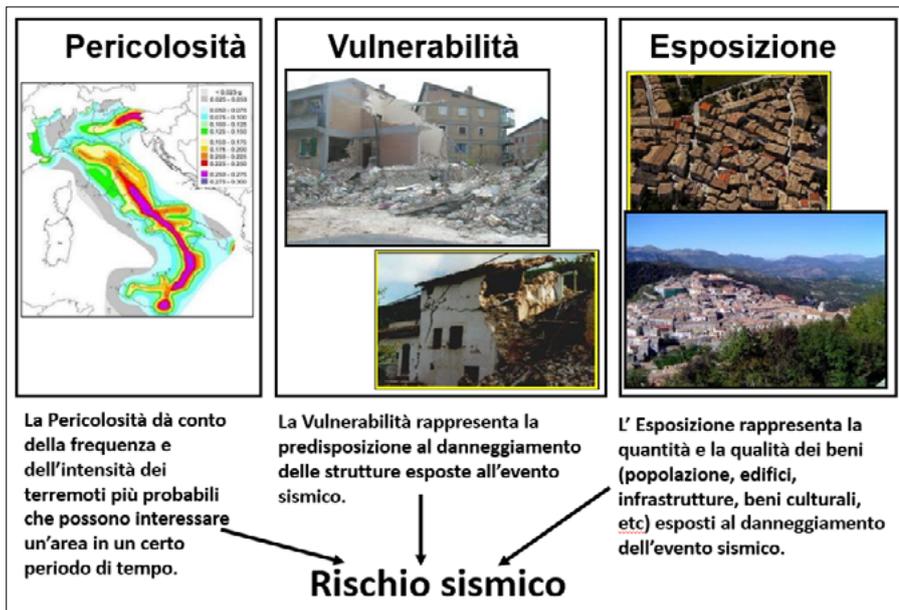


Figura 3. Elementi costitutivi del rischio sismico

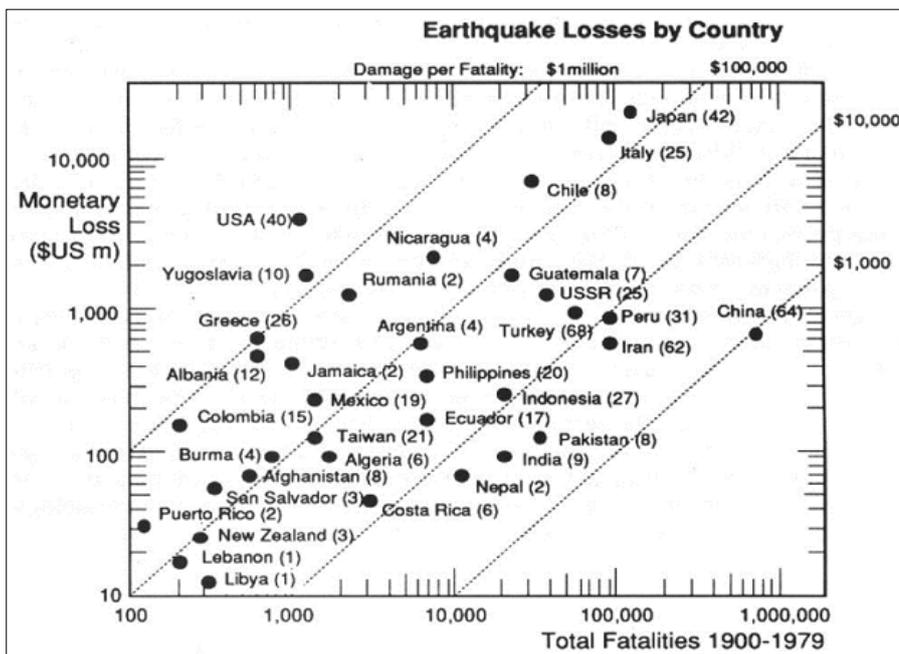


Figura 4. Rapporto tra le perdite economiche e il numero delle vittime in diversi paesi del mondo nel periodo 1900-1979 (i numeri in parentesi si riferiscono al numero di terremoti presi in considerazione). Da Coburn e Spence (1992)

Nella Fig. 2 sono riportate le spese (in milioni di euro aggiornati all'anno 2005) sostenute dal Governo italiano per interventi, risanamenti e ricostruzioni dopo i terremoti più distruttivi del secolo scorso, a partire dal 1968. Gli eventi che hanno prodotto i danni maggiori, superiori a 10 miliardi di euro, sono: Belice 1968, Friuli 1976, Irpinia 1980, Umbria-Marche 1997. Gli ultimi disastrosi terremoti di questo secolo, ovvero quelli di aprile 2009 (L'Aquila), maggio 2012 (Emilia), agosto-ottobre 2016 (centro Italia) non sono inclusi nel grafico. Una stima preliminare, li quota complessivamente circa 73 miliardi di euro. La spesa globale in 50 anni (1968-2018) ha raggiunto 211 miliardi di euro, per un valore di circa 4 miliardi di euro spesi, in media, ogni anno dal Governo italiano per il solo costo dei danni diretti causati dai terremoti. (Dolce, 2018).

2. RISCHIO SISMICO

Secondo lo standard internazionale relativo alla gestione dei rischi ISO 31010, i rischi sono la combinazione delle conseguenze di un evento e della probabilità del suo verificarsi. Le conseguenze sono gli effetti negativi di una catastrofe espressi in termini di impatti umani, impatti economici e ambientali e impatti politico/sociali (Sabetta, 2020). Più specificamente, come illustrato nella Fig. 3, il rischio sismico può essere rappresentato dalla convoluzione di tre elementi: pericolosità sismica, vulnerabilità, esposizione.

È facile capire che tutti e tre gli elementi sono essenziali per una valutazione del rischio sismico: un forte terremoto in un deserto o in fondo a un oceano non provoca danni (pericolosità elevata, vulnerabilità zero); il crollo di un edificio vuoto non causa vittime e i danni sono limitati a quelli strutturali (alta pericolosità, alta vulnerabilità, zero esposizione di persone). Il rischio sismico è in aumento nel mondo e ciò è dovuto principalmente a un aumento dell'esposizione (Bilham, 2009). Circa 2 miliardi di persone vivono oggi in aree esposte al rischio sismico. La popolazione totale delle "mega-città" (popolazione superiore a 2 milioni) situate in zone ad alto rischio sismico è passata da 153 milioni nel 1975 a più di 300 milioni oggi, con l'80% delle persone a rischio che vivono nei paesi in via di sviluppo. Nella Fig. 4 è mostrato il rapporto tra le perdite economiche e il numero delle vittime in diversi paesi del mondo (Coburn e Spence, 1992). Qualsiasi confronto dei terremoti nei paesi in via di

sviluppo con quelli dei paesi sviluppati, rivela immediatamente l'influenza critica della vulnerabilità e dell'esposizione nel determinare il rischio sismico.

Considerando che non è possibile evitare il verificarsi di terremoti (pericolosità) né eliminare la presenza dell'uomo (esposizione), l'unico modo per mitigare il rischio sismico è sviluppare adeguate politiche di riduzione della vulnerabilità e del rischio (Sabetta, 2020)

3. POLITICHE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Le politiche di riduzione del rischio (Sabetta, 2019) possono essere suddivise in tre diverse fasi (Fig. 5):

- *Fase I - Pre-disastro, prevenzione*
 1. Aggiornamento delle conoscenze: pericolosità e normativa sismica.
 2. Valutazione del rischio sismico per la definizione di una scala di priorità degli interventi.
 3. Incentivi fiscali e finanziamenti pubblici per ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti, delle infrastrutture e delle *lifelines* attraverso il miglioramento e l'adeguamento sismico.
 4. Informazione della popolazione e istruzione scolastica.
 5. Formazione tecnica degli esperti.
- *Fase II - Risposta*
 1. Raccolta rapida di informazioni sull'evento - scenari di danno (dati sismici, informazioni socioeconomiche sull'area colpita, valutazione preliminare dei danni attesi).
 2. Gestione dell'emergenza e pronto intervento- S.A.R. (Search And Rescue, ricerca e salvataggio delle persone intrappolate nelle macerie).
 3. Assistenza e alloggio temporaneo della popolazione.
- *Fase III - Post-disastro*
 1. Miglioramento delle conoscenze e attività di ricerca.
 2. Valutazione del danno e dell'agibilità delle costruzioni al fine di garantire un rapido rientro degli abitanti.
 3. Microzonazione sismica per la valutazione delle aree instabili e stabili ma soggette ad amplificazione del moto del terreno.
 4. Pianificazione della ricostruzione.

4. PREVISIONE E PREVENZIONE

La Fase I relativa alla prevenzione costituisce l'aspetto prioritario della ri-



Figura 5. Fasi delle politiche di riduzione del rischio

<http://healthsysteminfo.blogspot.com/2010/12/disaster-management-in-general.html>

duzione del rischio (il costo dei danni e della ricostruzione di un'area colpita da un terremoto può essere fino a 5 volte maggiore di quello relativo alla messa in sicurezza degli edifici della stessa area; anche in questo caso prevenire è meglio che curare). Il problema principale è quello di ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti; considerata l'ingente quantità di risorse economiche necessarie per realizzare interventi di miglioramento sismico a scala nazionale (stimate nell'ordine di 500-900 miliardi di euro), è indispensabile disporre di una adeguata valutazione del rischio che consenta di stabilire una scala di priorità.

Dopo le speranze suscitate da alcune fortunate previsioni negli anni '70-'80 (terremoti di Hangshen China 1975, Parkfield U.S. 1988) studi recenti (INGV 2015) relativi ai possibili precursori sismici (scosse premonitrici, variazione di velocità delle onde sismiche, emissione di gas radon dalle rocce, emissioni elettromagnetiche, etc.) hanno mostrato che non vi è una correlazione attendibile e generalizzabile col verificarsi dei terremoti. La comunità scientifica è arrivata alla conclusione che, allo stato attuale delle conoscenze, i terremoti non sono prevedibili in maniera deterministica (Sabetta, 2020).

Possono invece essere predetti in senso probabilistico ma probabilità non significa mai certezza e bisogna arrendersi al fatto che le incertezze in sismologia sono particolarmente elevate (ad es. un fattore 2 nel periodo di ritorno di un terremoto o nella stima dell'accelerazione del terreno per una data magnitudo e distanza).

Va ricordato che i terremoti sono fenomeni che avvengono a 10-30 km di profondità (quelli cosiddetti superficiali) impedendo qualsiasi tipo di misurazione in loco. In particolare, in regioni sismotettoniche complesse come l'Italia, ci sono ancora molte faglie attive sconosciute alla comunità dei geologi proprio perché non hanno una evidenza in superficie. Infine, in alcuni casi i terremoti sono preceduti da scosse premonitrici (L'Aquila 2009), in altri invece la scossa distruttiva avviene all'improvviso senza nessun preavviso (Amatrice 2016).

Infine, quale sarebbe l'effettiva utilità della previsione?

Anche se fossimo in grado di predire ora, luogo, e intensità di un terremoto:

- Potremmo salvare delle vite ma i danni agli edifici, infrastrutture e patrimonio artistico non verrebbero evitati
- Decidere di diramare un allarme presenta dei rischi: inevitabilmente ci sarebbero anche falsi allarmi che diminuirebbero la fiducia nelle previsioni
- Una volta effettuata l'evacuazione di un'area quando e come si può stabilire che l'allarme è cessato e che la popolazione può rientrare in casa?

Ne consegue che l'unica misura realmente efficace è la PREVENZIONE: miglioramento e adeguamento antisismico degli edifici, informazione alla popolazione, regole di comportamento, efficace gestione dell'emergenza.

5. PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica deve sempre essere vista come parte integrante della

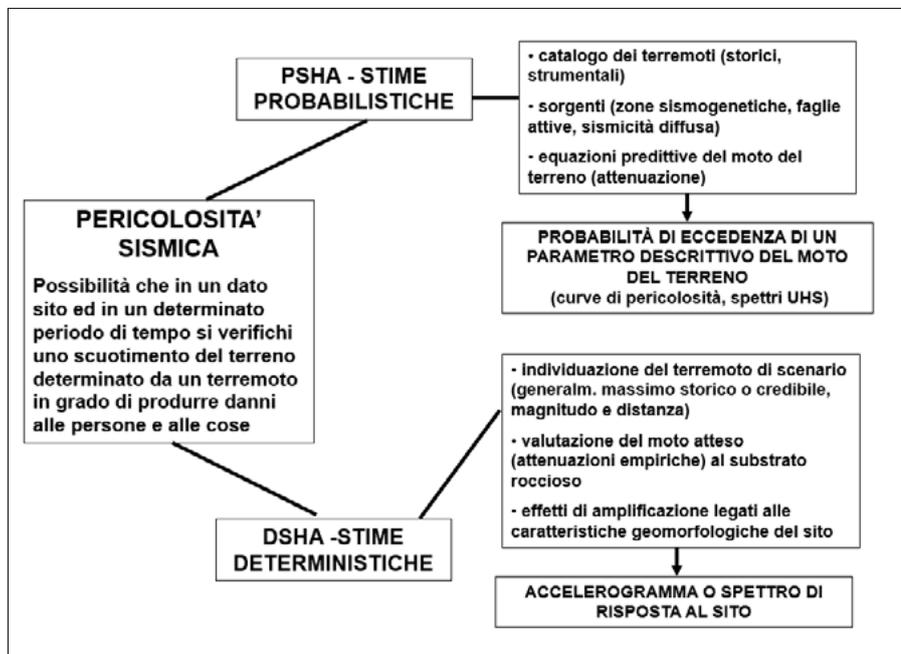


Figura 6 – Stime probabilistiche e deterministiche della pericolosità (Sabetta, 2020)

valutazione del rischio, altrimenti non è altro che un interessante divertimento accademico. Si considerino gli esempi seguenti:

- Valutazione delle sollecitazioni orizzontali da considerare nella progettazione antisismica di edifici ad uso abitativo in accordo con la normativa.
- Valutazione della sicurezza sismica di una centrale nucleare.
- Formulazione di un piano di emergenza per una grande città in caso di forte terremoto.
- Valutazione della capacità di un ospedale di continuare a operare e fornire assistenza medica a seguito di un forte terremoto nella città in cui si trova.
- Progettazione del consolidamento di un monumento in una zona sismica.

Non esiste un unico approccio adatto a tutte queste situazioni e la valutazione della pericolosità differisce significativamente per livello di approfondimento a seconda del caso. È ovvio, ad esempio, che l'analisi necessaria per prevenire un indebito rilascio radioattivo da un deposito sotterraneo durante i suoi 10.000 anni di vita è molto diversa dall'analisi che si richiede per prevenire il crollo di un edificio di 4 piani durante i suoi 50 anni di vita. In ogni progetto ingegneristico, l'approccio adottato dovrebbe essere determinato dalle caratteristiche sismotettoniche e dal livello di sismicità dell'area, dalla natura e dal costo del progetto, dalle conseguenze di un collasso in caso di terremoto, dalle caratteristiche del proprietario, dai requisiti della legge e dalla percezione del pubblico (Sabetta, 2020).

Analogamente all'analisi di altri rischi naturali, la valutazione della pericolosità sismica è costituita da due elementi:

1. Caratterizzazione delle sorgenti (intensità e localizzazione dei terremoti)
2. Caratterizzazione dell'effetto che le sorgenti possono avere in un dato sito (accelerazione del terreno)

I due tipi principali di valutazione della pericolosità (Fig. 6) sono l'analisi deterministica (in inglese Deterministic Seismic Hazard Assessment abbreviato in DSHA) e quella probabilistica (in inglese Probabilistic Seismic Hazard Assessment abbreviato in PSHA).

Nei primi anni di sviluppo dell'ingegneria sismica, l'uso della DSHA era prevalente. Un'analisi DSHA comporta lo sviluppo di un particolare scenario sismico su cui si basa una valutazione della pericolosità del moto del terreno. Un semplice esempio di una valutazione deterministica potrebbe essere: la pericolosità sismica nel sito X è rappresentata da un'accelerazione del terreno di 4 m/s^2 risultante dal verificarsi di un terremoto di magnitudo 6.5 sulla faglia Y ad una distanza di 10 km.

Negli ultimi 20-30 anni l'uso di concetti probabilistici ha permesso di considerare esplicitamente nella valutazione della pericolosità le incertezze relative a magnitudo, ubicazione e tasso di occorrenza dei terremoti nonché quelle relative alla caratterizzazione del moto del terreno. La valutazione probabilistica della pericolosità sismica (PSHA) fornisce un quadro in cui queste incertezze possono essere identificate, quantificate e combinate in modo razionale. Un van-

taggio fondamentale della PSHA è che consente una stima della probabilità di occorrenza di un terremoto e del relativo moto del terreno (generalmente espresso come accelerazione massima o PGA, Peak Ground Acceleration). Ciò consente l'integrazione della PSHA nelle stime di rischio e il confronto quantitativo delle diverse opzioni nel processo decisionale. La Fig. 6 mostra le caratteristiche delle stime probabilistiche e deterministiche

La procedura di base della PSHA è stata definita per la prima volta da Cornell (1968) e, sebbene siano state apportate diverse modifiche al metodo, gli elementi di base rimangono invariati. Il metodo di Cornell è basato sulle seguenti ipotesi:

- i tempi di intercorrenza dei terremoti seguono la distribuzione statistica di un processo di Poisson (gli eventi sono indipendenti tra loro e stazionari nel tempo);
- la distribuzione statistica della magnitudo è di tipo esponenziale e vale una legge di ricorrenza del tipo $\log(N) = a - b * M$ fra numero N di terremoti e loro magnitudo M;
- la sismicità all'interno di ogni zona sismogenetica è uniforme.

La Fig. 7 riporta i passi principali della valutazione probabilistica della pericolosità secondo il metodo di Cornell. L'ipotesi alla base della distribuzione di Poisson (eventi indipendenti e sismicità stazionaria nel tempo) sembra in contrasto con le conoscenze sull'origine dei terremoti (lento accumulo di energia elastica su di una faglia fino a che si supera l'attrito interno alle rocce e si produce una dislocazione della faglia che genera le onde sismiche). Tuttavia, se si rimuovono dal catalogo gli eventi dipendenti (*foreshocks* e *aftershocks*) e si è in presenza non di una sola faglia ma di una molteplicità di sorgenti nella stessa zona (caso comune in Italia), il processo si "Poissonizza". Se abbiamo a che fare con una sola faglia, l'accumulo di energia elastica richiede del tempo (centinaia/migliaia di anni) e quindi la probabilità che si verifichi un terremoto è tanto maggiore quanto maggiore è il tempo trascorso dall'ultimo evento. Se invece vi sono più faglie vicine, il verificarsi di un terremoto su una di esse modifica il campo di sforzo nell'area circostante e può fungere da innesco per un terremoto su di un'altra faglia. In questo caso le cose si invertono e la probabilità di un terremoto è tanto maggiore quanto minore è il tempo trascorso dall'ultimo evento. Il modello di Poisson, in cui la

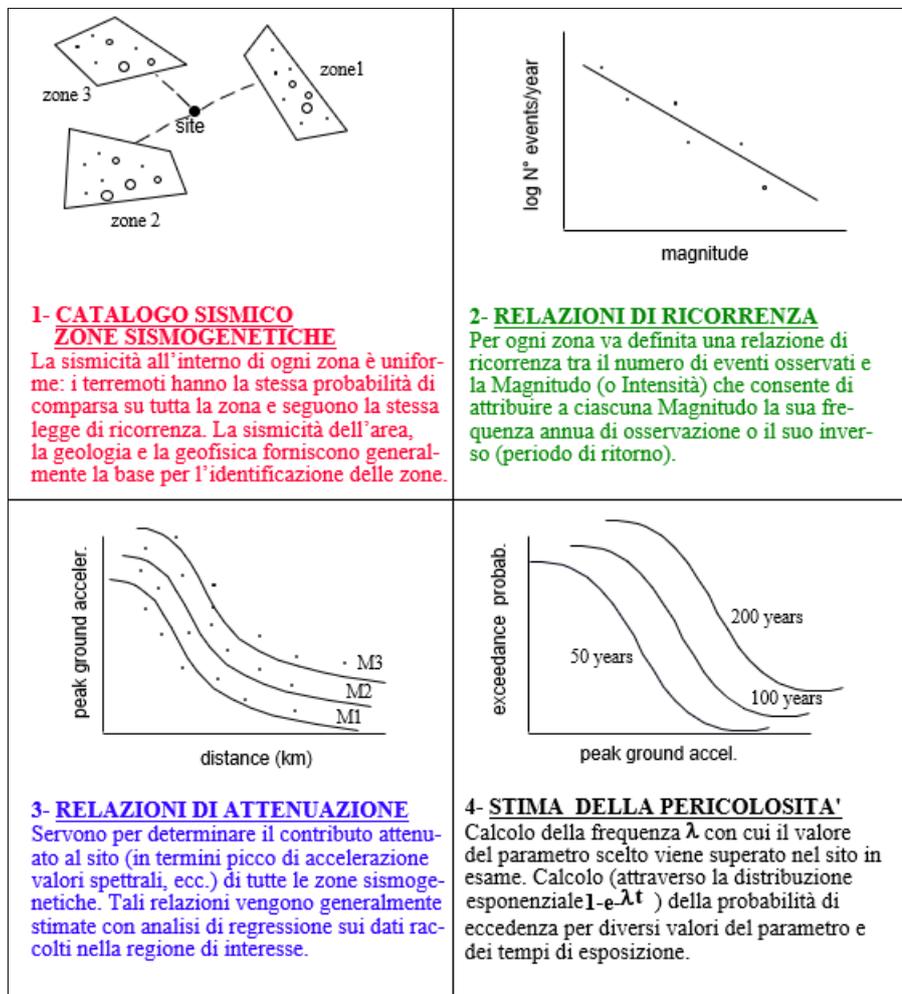


Figura 7. Passi principali della valutazione probabilistica della pericolosità secondo il metodo di Cornell (Sabetta 2020)

metro del moto del terreno (ad esempio l'accelerazione di picco del terreno - PGA) che abbia una certa probabilità di superamento in un dato periodo di tempo (tipicamente il 10% in 50 anni corrispondente a un periodo medio di ritorno del terremoto di 475 anni). La Tab. 1 fornisce la corrispondenza tra la probabilità di superamento p , il tempo di esposizione t e il periodo di ritorno T_r secondo la formula $p = 1 - e^{-t/T_r}$.

Una mappa di pericolosità viene realizzata mediante la valutazione della pericolosità in un gran numero di località all'interno dell'area in esame, per esempio ai nodi di una griglia che copre la regione di interesse. Vengono poi tracciate curve di livello che interpolano i punti di calcolo (curve di iso-accellerazione). La Fig. 8 mostra una mappa di pericolosità a scala mondiale dove si vedono le aree del globo caratterizzate dalla sismicità più elevata.

La Fig. 9 mostra il Modello di Pericolosità Sismica MPS04 (Stucchi *et al.*, 2004) che descrive la pericolosità attraverso il parametro dell'accelerazione orizzontale attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. Le zone a maggiore pericolosità sono quelle dell'arco alpino nord-orientale, della catena ap-

probabilità che si verifichi un terremoto è indipendente dal tempo, risulta intermedio tra questi due casi opposti.

6. MAPPE DI PERICOLOSITÀ

È pratica comune rappresentare i risultati di un PSHA in termini di mappe che mostrano il valore di un dato para-

Tabella 1. Relazione tra probabilità di superamento tempo di esposizione e periodo di ritorno

Probabilità di superamento	Tempo di esposizione (anni)	Periodo di ritorno (anni)
10%	5	47
10%	10	95
10%	50	475
2%	50	2475

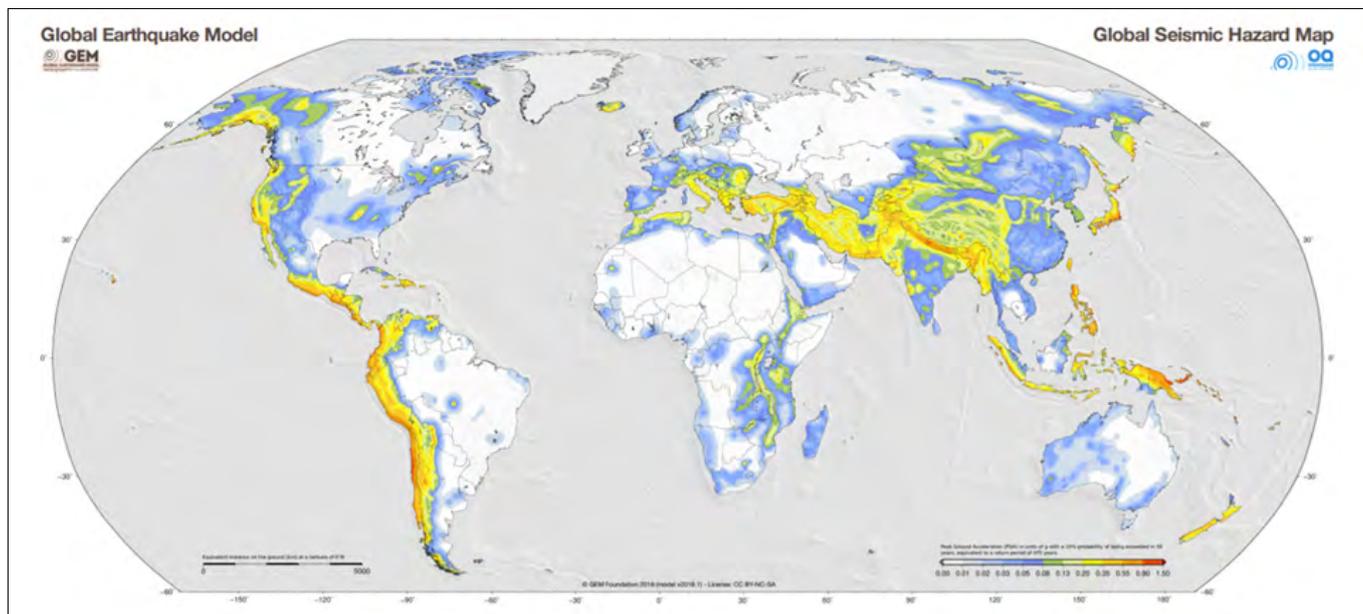


Figura 8 - Mappa di pericolosità realizzata dal progetto GEM (Pagani *et al.* 2018): Valori dell'accelerazione di picco del suolo (PGA espresso in termini di frazione dell'accelerazione gravitazionale g) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475anni)

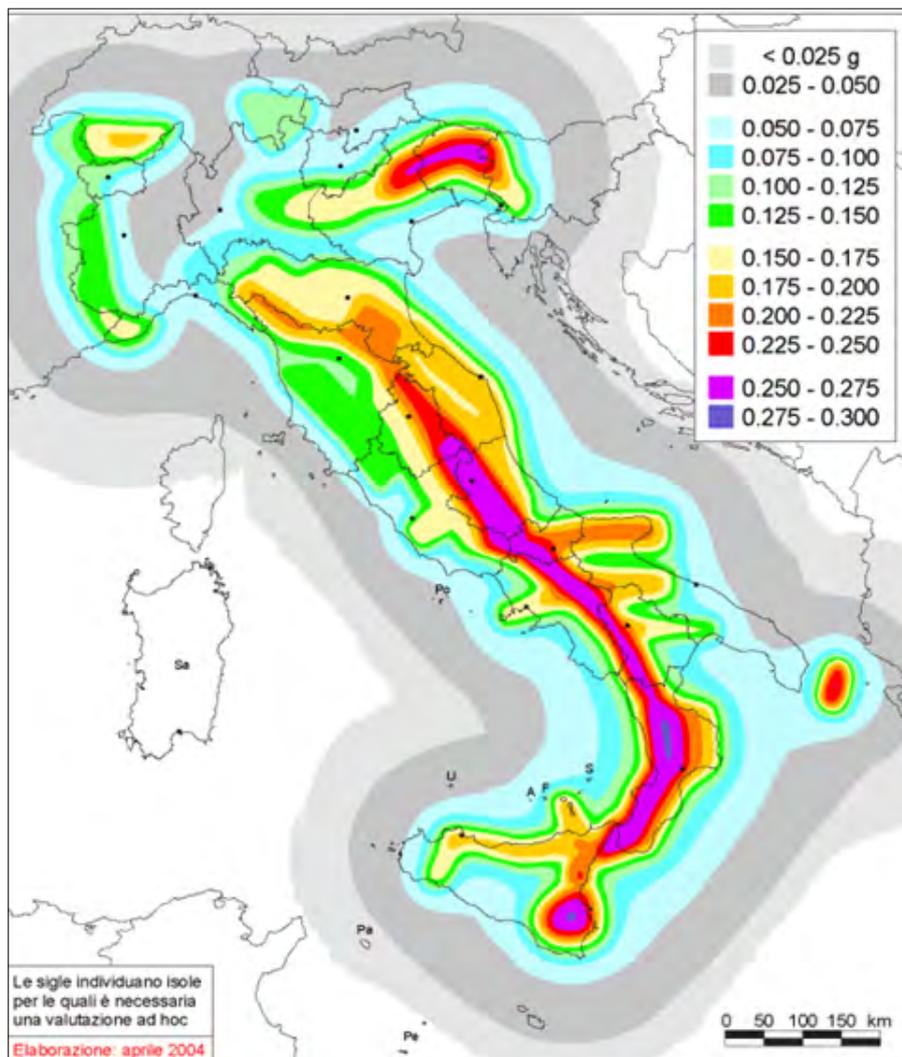


Figura 9. Mappa di pericolosità MPS04 realizzata da INGV nel 2004 alla base della normativa sismica vigente. Valori del PGA su suolo rigido con periodo di ritorno di 475 anni. <http://zonessismiche.mi.ingv.it/>

peninca centro-meridionale e della Sicilia orientale. Nell'ambito del progetto S1, elaborato dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia (INGV), sono poi state prodotte una serie di stime di pericolosità per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, e per diverse accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica.

Questa informazione così dettagliata ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha emanato le nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) con il D.M. del 14 gennaio 2008 dove la definizione dell'azione sismica di riferimento si basa sui dati rilasciati da INGV e dal Progetto S1.

Recentemente in alcuni articoli di stampa e trasmissioni televisive sono emerse critiche al metodo probabilistico utilizzato per la redazione della mappa

di pericolosità MPS04. Tali critiche, provenienti da una piccola parte della comunità scientifica fautrice del cosiddetto "neodeterminismo", sono basate essenzialmente sull'osservazione che i valori di accelerazione del terreno previsti dalla mappa di pericolosità nel perio-

do di riferimento di 50 anni sono stati superati in alcuni punti del territorio, in occasione di terremoti recenti. Questa osservazione però non ha senso in termini statistici e probabilistici perché i valori previsti dalla pericolosità e dalla normativa non sono i massimi attesi ma consentono una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Inoltre, le mappe di pericolosità sono state calcolate per terreni rigidi e non tengono conto dell'amplificazione dei terreni soffici che può superare un fattore di due.

L'approccio deterministico DSHA e il concetto di "Maximum Credible Earthquake" (MCE), introdotto negli anni '70 nella normativa per le centrali nucleari statunitensi, possono funzionare per la valutazione di strutture il cui collasso può avere conseguenze disastrose, come impianti nucleari e chimici, ma non per quanto riguarda l'edilizia ordinaria. Non ha senso che un comune si protegga, con costi molto elevati, da un fortissimo terremoto che forse avverrà tra mille anni e non da quello più piccolo ma molto più probabile che può accadere domani. Andrebbe in realtà attenuata la dicotomia tra modello probabilistico e deterministico. Si tratta di due approcci ampiamente studiati ed utilizzati dalla comunità scientifica che non vanno considerati in contrapposizione ma piuttosto in sinergia, ad esempio attraverso la disaggregazione del metodo probabilistico che consente l'individuazione di un terremoto di scenario. In particolare, va sottolineato che i valori di scuotimento ottenuti col metodo deterministico sono del tutto confrontabili con quelli offerti dal metodo probabilistico purché si tenga adeguatamente conto delle incertezze e si utilizzino probabilità di superamento

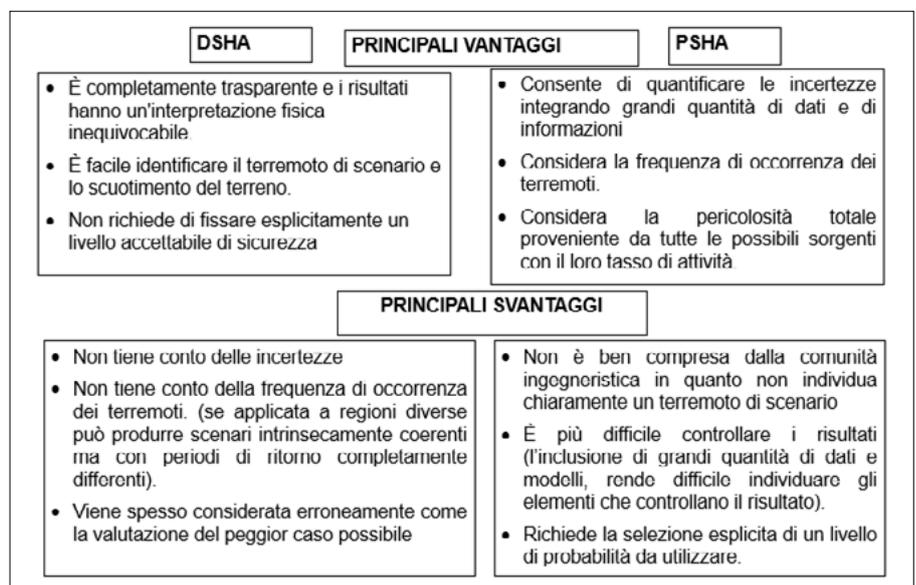


Figura 10. Vantaggi e svantaggi di DSHA (Deterministic Seismic Hazard Assessment) e PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Assessment). (Sabetta., 2020)

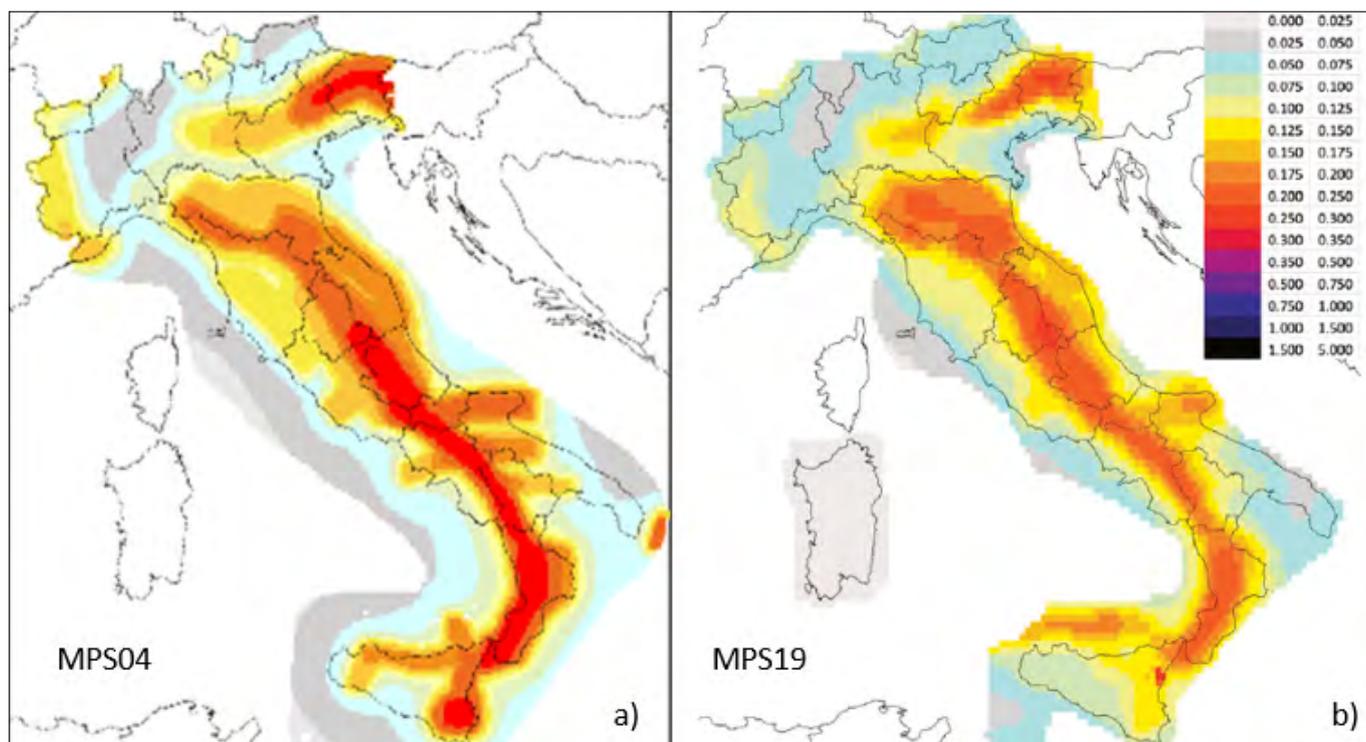


Figura 11. a) *Mappa di Pericolosità Sismica MPS04* (Stucchi *et al.*, 2004): valori di accelerazione del terreno con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. b) *nuova mappa MPS19* (Meletti *et al.* 2021)

più basse rispetto a quelle previste dalla normativa in vigore (ad es. 2% in 50 anni). Va comunque sottolineato che oggi tutte le normative sismiche a livello internazionale sono basate sul modello probabilistico. Nella *Fig. 10* sono elencati i principali vantaggi e svantaggi di DSHA e PSHA.

7. NUOVA MAPPA DI PERICOLOSITÀ

La mappa di pericolosità MPS04, ancora oggi in vigore, è stata realizzata nel 2004 spalmando la sismicità su aree sismogenetiche piuttosto estese che hanno contribuito a ridurre i valori del picco di accelerazione (il massimo scende da 0.35 g a 0.28 g) rispetto alle mappe precedenti realizzate nel 2000 dal Gruppo nazionale per la Difesa dai Terremoti e dal Servizio Sismico Nazionale (Albarelo *et al.*, 2000). Negli ultimi 16 anni vi sono stati molti studi e sviluppi scientifici, ad esempio la mappa di pericolosità sismica europea del progetto Share 2012 (Giardini *et al.* 2014), che hanno modificato significativamente i risultati ottenuti con MPS04.

Nel 2015 il Centro pericolosità sismica (CPS) dell'INGV, ha avuto l'incarico da parte del Dipartimento di Protezione Civile, di coordinare la comunità scientifica nazionale con l'obiettivo di elaborare un nuovo modello di pericolosità sismica di riferimento. I principali requisiti sono stati definiti insieme ad esperti di ingegneria sismica ai fini della revisione della normativa. Il CPS ha delineato una ta-

bella di marcia per rilasciare un modello PSHA significativamente rinnovato, sia per quanto riguarda gli elementi di input aggiornati che le strategie da seguire. A seguito di un bando aperto alla comunità scientifica italiana, circa 150 ricercatori provenienti da diverse università e istituti di ricerca sono stati coinvolti nel progetto. Le attività sono state organizzate in 6 gruppi di lavoro: T1) gestione del progetto; T2) dati di input; T3) modelli di sismicità; T4) test di relazioni di attenuazione predittive del moto del terreno e dell'intensità; T5) elaborazioni e calcolo; T6) validazione. Le attività sono state completate nel 2019, dopo l'interazione con un panel di revisione che ha dato l'approvazione al nuovo Modello di Pericolosità Sismica MPS19 (Meletti *et al.* 2021)

La moltitudine di nuovi dati disponibili dopo la preparazione del precedente MPS04 e l'insieme dei modelli per il calcolo del tasso di sismicità e del movimento del suolo utilizzati, danno particolare rilievo alle novità della modellazione e ai risultati di MPS19. In particolare: a) è stato introdotto un nuovo approccio per la stima e la visualizzazione dell'incertezza epistemica; b) in uno schema ad albero logico sono stati assegnati specifici pesi a ciascun modello di sismicità e di attenuazione in base alla consultazione di pannelli di esperti; c) sono stati testati i risultati di MPS19 con il picco di accelerazione del terreno osservato negli ultimi decenni e le intensità macrosismiche degli ultimi secoli.

La *Fig. 11* mostra il confronto tra la mappa MPS04 e Mps19 per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. I valori di PGA previsti dalla nuova mappa sono inferiori a quelli della vecchia, in particolare nel centro-sud dove la sismicità è più elevata. Ad esempio, il valore di 0.25 g viene superato solo in alcune piccole aree nelle Alpi orientali, in Umbria e nella zona Etna. Questo risultato rappresenta un problema se trasferito direttamente in termini di normativa sismica poiché vorrebbe dire abbassare gli attuali livelli di protezione. Il problema è che, a differenza del confronto coi risultati di SHARE (Giardini *et al.* 2014) che mostrava valori più alti del PGA rispetto a MPS04 ma valori più bassi per periodi più lunghi dello spettro di risposta in accelerazione, MPS19 mostra valori inferiori a MPS04 anche per i periodi spettrali tra 0.2 e 1 secondo, intervallo nel quale ricadono i periodi fondamentali di vibrazione della maggior parte degli edifici.

Se invece si considerano probabilità di eccedenza più basse (2% in 50 anni) corrispondenti a periodi di ritorno più lunghi (2475 anni) i valori di MPS19 sono superiori a MPS04 come mostrato in *Fig. 12*.

Gli elementi che influenzano maggiormente i risultati di uno studio di pericolosità sono la zonazione sismogenetica (individuazione di zone sismicamente omogenee e di faglie attive) e le cosiddette "leggi di attenuazione" o meglio modelli predittivi del moto

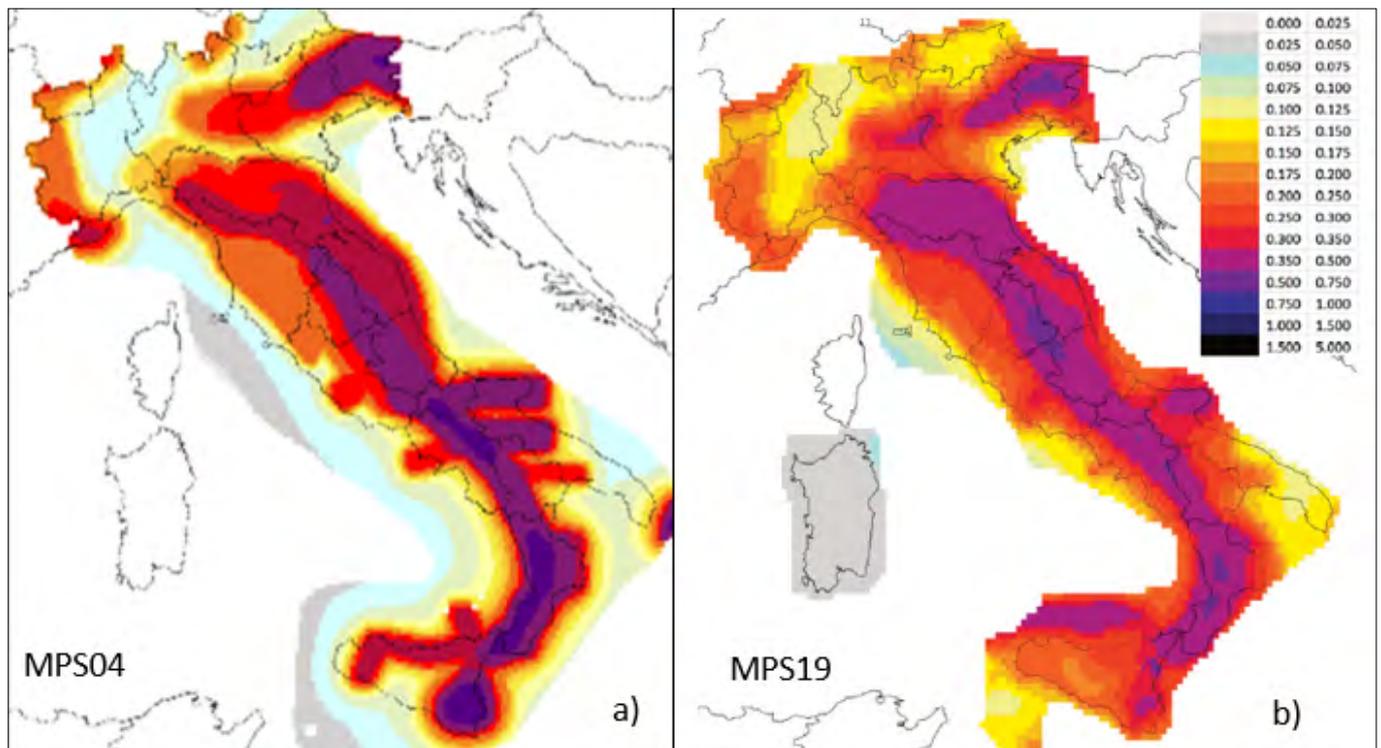


Figura 12. a) Mappa di Pericolosità Sismica MPS04 (Stucchi *et al.*, 2004): valori di accelerazione del terreno con una probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni. b) nuova mappa MPS19 (Meletti *et al.* 2021)

GMMs	LLH		Gambling		Quantile		Total
	mean*	UNW	mean	UNW	mean	UNW	
ITA10	1.888	16	0.329	16	1.143	16	48
ASB14 Repi	1.918	15	0.015	12	1.096	13	40
BND14 Rhyp	2.004	10	0.088	15	1.113	15	40
CZ15	1.979	12	0.040	13	1.098	14	39
ASB14 Rhyp	1.926	14	0.006	10	1.093	12	36
ASB14 Rjb	1.926	13	-0.005	8	1.088	11	32
DBC14	2.095	6	0.053	14	1.041	9	29
BND14 Rjb	2.015	8	0.004	9	1.079	10	27
KS15	2.055	7	0.007	11	1.025	6	24
ASK14	1.985	11	-0.084	3	1.028	7	21
CY14	2.014	9	-0.046	4	1.032	8	21
BSSA14	2.127	5	-0.037	5	0.967	5	15
CB14	2.167	4	-0.017	7	0.965	4	15
IDR14	2.297	3	-0.036	6	0.964	3	12
AB10	2.771	2	-0.188	1	0.889	2	5
ZHA06	2.889	1	-0.129	2	0.790	1	4

Figura 13 - Classifica (ultima colonna) delle relazioni di attenuazione (GMMs Ground Motion Models) selezionate per la nuova mappa di pericolosità MPS19 (Meletti *et al.* 2021)

del terreno, in inglese Ground Motion Models abbreviato in GMMs. Questi ultimi sono basati su analisi di regressione di registrazioni accelerometriche che consentono di stimare il moto del terreno in funzione della magnitudo del terremoto, del tipo di faglia, della distanza dalla sorgente, e delle caratteristiche geologiche del sito.

Al tempo della realizzazione di MPS04 i dati accelerometrici e i GMMs, in particolare in Italia, non erano così abbondanti come al giorno d'oggi. La

Fig. 13 (Meletti *et al.* 2021) mostra la graduatoria dei GMMs, sviluppati in diverse parti del mondo, ottenuta utilizzando diverse tecniche statistiche per verificare l'accordo con il database accelerometrico italiano. I GMMs che ottengono il punteggio più alto sono quelli di ITA10 (Bindi *et al.* 2011) e ASB14 (Akkar *et al.* 2014). Gli spettri di risposta a pericolosità uniforme, in inglese Uniform Hazard Spectra (UHS), ottenuti con questi GMMs sono messi a confronto nella Fig. 14 con quelli

ottenuti con altri GMMs tra cui SP96 (Sabetta & Pugliese 1996) utilizzato per la mappa MPS04. Gli spettri di risposta sono il principale strumento utilizzato in ingegneria sismica per la progettazione e rappresentano la massima risposta in accelerazione alla sollecitazione sismica di un insieme di oscillatori lineari che simulano il comportamento degli edifici.

Gli UHS di Fig. 14 sono stati ottenuti col software R-CRISIS (Ordaz *et al.*, 2017) utilizzando la zonazione ZS9 (la stessa di MPS04) e il catalogo sismico CPT11 per tre località, Amatrice, Frosinone e Pisa caratterizzate rispettivamente da sismicità alta, media e bassa. Gli spettri ottenuti con i GMMs più recenti, in particolare ITA10, sono sensibilmente inferiori a quelli previsti dalla normativa italiana (NTC08, curva in rosso in Fig. 14) che è basata su SP96 (curva in blu) e su un altro GMM non riportato in figura (Ambraseys *et al.* 1996). La sottostima di MPS19 rispetto a MPS04 è pertanto dovuta in buona parte all'utilizzo di nuovi GMMs.

8. AMPLIFICAZIONE LOCALE DEL TERRENO

Un limite delle mappe fin qui realizzate è che sottostimano i valori effettivi della pericolosità poiché non tengono conto delle condizioni geologiche, geotecniche e morfologiche del sito che possono causare effetti di filtraggio e/o di concentrazione delle onde sismiche dando luogo a fenomeni di amplificazione della risposta sismica locale.

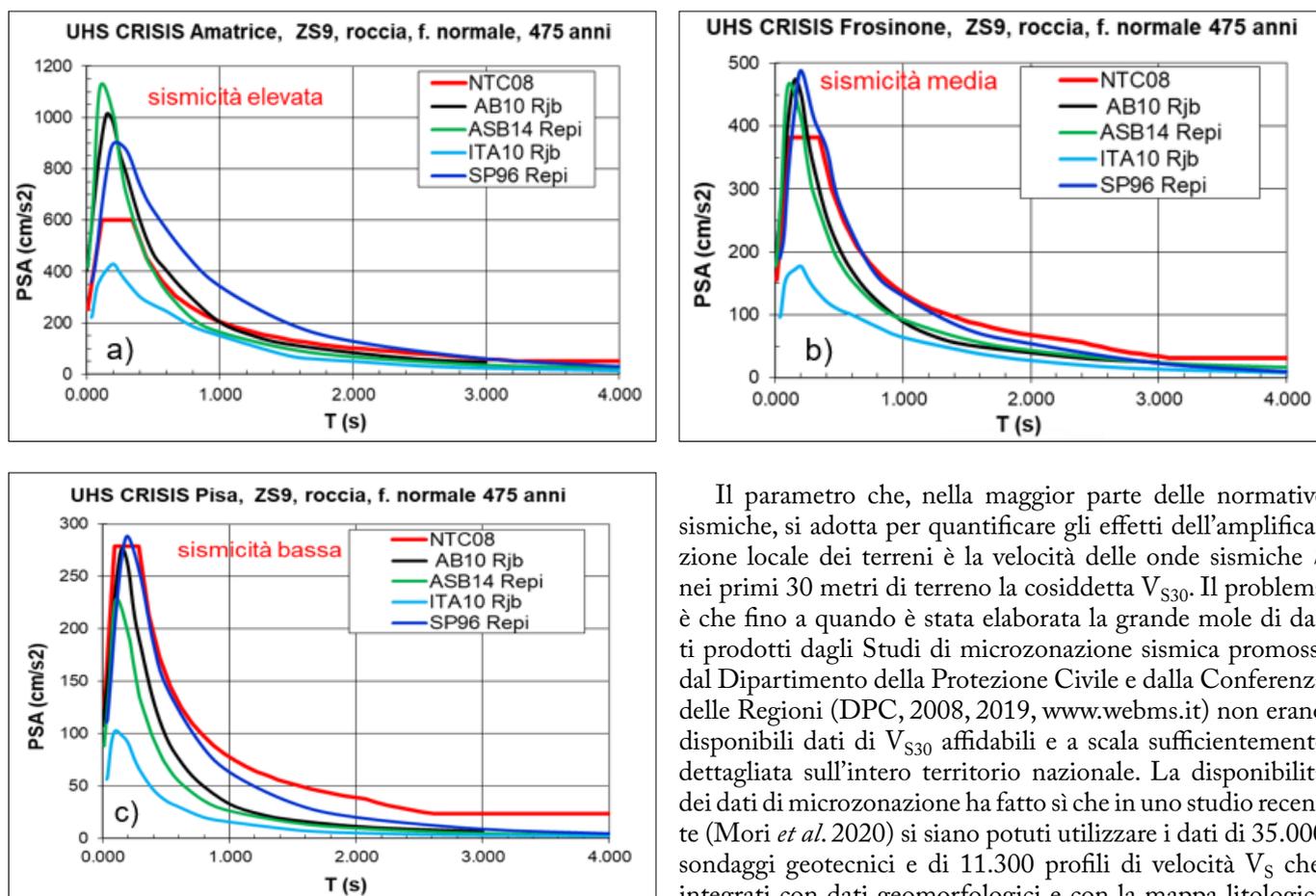


Figura 14. Spettri a pericolosità uniforme (UHS) ottenuti con diversi GMMs: AB10-Akkar&Bommer 2010, ASB14-Akkar et al. 2014, ITA10-Bindi et al. 2011, SP96-Sabetta&Pugliese 1996, NTC08-normativa italiana. a) Amatrice, b) Frosinone, c) Pisa

Il parametro che, nella maggior parte delle normative sismiche, si adotta per quantificare gli effetti dell'amplificazione locale dei terreni è la velocità delle onde sismiche S nei primi 30 metri di terreno la cosiddetta V_{S30} . Il problema è che fino a quando è stata elaborata la grande mole di dati prodotti dagli Studi di microzonazione sismica promossi dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni (DPC, 2008, 2019, www.webms.it) non erano disponibili dati di V_{S30} affidabili e a scala sufficientemente dettagliata sull'intero territorio nazionale. La disponibilità dei dati di microzonazione ha fatto sì che in uno studio recente (Mori *et al.* 2020) si siano potuti utilizzare i dati di 35.000 sondaggi geotecnici e di 11.300 profili di velocità V_S che, integrati con dati geomorfologici e con la mappa litologica alla scala 1:100.000 (Amanti *et al.*, 2008), hanno prodotto una mappa di V_{S30} con una risoluzione spaziale di 50x50 m. Il risultato è mostrato nella Fig. 15a e messo a confronto (Fig. 15b) con la mappa utilizzata finora per la redazione delle Sha-

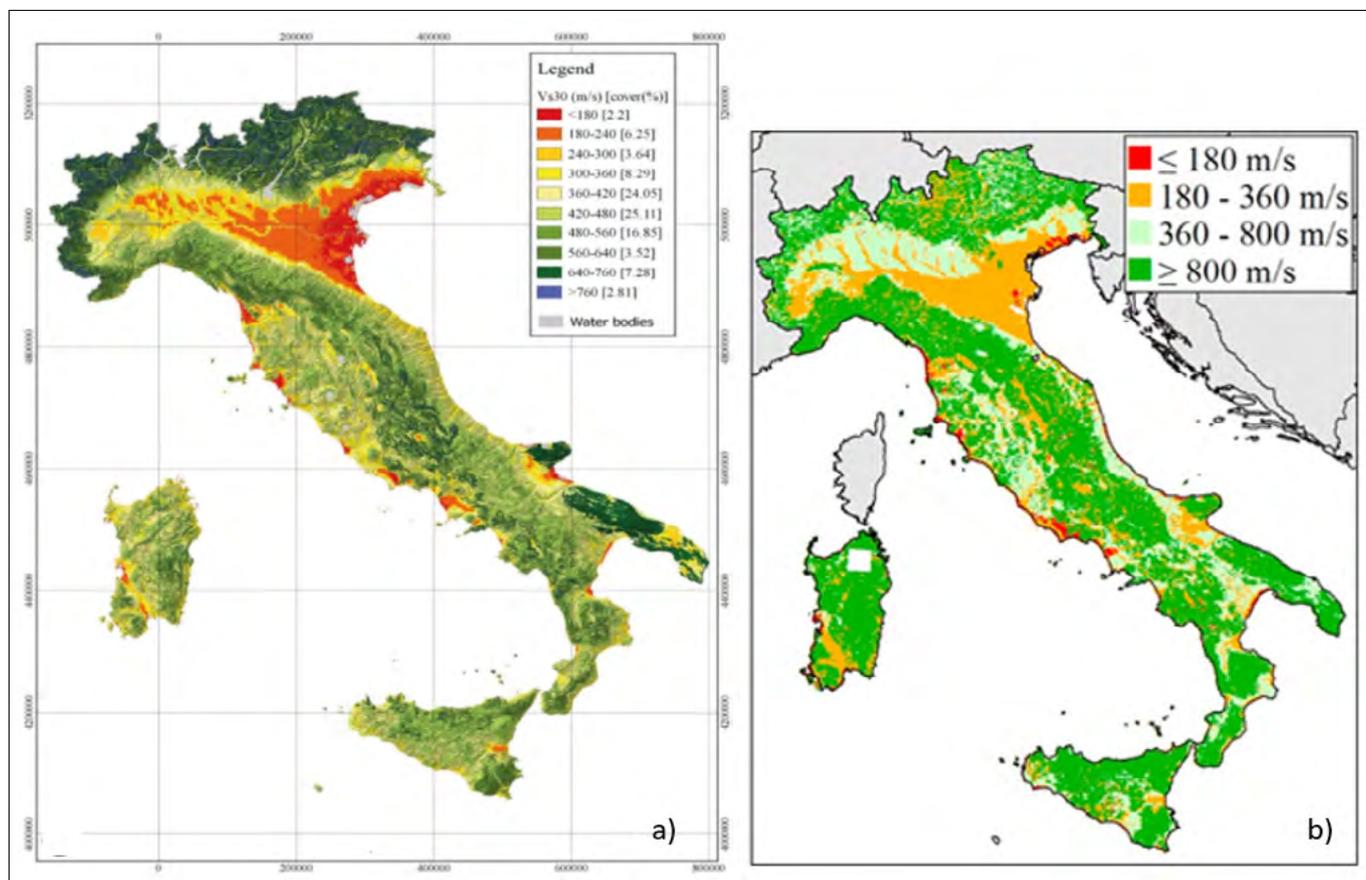


Figura 15 - a) Nuova mappa V_{S30} per l'Italia (Mori *et al.* 2020) basata sui dati di microzonazione sismica. I colori corrispondono alla V_{S30} media secondo quanto indicato in legenda. b) Mappa di V_{S30} utilizzata finora per la redazione delle Shakesmaps (Michellini *et al.*, 2008); le 4 classi di V_{S30} corrispondono a quelle della normativa sismica italiana (NTC, 2018)

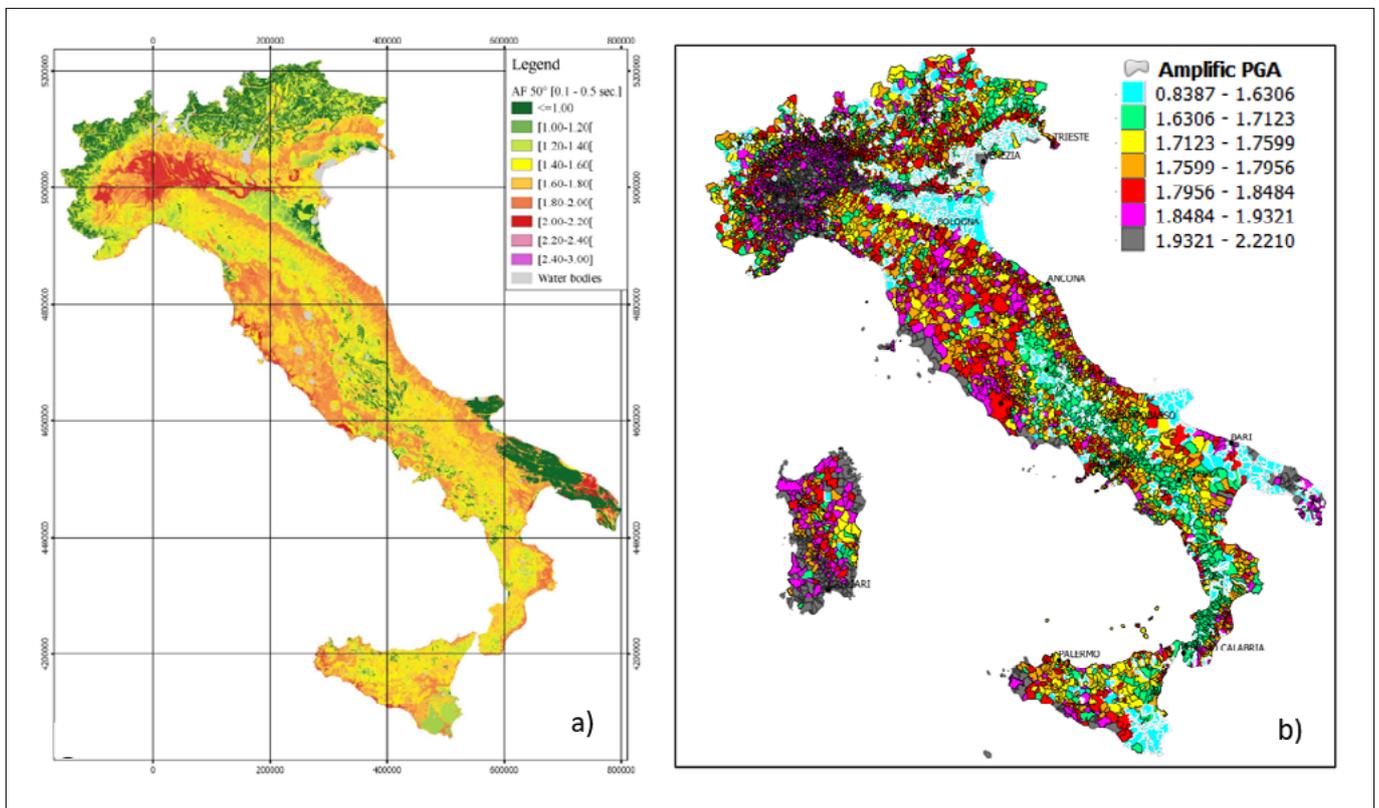


Figura 16. a) Fattori di amplificazione dello spettro di risposta nell'intervallo 0.1-0.5 s dovuti alle caratteristiche geomorfologiche del terreno (Falcone et al. 2021). b) Fattori di amplificazione del PGA assegnati al capoluogo di ciascuno degli 8092 comuni italiani (Falcone comunicazione personale 2021)

kemaps (Michelini *et al.*, 2008) e basata essenzialmente su una correlazione con i dati topografici (Wald e Allen, 2007).

Le differenze sono rilevanti: in particolare nella nuova mappa non sono presenti terreni con V_{S30} superiore a 760 m/s. Nessuna località risulta pertanto appartenere alla categoria A della normativa sismica italiana (NTC, 2018)

che prevede per i terreni rocciosi una $V_{S30} \geq 800$ m/s. La maggioranza del territorio, nella mappa di Fig. 15a, ha valori di compresi tra 420 e 640 m/s, mentre gran parte del territorio nella vecchia mappa veniva erroneamente attribuita a terreni rocciosi con $V_{S30} \geq 800$ m/s.

Successivamente al lavoro sulla V_{S30} , gli stessi autori (Falcone *et al.* 2021)

hanno realizzato un lavoro per la valutazione dei coefficienti di amplificazione del terreno. In accordo con la pericolosità sismica (MPS04) con periodo di ritorno di 475 anni, è stato selezionato un insieme di 630 diversi input sismici sotto forma di accelerogrammi e spettri di risposta. Utilizzando tali dati di input, sono state eseguite circa trenta milioni

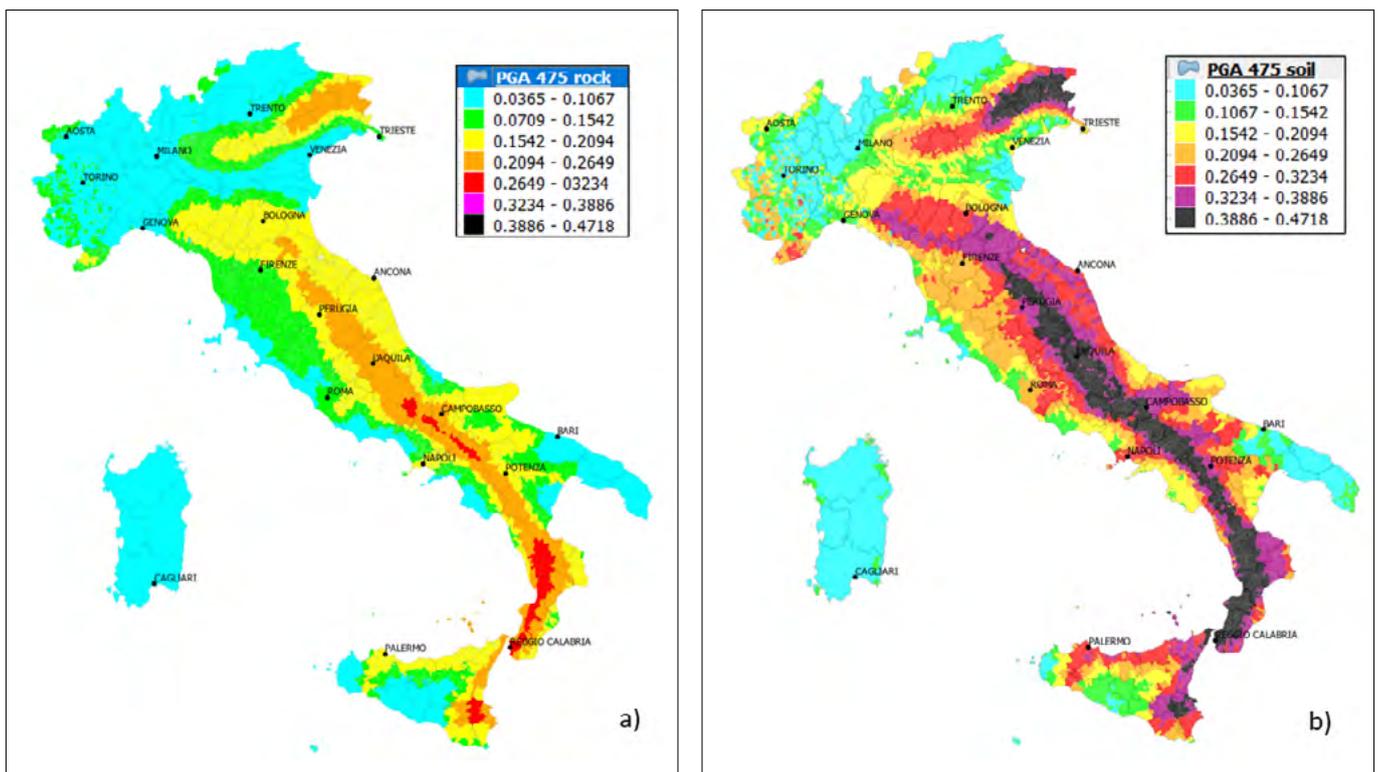


Figura 17. a) Mappa di pericolosità MPS04 su terreno rigido con i valori di PGA attribuiti ai territori comunali. b) mappa ottenuta da MPS04 applicando i fattori di amplificazione del PGA dovuti alle caratteristiche geomorfologiche del terreno

di simulazioni numeriche di risposta del sito adottando un approccio lineare equivalente. I fattori di amplificazione, calcolati su una griglia regolare di 50x50 metri, adottando V_{S30} e moto di ingresso come proxy, sono riportati in Fig. 16a per i valori dello spettro di risposta nell'intervallo 0.1-0.5 secondi (prossimo al PGA). In Fig. 16b sono invece riportati i fattori di amplificazione del PGA assegnati al capoluogo di ciascuno degli 8092 comuni italiani (Falcone comunicazione personale 2021). Il coefficiente di amplificazione del PGA varia da 0.8 a 2.2 e mostra un andamento irregolare sul territorio nazionale, in funzione delle caratteristiche locali del terreno. Il dato è stato spalmato sull'intero territorio comunale assumendo, al fine delle successive valutazioni di rischio, che il patrimonio edilizio sia concentrato in quell'area relativamente piccola.

In Fig. 17 vengono messe a confronto la mappa MPS04 con i valori di PGA distribuiti sul territorio comunale, con la mappa ottenuta dalla precedente applicando i fattori di amplificazione del PGA dovuti alle caratteristiche geomorfologiche del terreno. Si nota un incremento sensibile dei valori: il valore massimo atteso in Italia con un periodo di ritorno di 475 anni, passa da 0.28 g nel comune di Ferla (Siracusa) a 0.47 g nel comune di Scigliano (Cosenza).

9. CONCLUSIONI

In questo lavoro, partendo dall'analisi dei rischi naturali, delle caratteristiche geologiche e del problema sismico in Italia, è stata messa in evidenza l'importanza dell'adozione di adeguate politiche di riduzione del rischio sismico e in particolare di una attività di prevenzione che parta dall'individuazione dei comuni a maggior rischio. L'importanza della prevenzione è ulteriormente accentuata dalla considerazione che la comunità scientifica concorda sul fatto che, allo stato attuale delle conoscenze, i terremoti non sono prevedibili in maniera deterministica. Inoltre, una eventuale previsione, oltre a generare problemi di falsi o mancati allarmi, non eviterebbe i danni agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio artistico. È stata illustrata la valutazione della pericolosità sismica mettendo a confronto il metodo probabilistico con quello deterministico. Si sono analizzati i risultati della nuova mappa di pericolosità sismica MPS19 mettendo in evidenza come i valori più bassi della accelerazione del suolo, attesa per un periodo di ritorno dei terremoti di 475 anni, siano in parte dovuti all'u-

tilizzo di nuove relazioni predittive del moto del terreno. Sono infine stati analizzati recenti lavori che, utilizzando la grande mole di dati prodotti dagli studi di microzonazione sismica, hanno consentito la realizzazione di una mappa attendibile delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche e geotecniche del territorio italiano. In base a questi risultati si sono potuti valutare a scala comunale i fenomeni di amplificazione della risposta sismica locale. Utilizzando i suddetti fattori di amplificazione, la massima accelerazione del terreno, attesa in Italia con un periodo di ritorno di 475 anni, mostra un incremento di circa il 70%.

BIBLIOGRAFIA

- AKKAR S., J.J. BOMMER (2010), *Empirical equations for the prediction of PGA, PGV, and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean region, and the Middle East*, Seismol. Res. Lett., 81(2), 195-206.
- AKKAR S., M.A. SANDIKKAYA, J.J. BOMMER (2014), *Empirical ground-motion models for point- and extended-source crustal earthquake scenarios in Europe and the Middle East*, Bull. Earthq. Eng., 12(1), 359-387.
- ALBARELLO D., BOSI V., BRAMERINI F., LUCANTONI A., NASO G., PERUZZA L., REBEZ A., SABETTA F., SLEJKO D. (2000), *Carte di pericolosità sismica del territorio nazionale*, Quaderni di Geofisica, 12, 1-9.
- AMANTI, M., BATTAGLINI, L., et al., (2008), *The lithological map of Italy at 1:100 000 scale: an example of re-use of an existing paper geological map*. In: 33rd International Geological Conference, IEI02310L, 6-14 August, Oslo (Norway).
- AMBRASEYS N.N., SIMPSON K.A., BOMMER J.J. (1996) *Prediction of horizontal response spectra in Europe*. Earth Eng Struct Dyn 25:371-400
- BILHAM, R. (2009), *The Seismic Future of Cities*. Bull Earthq. Eng., 7:839-887.
- BINDI D., F. PACOR, L. LUZI, R. PUGLIA, M. MASSA, G. AMERI, R. PAOLUCCI (2011), *Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion database*, Bull. Earthq. Eng., 9(6), 1899-1920.
- COBURN, A., R. SPENCE (1992), *Earthquake Protection*. Wiley.
- CORNELL, C.A. (1968), *Engineering seismic risk analysis*. Bull. Seismol. Soc. Am 58, 1583-1606.
- DPC (2008), Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome. *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*.
- DPC (2019), Dipartimento della Protezione Civile. *Studi di microzonazione sismica in Italia*. <http://www.webms.it>.
- FALCONE G., ACUNZO G., MENDICELLI A., MORIA F., MOSCATELLI M., NASO G., PERONACE E., PORCHIA A., ROMAGNOLI G. (2021), *Seismic amplification maps of Italy based on site-specific microzonation dataset and one-dimensional numerical ap-*
- proach*. Engineering Geology, 106170
- GIARDINI, D., WOESSNER J., DANCINI L. (2014) *Mapping Europe's Seismic Hazard*. EOS Transactions American Geophysical Union, 95(29): 261-262. <http://www.share-cu.org/>
- <http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/pubblicazioni>.
- INGV (2015) *Progetto S3 "Previsione a breve termine dei terremoti"* Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021. <https://sites.google.com/site/progettisismologici/progetto-s3>.
- MELETTI, C., MARZOCCHI, W., D'AMICO, V., LANZANO, G., LUZI, L. & MPS19 WORKING GROUP. (2021), *The new Italian seismic hazard model (MPS19)*. Annals of Geophysics, 64(1), 112.
- MICHELINI A., FAENZA L., LAUCIANI V., MALAGNINI L. (2008), *Shakemap implementation in Italy*. Seismol Res Lett; 79:688-97.
- MORI, F., MENDICELLI, A., MOSCATELLI, M., ROMAGNOLI, G., PERONACE, E., & NASO, G. (2020), *A new V_{S30} map for Italy based on the seismic microzonation dataset*. Engineering Geology, 275, 105745.
- NTC (2008), *Norme Tecniche per le Costruzioni*. Decreto Ministero delle Infrastrutture. GU n.29 del 04/02/2008.
- NTC (2018), *Norme Tecniche per le Costruzioni*. Decreto Ministero Infrastrutture. GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. (Ordinario n. 8).
- ORDAZ M., MARTINELLI F., AGUILAR A., ARBOLEDA J., MELETTI C., D'AMICO V. (2017), *R-CRISIS, a computer code for Probabilistic Seismic Hazard Analyses (PSHA)*. <http://www.r-crisis.com/>.
- SABETTA F., PUGLIESE A. (1996) *Estimation of response spectra and simulation of non-stationary earthquake ground motions*. Bull Seismol Soc Am 86(2):337-352.
- SABETTA F. (2012), DOLCE M. (2018), *National risk assessment. Overview of the potential major disasters in Italy: hydro-geological, hydraulic, seismic and volcanic risks*. Dipartimento della Protezione Civile. <http://www.protezionecivile.gov.it/documents/20182/823803/Documento+sulla+Valutazione+nazionale+dei+rischi>.
- SABETTA F. (2019), *Seismic risk assessment and reduction in Italy*. Keynote lecture. Ned University Journal of Research-Special Issue on First South Asia Conference On Earthquake Engineering (SA-CEE'19), Vol.1.
- SABETTA F. (2020), *Dispense del corso di Corso di costruzioni in zona sismica- Modulo di Sismologia*. Laurea magistrale in Ingegneria Civile per la Protezione dai Rischi Naturali (Dm 270). Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre.
- STUCCHI, M., AKINCI, A., FACCIOLI, E., GASPERRINI, P., MALAGNINI, L., MELETTI, C., MONTALDO, V., VALENSISE, G. (2004), *Mappa di Pericolosità sismica del territorio Nazionale* http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/rapporto_conclusivo.pdf.
- WALD, D.J., ALLEN, T.I. (2007), *Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification*. Bull. Seismol. Soc. Am. <https://doi.org/10.1785/0120060267>.

Rischio sismico: quando la comunicazione non sensibilizza alla prevenzione

Giulia Scandolara
Gestalt Counselor, Arezzo, Italia
E-mail: giugi@giuliascandolara.com

Seismic risk: when communication doesn't raise awareness of prevention

Parole chiave: rischio sismico, prevenzione, comunicazione, sensibilizzazione
Key words: seismic risk, prevention, communication, awareness raising

1. INTRODUZIONE

La prevenzione contro il rischio sismico, in un Paese altamente vulnerabile dovrebbe essere tema noto quanto la lotta contro la violenza di genere, il cambiamento climatico, o qualsiasi altra "battaglia", ad esempio quella in favore dei diritti umani. Invece, parlare di rischio sismico resta una faccenda ostica e a tratti involutamente "privata" (dei terremotati) o connessa agli ambienti puramente tecnici.

In un Documento-Appello dal titolo *La prevenzione sismica in Italia: una sconfitta culturale, un impegno inderogabile*, la voce corale di più professionisti - alcuni appartenenti al ramo della sismologia e dell'ingegneristica - esclama: "Va fatto ogni sforzo per diffondere la cultura del rischio, per argomentare la procedura decisionale, per coinvolgere il cittadino come attore consapevole e determinare un'indifferibile inversione di rotta rispetto all'evidente deficit di prevenzione che grava soprattutto in talune aree del territorio."

Ci si domanda inoltre perché un argomento così opportuno come la prevenzione contro i danni causati dal rischio sismico sembri risultare ostico o poco attrattivo per i cittadini comuni del Paese. Il problema della scarsa attenzione alla prevenzione -tema evidenziato a partire dagli stessi ingegneri- potrebbe essere puramente causato da una serie di disguidi comunicativi in relazione al rischio stesso. Il tema "terremoto", ad oggi incontra poco la quotidianità dei cittadini comuni. Si apprende di sisma quando esso avviene. Se ne parla limitatamente, a ridosso delle scosse. A tratti un evento sismico viene ancora oggi percepito come una sciagura contro la quale si può fare poco.

Le persone sono ancora molto lontane dal normalizzare il tema del terremoto nelle loro vite. Nei comuni italiani, inoltre, non vi sono segni tangibili che segnalino come la cultura contro il rischio sia attecchita. Vediamo forse

delle mappe di pericolosità sismica, in riferimento al nostro comune, magari in ambienti pubblici? No. Il terremoto è un "brutto male" che si conosce solo quando esso si rende visibile e per un lasso di tempo molto breve (quando arrivano le scosse).

2. PERSONE, RISCHIO, ASCOLTO E RELAZIONE

Il seguente articolo si propone di rimettere al centro del dibattito le persone e la loro percezione. Persona: soggetto, questo, che forse non viene opportunamente coinvolto, menzionato nella comunicazione della prevenzione. In materia di rischio sismico si parla di case che crollano e di terra che trema. Sono proprio le persone, a non essere espressamente citate nella stessa definizione di rischio sismico. Come si può sensibilizzare la cittadinanza, se questa non viene mai nominata chiaramente, come soggetto "in pericolo" relativamente al rischio sismico? Si parla di scuotimento del suolo o pericolosità, si parla di vulnerabilità degli edifici e loro esposizione senza nominare chi è principalmente coinvolto: la persona. I tecnici e gli addetti al settore lo sanno. La persona è fra i fattori che compongono il rischio

sismico. Risulta però invisibile al cittadino, poco avvezzo al tema.

Da maggio 2019 mi relaziono continuamente con il cratere terremotato del Centro Italia, come professionista della relazione d'aiuto e scrittrice. Compito della relazione d'aiuto è ascoltare la persona, o il territorio, capire le fratture comunicative relazionali e sociali. Stare in relazione e facilitare la relazione è il terreno lavorativo del Counseling. Prima del 2019 ero a conoscenza delle scosse avvenute tra il 24 agosto del 2016 e il 18 gennaio 2017. È stato difficile attraversare il territorio terremotato, praticamente per caso, constatando lo stato di abbandono in essere.

Arrivando da "fuori cratere" e scontrandomi con gli effetti sociali e strutturali del post sisma 2016 è nata una domanda forse utile a rendere più efficiente la prevenzione, in materia di rischio sismico. Come persona non terremotata e non addetta al settore, mi sono chiesta come fosse possibile che "Il cantiere più grande d'Europa" (Conte) fosse letteralmente invisibile oltre i suoi stessi confini. Così è stato ribattezzato, il Centro Italia, anche dai Commissari alla Ricostruzione che negli anni si sono succeduti. Eppure nessun Dpcm, in pie-



na pandemia ha menzionato o si è occupato dell'impossibile distanziamento fisico tra le SAE (soluzioni abitative di emergenza) nel suddetto "Cantiere più grande d'Europa".

Ancora oggi, tornando al centro della riflessione in atto, non ci si rende conto, "da fuori cratere", di ciò che stanno passando le persone terremotate da oltre quattro anni. Ci si riferisce ora alle lungaggini burocratiche della ricostruzione privata e pubblica, ma anche alle ferite sociali che gli abitanti stessi raccontano, fra le dimenticanze dei governi e lo spopolamento dell'Appennino.

Da maggio 2019 ho appunto iniziato a dialogare con ingegneri strutturisti, geologi per comprendere come mai a livello nazionale non si parlasse di terremoto in un Paese sismico come il nostro. Ho raccolto interviste fra gli addetti al settore, ma anche fra gli abitanti terremotati dei 138 comuni colpiti dall'ultimo forte sisma. Ho cercato di ricostruire la realtà del cratere, domandandomi perché io stessa non sia mai stata raggiunta, inoltre, da una campagna di prevenzione antisismica. Mi sono chiesta perché non percepissi la situazione in essere, fra Umbria, Marche, Lazio e Abruzzo, da quel non troppo lontano 2016.

Contemporaneamente ho aperto un blog e una pagina Facebook, per pubblicare i miei reportage. L'obiettivo, nei social è stato soprattutto quello di chiedere alle persone fuori cratere quanto sapessero della ricostruzione in corso nel Centro Italia terremotato. L'intento è stato anche quello di capire quanto i cittadini italiani sapessero della situazione, in termini di tessuto sociale, sofferenza delle persone che da anni attendono casa, stando nelle SAE.

Il risultato di tale interazione è raccontata nel libro *Ho preso il terremoto*, edito da Altreconomia, un testo che vuole sensibilizzare al terremoto proprio chi, di terremoto, sa davvero niente.

Dall'interazione con le persone fuori cratere è emerso che, oltre i confini terremotati, il cittadino medio non ha la minima percezione di cosa stia accadendo in Centro Italia. Non ha nemmeno idea dello stato attuale della ricostruzione. Soprattutto, i cittadini oltre cratere con cui ho interagito hanno manifestato la percezione del terremoto come "problema locale" e non come "tema nazionale". Non sanno di cosa si parli, nella maggior parte dei casi. Non ritengono che il tema li riguardi. Nasce, in relazione al post sisma 2016, una sorta di compassione per una "disgrazia" che sta attraversando qualcun altro. Quasi nessuno, a livello

culturale ha la percezione che il tema li riguardi, in quanto cittadini di un Paese sismico. Il "tema" terremoto è un problema del Centro Italia. Chiaramente così non è, né in termini sociali, né in termini economici. Parlando invece con le persone terremotate del Centro Italia esse hanno la sensazione di essere state abbandonate dall'intero Paese. Credo inoltre che tutti i cittadini italiani sappiano cosa sono le SAE, le soluzioni abitative di emergenza. Molti terremotati sono convinti che i cittadini italiani sappiano di cosa si parli, mentre si nomina la parola "ricostruzione", o quando si parla di ordinanze. In realtà la "pancia" del Paese, colpita dalle scosse è isolata dal resto del territorio italiano. Questo dato deve essere rimesso al centro della prevenzione sismica, se vogliamo che i cittadini italiani imparino a fare del terremoto un tema culturalmente presente negli assetti quotidiani dell'esistere.

3. LOCALE, NAZIONALE

Esiste una relazione interrotta, fra il Centro Italia terremotato ed il resto del Paese. Questa relazione interrotta ha reso il terremoto un affare privato, una sfortuna locale degli abitanti del Centro Italia. A ben vedere però è ciò che accade sempre, ad ogni forte terremoto. Il sisma resta un problema locale e non approda mai ad un livello di dibattito nazionale.

Mentre si poteva parlare della "ferita sismica" delle quattro regioni (post sisma 2016) per attuare campagne di prevenzione, consapevolizzare la popolazione italiana al tema, mentre si poteva raccontare al resto d'Italia cosa significasse essere colpiti e devastati a più livelli dal terremoto, le cose hanno preso tutta un'altra piega.

Sull'ultimo forte terremoto è calato nel tempo il silenzio. Lo stesso silenzio

è calato sulle persone, sul conflitto sociale generatosi da dopo le scosse. Ad ogni forte terremoto però la storia, a ben vedere, si ripete. Se ci concentriamo sul post sisma 2016 osserviamo come la "notizia" del terremoto non ha incontrato la capacità di dare informazioni durevoli, sul disastro in corso, ai non coinvolti. Chi è rimasto sul territorio, nel frattempo è stato investito da una complessa serie di fratture relazionali.

Si è così disconnesso, il cratere, da un dialogo con il resto del Paese, diventando solo "un problema di chi dal terremoto è stato colpito". I cittadini non hanno più un tessuto sociale a cui appartenere. Le SAE, le soluzioni abitative di emergenza, sono diventate una nuova e vuota normalità, per gente che sogna da anni di riavere un futuro. Lo stesso Mattarella, lo scorso 24 agosto ha affermato a più riprese che "la ricostruzione è incompiuta".

Ma quanti italiani avranno davvero compreso il significato dell'affermazione di Mattarella? Quasi nessuno, oltre cratere, saprebbe spiegare al meglio il significato della parola "ricostruzione". Ricostruzione di chi, di cosa? E si chiude un cerchio, a questo punto, sull'incomunicabilità del sisma. Nella narrazione del terremoto esistono parole che escludono: Cas, SAE, Mapre, ricostruzione. Si tratta di un lessico molto chiaro a chi vive una sciagura lunga ormai quasi 5 anni. Chi però è rimasto fuori da questo contesto si è letteralmente perso per strada e, peggio, non ha alcun riferimento linguistico per leggere lo scenario post disastro in essere. Questo errore comunicativo è una mancanza, una lacuna devastante che un Paese ad alto rischio sismico non può permettersi.

Il cittadino che non abita nel cratere si è perso la possibilità della prevenzione





ne. Si è perso il modo per capire il terremoto a livello sociale, umano, tecnico e come fenomeno geofisico. Il cittadino si è perso, sotto l'egida di un linguaggio incomprensibile. Oggi, chi lo spiega, il terremoto al cittadino che ancora non l'ha vissuto, un forte terremoto?

4. IL DISEGNO DEL TERREMOTO NELLE CAMPAGNE DI PREVENZIONE

Nelle attuali campagne di prevenzione vince la stilizzazione del sisma e del suo scenario di distruzione. Le persone, nelle campagne di prevenzione contro il rischio sismico, sono diventate delle sagome stilizzate. Nella campagna di prevenzione *Io non rischio* le immagini si propongono di spiegare i danni del terremoto con personaggi disegnati, scenari posticci dagli angoli morbidi e arrotondati. Sono, queste, le immagini di una famiglia che, con garbo e gentilezza, corre a mettersi ai ripari da un "disegnato scenario" di disastro.

Ci si domanda perché, al posto di una simulata realtà, non si possa avere

una chiara visione delle macerie, quelle del Centro Italia, o quelle aquilane. O quantomeno una rappresentazione veritiera del sisma, anche attraverso la storia del Paese. L'ultima fatica di ActionAid, *"Sicuri per davvero"* è una riprova del fatto che la verità del terremoto resta sempre ben lontana dalle campagne di sensibilizzazione contro il rischio sismico. Le persone che si vorrebbe raggiungere sono qui rappresentate, come potenziali vittime del terremoto, in qualità di sagome idealizzate. Il punto, nel pieno rispetto del lavoro di queste campagne, è che forse non si può sensibilizzare la cittadinanza alla percezione del rischio sismico con "il disegno del terremoto". Forse sarebbe più semplice sensibilizzare i cittadini italiani al terremoto rimettendo davvero il terremoto e le persone al centro della prevenzione.

Ancora oggi, il cittadino che si imbatte nei vuoti di Amatrice, Arquata del Tronto resta attonito. L'emozione, lo scuotimento della persona che passa per caso da Amatrice, Accumoli, Norcia e si imbatte nelle macerie rappresenta tutto il *gap*, la distanza che c'è tra le campagne

di prevenzione ed il cittadino, tra il problema "terremoto" e la sua percezione.

Come si rimette, al centro delle campagne di prevenzione, la sensibilizzazione della persona, della cittadinanza, tutta? Occorre una onesta restituzione della realtà delle cose. Occorre chiedere al cittadino cosa sa e non sa, del terremoto. Perché potremmo restare stupefatti, da quanto esso sia lontano dalla percezione del problema. Come può, inoltre, il cittadino chiedere informazioni su ciò che non conosce, in questo caso il rischio sismico?

Auspicarci che le campagne di prevenzione funzionino non basta. Occorre divulgare il tema del terremoto, oltrepassare le barriere linguistiche che lo arginano a tema locale, ad ogni forte terremoto. Bisogna accedere alla forza delle immagini del reale, in sede di prevenzione. Bisogna portare il tema "terremoto" oltre il silenzio mediatico, oltre la bagarre politica, oltre il fatalismo. Questo può accadere solo attraverso una comunicazione empatica, umana, che sappia ridestare la percezione del problema. Poiché il punto non è la "prevenzione", ma l'assenza della percezione del problema, in un Paese sismico. L'azione che manca è quella della sensibilizzazione. Se manca però una restituzione realistica dei danni da rischio sismico, se non vi è una narrazione tangibile, palese, chiara e leggibile delle conseguenze del rischio sismico, a cosa si sensibilizza? È a questa domanda che, ad esempio, rispondono le immagini dei danni reali causati dal fumo, sui pacchetti di sigarette e tabacco. Se vogliamo davvero fare prevenzione contro il rischio sismico dovremo rendere davvero percepibile e visibile il problema alla popolazione italiana.

BIBLIOGRAFIA

- BECK, U. (2000), *La società del rischio. Verso una seconda modernità*, Carocci, Roma.
- BERGER P., LUCKMAN T. (1969), *La realtà come costruzione sociale*, Il mulino, Bologna,
- CANOVA G. (2019), *Ignorantocrazia. Perché in Italia non esiste la democrazia culturale*, Bompiani, Firenze.
- CRESPELLANI T., DE MARCO R., GUAGENTI GRANDORI E., GUIDOBONI E., PETRINI V. (2010), *La prevenzione sismica in Italia: una sconfitta culturale, un impegno inderogabile*.
- ERBANI F., *Il disastro. L'Aquila dopo il terremoto: le scelte e le colpe*, Editori Laterza, Bari
- GUIDOBONI E., VALENSISE G. (a cura) (2014), *L'Italia dei disastri. Dati e riflessioni sull'impatto degli eventi naturali 1861-2013*. Bononia University Press.
- SCANDOLARA G. (2020), *Ho preso il terremoto. Un'indagine umanitaria: la denuncia dei danni materiali e sociali in un Paese fragile*, Altreconomia, Milano.



Faglie attive, faglie sismogenetiche, faglie capaci. Cosa ne sappiamo?

Gianluca Valensise
Istituto Nazionale di Geofisica
e Vulcanologia, Roma
E-mail: gianluca.valensise@ingv.it

Faglie attive, faglie sismogenetiche, faglie capaci. Cosa ne sappiamo?

Parole chiave: faglie, terremoti, processi sismogenetici, pericolosità sismica da scuotimento
Key words: faults, earthquakes, seismogenic processes, ground shaking hazard

La parola 'faglia' è forse il termine geologico più familiare anche a chi delle scienze del nostro pianeta conosce solo pochi rudimenti fondamentali. È una parola che si accompagna naturalmente ai meccanismi dell'orogenesi, grazie alla quale delle rocce deposte su un fondale oceanico si deformano e si accavallano per diventare una catena montuosa. Ma 'faglia' evoca anche il moto relativo delle placche litosferiche, come avviene lungo la faglia di San Andreas in California e, naturalmente, anche il verificarsi dei terremoti, piccoli e grandi.

Negli ultimi decenni il termine ha goduto di una popolarità inaspettata, tanto da transitare nel linguaggio parlato con il significato traslato di 'discontinuità': si legge infatti di 'faglie della storia', si individuano molteplici faglie nella complessa tematica della divulgazione delle notizie giudiziarie, e si intitola 'Linea di faglia' una mostra fotografica che tratta di teatri di guerra contemporanei¹. La parola discende dal latino *fallere*, letteralmente 'fallire', 'sbagliarsi': un riferimento diretto al fatto che la faglia è una specie di difetto, un accidente, una singolarità nell'ambito di una massa rocciosa altrimenti integra, al punto che il termine usato nel mondo anglosassone, *fault*, indica contemporaneamente sia la faglia geologica, sia un difetto, ad esempio in un circuito elettrico, o addirittura una colpa.

Curiosamente, anche nel mondo geologico in senso stretto l'interesse per le faglie è andato aumentando con il tempo, anche perché fu solo grazie alle osservazioni del terremoto di San Francisco del 1906 che venne ipotizzato un rapporto di causa-effetto tra il movimento improvviso di una faglia e il verificarsi di un terremoto. Se si osserva attentamente una carta geologica dei primordi,

ad esempio un foglio geologico in scala 1:100.000 di fine '800, o anche della prima metà del '900, si riconosce un numero molto limitato di faglie, e in genere vengono identificati e cartografati solo elementi tettonici del primo ordine. All'estremo opposto, se si consulta una carta geologica inserita in uno studio di microzonazione sismica, di faglie se ne troveranno molte, a tutte le scale. Cosa c'è in mezzo a questi due estremi? Oggi cominciamo a capirlo nei dettagli, ma si tratta di una acquisizione che ha appena qualche decennio di vita. Come mai?

Il geologo certamente sa bene che le faglie interessano la litosfera terrestre a tutti i livelli strutturali, quindi anche ben al di sotto della modestissima profondità a cui può accedere direttamente: nonostante questa consapevolezza, si ha l'impressione che sia aumentata – e di molto – la fiducia (a) nelle possibilità di individuare efficacemente le faglie attive che arrivano ad interessare la superficie, per poi (b) provare ad estenderle verso il basso, fino alle profondità caratteristiche della *sismogenesi*, ovvero del processo che genera i terremoti. A mio avviso questa fiducia è spesso mal riposta, e può portare a delle aberrazioni su cui tornerò in seguito.

L'IDENTIFICAZIONE DELLE FAGLIE SUL TERRENO

Il dibattito geologico sulle faglie attive in relazione alla sismogenesi, e quindi sulla necessità di identificare tali faglie per capire dove aspettarsi futuri grandi terremoti ed eventuali dislocazioni della superficie topografica, è approdato in Italia solo tra la fine degli anni '60 e la metà degli anni '70. A partire da quegli anni il tema ha guadagnato un nuovo e crescente interesse da parte della comunità scientifica e professionale attiva nel campo delle Scienze della Terra: un interesse motivato soprattutto dalle ricerche per il *siting* delle costruzioni centrali nucleari, avviate con la pubbli-

cazione del Piano Energetico Nazionale (Del. CIPE 229 del 23 dicembre 1975), anche come risposta alla crisi petrolifera del 1973.

Un posto d'onore in questa fase realmente pionieristica va certamente riconosciuto a Carlo Bosi, un ricercatore del CNR purtroppo scomparso nel 2018, che già nel 1975 aveva proposto di avviare un'azione di riconoscimento sistematico di faglie attive sulla base della loro espressione superficiale (Bosi, 1975: *Fig. 1*): una iniziativa forse fin troppo avanzata per i tempi, e che forse per questo non fece molta strada. Ciononostante negli stessi anni, sotto l'egida del Progetto Finalizzato Geodinamica, veniva ultimata la compilazione del Modello Strutturale d'Italia, della Carta Tettonica d'Italia e della Carta Neotettonica dell'Italia meridionale: esperienze importanti, che gettavano un primo ponte tra l'evidenza geologica di superficie, quella accessibile a ogni geologo di terreno, e il verificarsi di grandi terremoti, così come si riteneva logico che fosse e così come avveniva con successo nelle aree a più elevata sismicità del mondo occidentale.

Ma le cose erano più complicate di quanto apparissero a un esame sommario. Gli studi sui terremoti di quegli anni, e in particolare quelli del Belice del 1968, del Friuli del 1976 e della Valnerina del 1979, suggerivano che quegli eventi non erano stati causati da faglie note, e allo stesso tempo non avevano causato in superficie effetti riconducibili all'emersione di una possibile faglia-sorgente, per quanto ignota. Poiché si era trattato di terremoti non grandissimi in termini di magnitudo, ma comunque disastrosi e ben rappresentativi della sismicità nazionale, questi primi risultati rappresentarono una vera e propria doccia fredda per quanti credevano fermamente nella capacità del geologo di terreno di identificare i principali elementi della tettonica attiva e di anticipare l'esistenza di faglie sismogenetiche.

1 <https://www.strill.it/citta/reggio/2021/05/reggio-calabria-incontro-con-giorgio-bianchi-fotoreporter-e-giornalista-internazionale/>

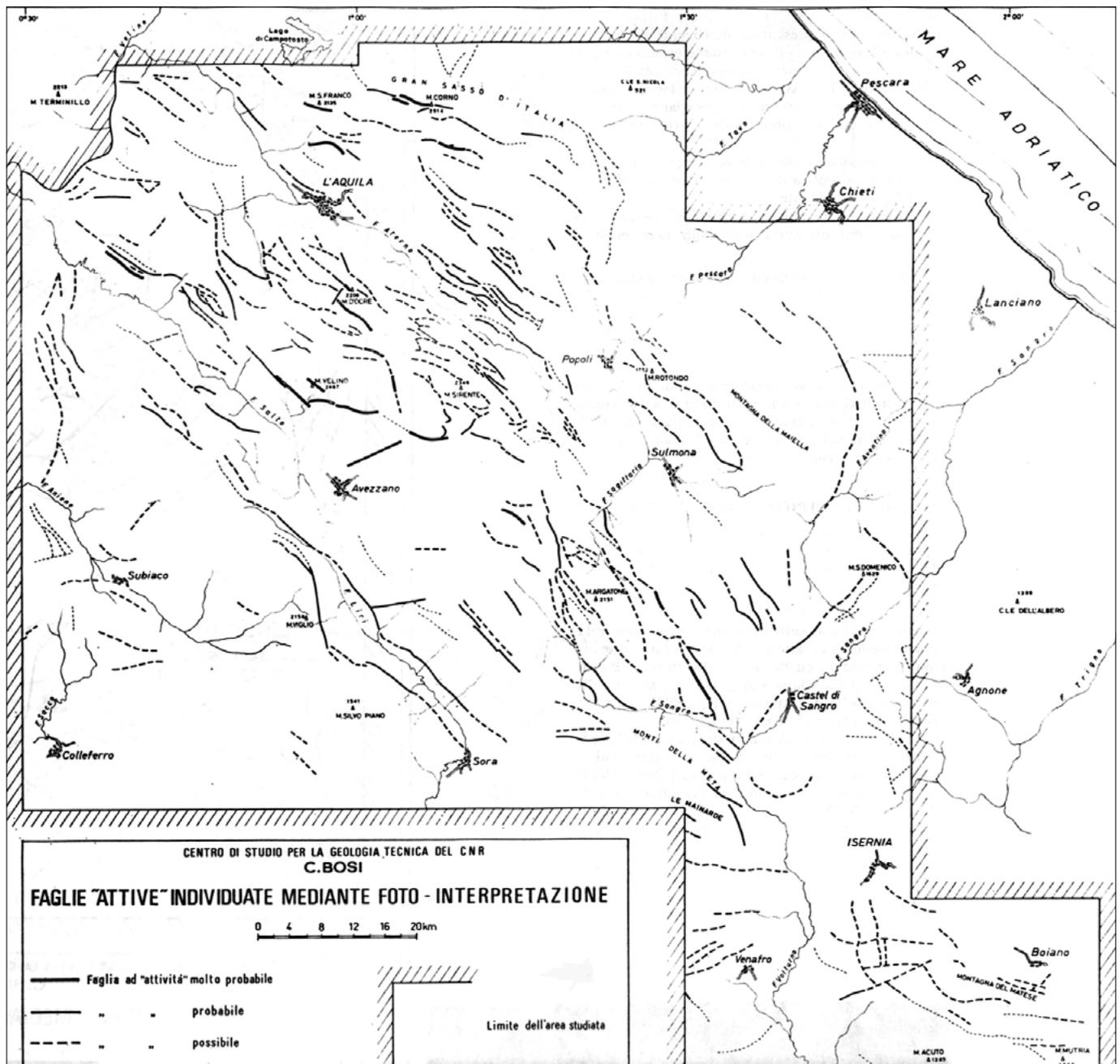


Figura 1. Mappa delle faglie attive identificate da Bosi (1975) nella porzione appenninica dell'Abruzzo, in una versione leggermente modificata da Vannoli et al. (2012).

Il terremoto campano-lucano del 23 novembre 1980, detto anche 'terremoto dell'Irpinia', rappresentò un'occasione unica per verificare la natura sfuggente e ambigua che esiste tra il movimento di una grande faglia sismogenetica, che per definizione si trova ad una profondità caratteristica variabile da un minimo di 2-3 km a un massimo di 25-30 km, e la deformazione che ogni singolo terremoto fa propagare fino alla superficie topografica (attenzione: parliamo strettamente di deformazione, non di scuotimento).

I terremoti che avvengono a livelli più superficiali di questo intervallo hanno per loro natura una magnitudo molto limitata (per via delle dimensioni sensibilmente minori della faglia responsabile), anche se questo non gli impedisce di essere localmente dis-

strosi, come dimostra la sismicità di aree vulcaniche come Ischia, l'Etna e i Colli Albani. Viceversa, in particolari aree del nostro paese possono accadere anche terremoti più profondi dei valori massimi sopra indicati, ma si tratta di eventi in genere abbastanza rari, spesso non molto energetici, e comunque tali da non causare scuotimento distruttivo, anche se potenzialmente esteso su regioni molto ampie: una caratteristica distintiva dei terremoti più profondi della media, come fu ad esempio quello che colpì San Giuliano di Puglia (Molise orientale) il 31 ottobre 2002. A questa caratteristica fa riscontro la severità dei danni – ma anche la limitata estensione dell'area colpita – che si osserva quando accade un terremoto molto superficiale, come quello che ha colpito Casamicciola (Ischia) il 21 agosto 2017.

Anche in virtù del fatto di essere sostanzialmente più forte degli eventi che erano accaduti nei due decenni precedenti – la sua magnitudo era prossima a 7.0 – il terremoto del 1980 causò estese rotture della superficie topografica (nell'occasione del quarantennale, su questo terremoto l'INGV ha elaborato un'ampia sintesi, consultabile alla pagina <http://terremoto80.ingv.it>). Queste rotture erano perfettamente congruenti con le informazioni sismometriche e geodetiche disponibili per quell'evento, ma nuovamente violavano – e in modo inquietante – il quadro delle conoscenze allora disponibili sulla tettonica attiva della penisola italiana (Fig. 2).

Ai primi geologi che si recarono sul terreno per osservarne gli effetti geologici il terremoto del 1980 apparve come l'ennesima dimostrazione di quella che

stava diventando una curiosa ‘anomalia italiana’; l’assenza – quantomeno apparente – di tracce superficiali certamente interpretabili come dovute all’emersione di faglie sismogenetiche, anche per un evento decisamente forte. Questo spinse molti a ritenere che la particolarissima configurazione geologica dell’Italia fosse tale da rendere i fenomeni tettonici sicuramente osservabili alla scala dei milioni di anni, ma non anche a quella del singolo terremoto. Agli inizi degli anni ’80 la California, la faglia di San Andreas e tutta la letteratura sismogeologica anglosassone di quegli anni apparivano lontanissime, in tutti i sensi: anche se, per la verità, gli stessi sismologi statunitensi avevano attraversato una fase simile, nel rapporto con i loro colleghi geologi. Fu lo stesso Charles Richter, infatti, ad asserire che

“... *Because of the dispersion of seismological literature, geologists often overlook or ignore it. A recent paper on the geomorphology of a highly seismic region discusses rift valleys and faults, but ignores well-described faulting on two historical occasions, omits study of earthquake locations ... and ends with an airy generality to the effect that the frequent earthquakes show that block movements are still going on...*” (Richter, 1958: Pag. 7).

Ma le cose cambiarono presto. Nel 1984 Rob Westaway e James Jackson, due sismologi inglesi che avevano ricevuto da un collega italiano foto molto eloquenti sugli effetti geologici del terremoto del 1980, pubblicarono sulla pre-

stigiosa rivista Nature un resoconto degli effetti più evidenti osservabili nell’area epicentrale (Westaway e Jackson, 1984). Si apriva così, seppure con ritardo, una fase di studio che avrebbe dato vita a un settore disciplinare fino ad allora sostanzialmente assente in Italia.

In seguito, tra il 1986 e il 1990, Daniela Pantosti e l’autore di questa nota visitarono ripetutamente l’area epicentrale del terremoto del 1980, analizzando nel dettaglio tutto ciò che ancora poteva essere visto sul terreno come effetto diretto dell’emersione della faglia sismogenetica (Funciello *et al.*, 1988; Pantosti e Valensise, 1990). Fu ricostruita una scarpata di faglia complessivamente estesa per circa 38 km, la quale nella sua porzione centrale, in prossimità della zona di massimo rilascio di momento sismico, mostrava di aver generato una controtopografia: sollevava la Piana del Sele e ribassava la cima dei rilievi locali (Fig. 2). Questo anomalo rapporto tra la geometria della faglia e il paesaggio, osservato con sistematicità lungo la rottura, era del tutto inaspettato, e fu forse la causa primaria della lentezza con cui fu osservata e documentata la fagliazione superficiale causata dal terremoto del 1980.

UNA EVIDENZA INCONTROVERTIBILE

La pendenza verso nord-est della sorgente del terremoto del 1980, una faglia che per le sue dimensioni è certamente di ordine fondamentale nella gerarchia delle faglie appenniniche,

metteva fortemente in crisi il modello geodinamico dell’Appennino che aveva dominato fino alla metà degli anni ’80: un modello secondo cui la sismicità è una manifestazione della progressiva migrazione verso nord-est dell’estensione già documentata sia nella fascia costiera di Toscana, Lazio e Campania, sia nell’immediato *offshore* del Tirreno meridionale e dell’Arco Calabro. Questa tettonica estensionale veniva vista come un processo in grado di giustificare la surrezione della catena appenninica come il cumulo del sollevamento causato dal *footwall uplift* di gradinate di grandi faglie dirette regionali, oggettivamente più idealizzate che non effettivamente osservate sul terreno.

Negli anni ’90 il tema del sollevamento dell’Appennino iniziò ad essere affrontato da diversi autori: dapprima, attraverso la ricostruzione dei terrazzi marini che contornano tutto l’Appennino meridionale, con particolare riferimento a quelli che orlano il Golfo di Taranto, e poi attraverso le osservazioni fornite dalle allora nascenti reti GPS. Da queste ricerche apparve finalmente chiaro che il sollevamento dell’Appennino è un processo che agisce in modo areale e a scala regionale – dunque non guidato da singole strutture tettoniche – con una lunghezza d’onda di 100-150 km dal Tirreno all’Adriatico (o Ionio, a seconda della latitudine) e una velocità di creazione di topografia dell’ordine di 1.5-2.0 km per milione di anni. Sul motore di questo processo ancora oggi esistono ipotesi discordi, ma è riconosciuto il fatto che esso prescinde dall’estensione e dai terremoti appenninici: semmai, ne è in qualche modo la causa, come dimostra l’allineamento di grandi terremoti estensionali proprio lungo l’asse riconosciuto del sollevamento.

Dal confronto tra le rotture di superficie ricostruite per il terremoto del 1980 e quanto riportato nella Carta Neotettonica (Fig. 3) emergeva peraltro che le numerose faglie in essa riportate non erano state né la causa del terremoto, né erano state riattivate in conseguenza di esso; con la sola eccezione, peraltro dubbia, della faglia mappata sul piede nord-orientale dei Monti Picentini, per circa 10 km verso nord-ovest a partire da Caposele (AV).

UNA PROSPETTIVA DA RIVEDERE

Negli anni successivi la comunità dei geologi che si dedicavano allo studio delle faglie sismogenetiche crebbe rapidamente, come numerosità e come



Figura 2. Settembre 1988: Daniela Pantosti, allora giovane ricercatrice dell’Istituto Nazionale di Geofisica, e Renato Funciello, allora Ordinario di Geologia Strutturale all’Università di Roma e purtroppo scomparso prematuramente, fotografati mentre osservano la scarpata di faglia causata dal terremoto del 1980, in questo punto alta oltre 80 cm. Abbastanza sorprendentemente, la scarpata ribassava la cima del Monte Carpineta rispetto al fondovalle del Fiume Sele, che si trova alle spalle dei due soggetti. Questa geometria, tuttavia, era coerente con le informazioni sismometriche e geodetiche del terremoto, secondo le quali questo fu generato da una faglia lunga quasi 40 km pendente verso nord-est, in precedenza del tutto sconosciuta del tutto sconosciuta (foto G. Valensise)

progettualità. Vennero studiati altri terremoti storici e preistorici come quelli dello Stretto di Messina del 1908 e di Avezzano del 1915, anche con i metodi della Paleosismologia, e vennero studiati i terremoti di magnitudo intermedia che via via accadevano, da quello di Potenza del 1990 a quello di Colfiorito del 1997. Emergeva con sistematicità un rapporto quantomeno ambiguo tra faglie sismogenetiche profonde e strutture mappate in superficie. Un'analisi pubblicata nel 2001 (Valensise e Pantosti, 2001: Fig. 4) propose di prendere definitivamente atto di alcune caratteristiche fondamentali che possono motivare questa sostanziale ambiguità:

- la scarsa correlazione tra strutture sismogenetiche e geologiche note, e parallelamente, la tendenza delle faglie reponsabili dei più forti terremoti italiani a non coincidere con faglie mappate;
- l'estrema complessità della storia tettonica della penisola, tale per cui il paesaggio geologico presenta chiara evidenza di faglie che sono state attive in epoche di molto precedenti a quella attuale;
- l'esistenza di molte faglie sismogenetiche che sono del tutto cieche, o al più interessano la superficie con fratture secondarie;
- la limitata velocità della deformazione tettonica attuale, e in particolare del processo di estensione che interessa tutta la catena appenninica e che è responsabile per circa il 70% di tutta la sismicità italiana;

e) la giovane età – forse addirittura meno di un milione di anni – dell'ultimo grande cambiamento nel regime tettonico che domina oggi nell'Italia peninsulare; e infine

- f) il progressivo ringiovanimento delle strutture tettoniche più antiche causato dal forte sollevamento recente della porzione assiale di tutta la catena appenninica: una circostanza che, unita alla giovane età della tettonica oggi attiva in quell'area, rende paradossalmente più visibili le faglie antiche, ormai inattive, rispetto a quelle attive oggi, con il risultato di rendere molto più difficile distinguere tra le une e le altre sul terreno.

I terremoti che si susseguivano fornivano via via ulteriori vincoli a questo quadro. Il terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009, ad esempio, viene correntemente ritenuto essere stato causato da una faglia (la Faglia di Paganica) poco visibile e abbastanza trascurata dalla letteratura precedente; né la scossa interessò, neppure passivamente, alcune delle faglie dell'Abruzzo centrale più frequentemente assunte come 'certamente attive'.

Un'analisi di dettaglio condotta da Vannoli *et al.* (2012) concluse che le faglie riportate da Bosi (1975: Fig. 1) erano troppo piccole per rappresentare la sorgente dei forti terremoti abruzzesi, e allo stesso tempo troppo numerose rispetto al numero di forti terremoti attesi sulla base del record storico e della presumibile velocità della deformazione tettonica di quella regione. Peraltro, Bosi stesso osservava che le faglie che aveva cartografato

potevano rappresentare semplicemente l'espressione superficiale di più importanti sistemi profondi meno evidenti, dunque essere rotture secondarie: ma gli studi sui terremoti di Avezzano del 1915, del Parco Nazionale d'Abruzzo del 1984, dell'Aquila del 2009 mostravano che anche questa circostanza era scarsamente probabile. Peraltro lo stesso Bosi era ben consapevole della difficoltà intrinseca di valutare lo stato di attività di una faglia in un settore interno alla catena, dove per definizione scarseggiano quei depositi giovani ed arealmente estesi che sono una condizione irrinunciabile per valutare la (eventuale) attività olocenica o tardo-pleistocenica di ciascuna faglia.

LA GERARCHIA DELLE FAGLIE

Le osservazioni che si andavano accumulando ponevano una questione a cui la geologia mondiale si era interessata abbastanza poco fino a quel momento: quella relativa all'esistenza di una *gerarchia* delle faglie. La Geologia Strutturale ha sempre avuto piena consapevolezza dell'esistenza di una tale gerarchia nei sistemi di faglia esumati, ma ora si poneva la questione di valutare le eventuali conseguenze pratiche di questa loro caratteristica nei sistemi attivi e sismogenetici. Queste conseguenze, che già si intravedevano, potevano essere così riassunte:

- le faglie di ordine principale sono quelle che generano terremoti potenzialmente distruttivi, convenzionalmente da M_w (magnitudo-momento) 5.5 in su. La teoria sismologica e

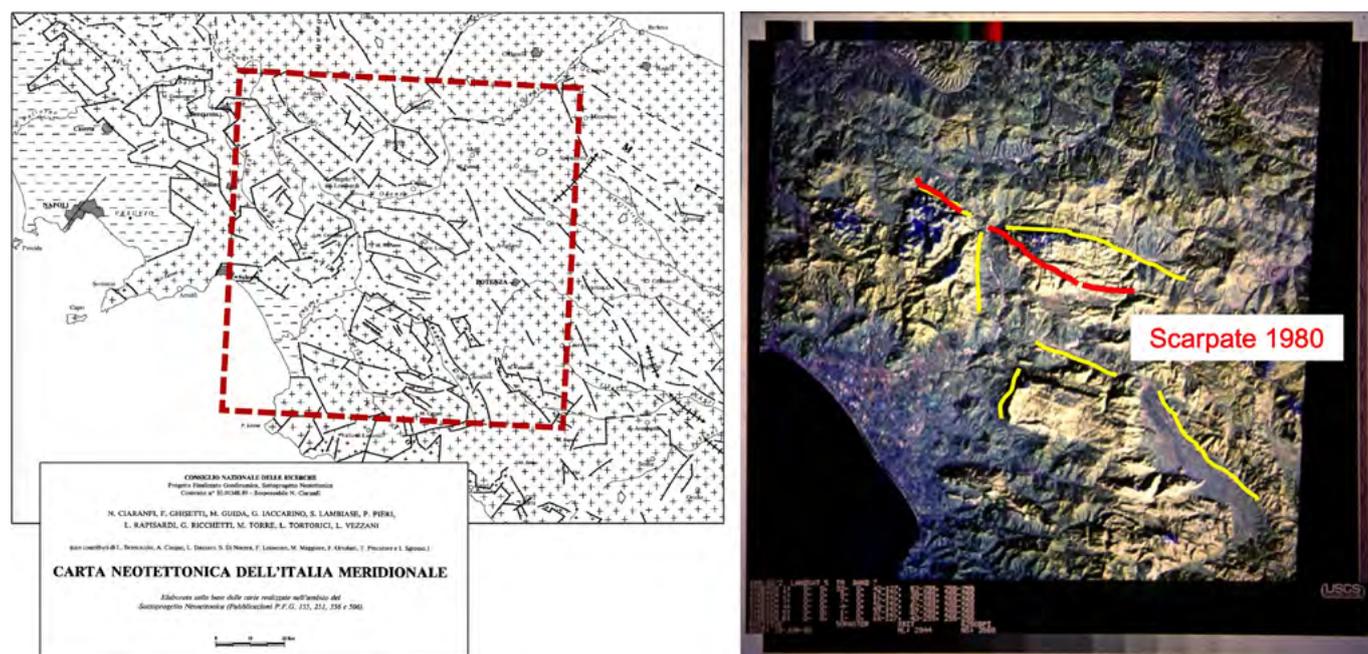


Figura 3. (A sinistra) Carta Neotettonica dell'Italia meridionale, pubblicata da Ciaranfi *et al.* (1983) ma in effetti compilata prima del terremoto del 1980 nel quadro delle attività del Progetto Finalizzato Geodinamica, che si era concluso formalmente nel 1981. (A destra) Ripresa Landsat 5 della porzione dell'Appennino meridionale colpita dal terremoto del 1980 (l'immagine si iscrive nel riquadro a tratteggio dell'immagine di sinistra): in giallo sono riportati alcuni dei lineamenti principali mostrati dalla Carta Neotettonica, mentre in rosso sono mostrate le scarpate di faglia causate dal terremoto.

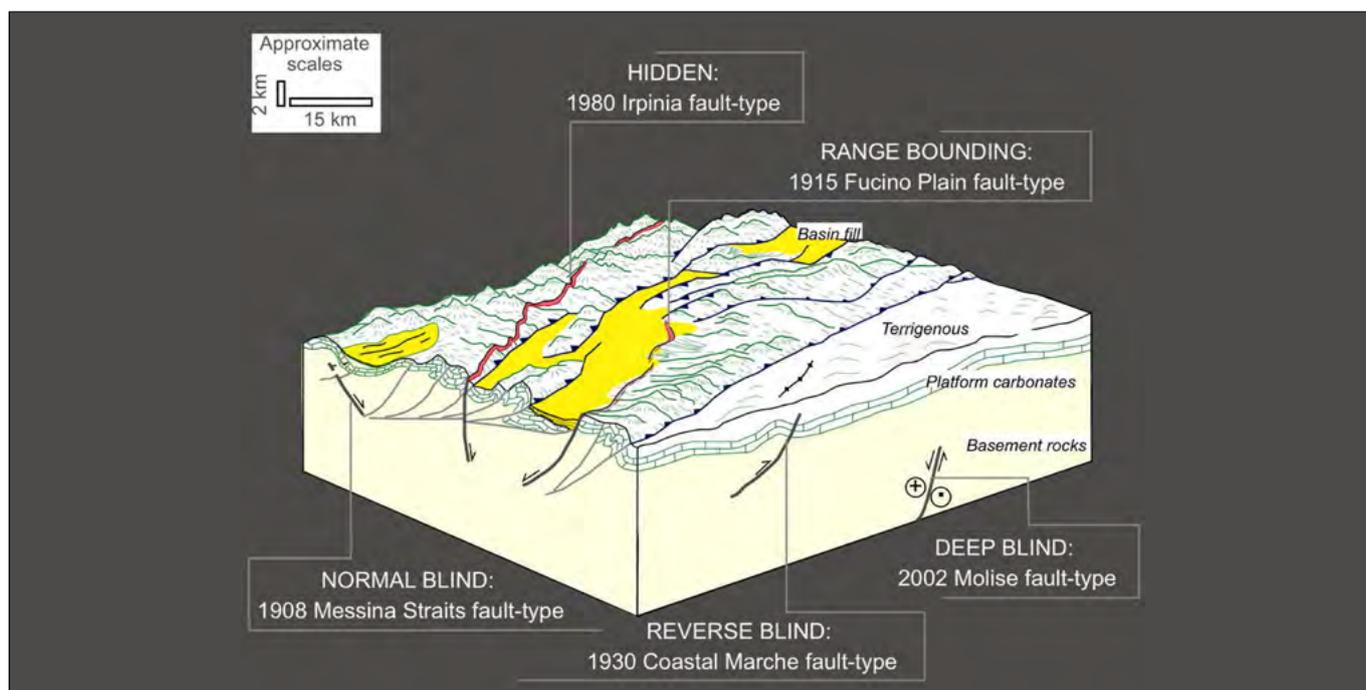


Figura 4. Schema delle relazioni tra la sorgente sismica e le sue manifestazioni superficiali per una selezione di terremoti italiani tra il 1908 e il 2002, ognuno rappresentativo di un particolare contesto sismologico, geologico e geomorfologico. Fa da sfondo un ambiente geologico e un paesaggio tipicamente appenninico. Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al testo e al lavoro da cui l'immagine originale è stata tratta (Valensise e Pantosti, 2001: la versione qui mostrata è stata modificata e aggiornata).

le osservazioni sperimentali mostrano che in Italia una faglia di questo tipo ha una dimensione lineare che varia da un minimo di 5 km a un massimo di 50 km circa, corrispondente alla dimensione della sorgente di un terremoto di M_w 7.1 quale fu quello del 1908 nello Stretto di Messina, l'evento più energetico registrato nell'era strumentale. Faglie più piccole di 5 km difficilmente possono costituire la sorgente di un terremoto significativo;

- le faglie di ordine principale si trovano nello strato sismogenetico (della cui profondità si è già detto sopra): la possibilità di osservarle direttamente in superficie è per definizione abbastanza remota e limitata alle faglie più grandi, ovvero alle sorgenti dei terremoti più forti;
- tutte le faglie osservabili in superficie sono quasi certamente elementi di ordine gerarchico inferiore, e solo un sottoinsieme di esse saranno faglie attive. Queste a loro volta sono attivate dall'azione della sottostante faglia sismogenetica secondo molteplici meccanismi e solo nell'istante del terremoto.

Bonini *et al.* (2014) hanno utilizzato modelli analogici ed evidenze sperimentali di natura diversa per descrivere lo stato di gerarchizzazione del sistema di faglia che ha causato il terremoto dell'Aquila del 2009 (M_w 6.3) e le rotture superficiali associate. La Fig. 5 mostra la sintesi dei risultati ottenuti e della conseguente proposta metodologica.

Questi autori hanno diviso le diverse faglie appartenenti al sistema in cinque categorie distinte:

Categoria 1) - Faglie principali sismogenetiche: comprende tutte le faglie capaci di generare terremoti di $M_w \geq 5.5$. Possono o meno raggiungere la superficie e causare fagliazione superficiale primaria, a seconda della loro profondità, della distribuzione della dislocazione cosismica e della loro posizione strutturale rispetto a eventuali discontinuità ereditate favorevolmente orientate nelle rocce-ospiti.

Categoria 2) - Faglie ereditate non superficiali: include le faglie generate durante precedenti fasi di deformazione. Possono agire passivamente, ad esempio limitando efficacemente la dimensione della rottura cosismica, e quindi la magnitudo dei terremoti generati dalla faglia principale, oppure possono essere esse stesse la sorgente di forti scosse successive.

Categoria 3) - Faglie secondarie indotte dalla propagazione della faglia: comprende rotture che rappresentano la risposta fragile della porzione più superficiale della crosta alla propagazione verso l'alto della faglia principale. Queste faglie sono normalmente disposte in uno schema a coda di cavallo grossolanamente triangolare.

Categoria 4) - Faglie superficiali secondarie dovute a deformazione flessurale (o *bending moment faults*: es. faglia

di Paganica): include rotture generate dalla flessura crostale che si forma al di sopra della porzione più superficiale della faglia principale. Simulano fagliazione superficiale primaria, ma evolvono dalla superficie verso il basso, non dal basso verso la superficie, come sarebbe normale per una faglia profonda che si propaga verso l'alto.

Categoria 5) - Faglie ereditate superficiali (es. faglie di Bazzano e Pettino): include faglie formatesi durante precedenti fasi di deformazione; nel caso di specie corrispondono per lo più a faglie che delimitano bacini di *piggy-back*, o più in generale che accompagnano l'evoluzione dei *thrust* nord-est vergenti durante la messa in posto della catena appenninica. Sono generalmente molto evidenti sul terreno e possono o meno essere riattivate, in funzione della loro posizione e geometria rispetto al *pattern* di deformazione cosismica imposto dalla sottostante faglia principale.

LA SISTEMATIZZAZIONE DELLE CONOSCENZE SULLE FAGLIE

Una corretta identificazione e gerarchizzazione delle faglie attive presenti in una determinata regione crostale è la preconditione essenziale per le due applicazioni più importanti di quanto discusso in questa nota:

- 1) l'identificazione, parametrizzazione e caratterizzazione delle faglie principali (Categoria 1 in Fig. 5), e la parallela esclusione delle faglie

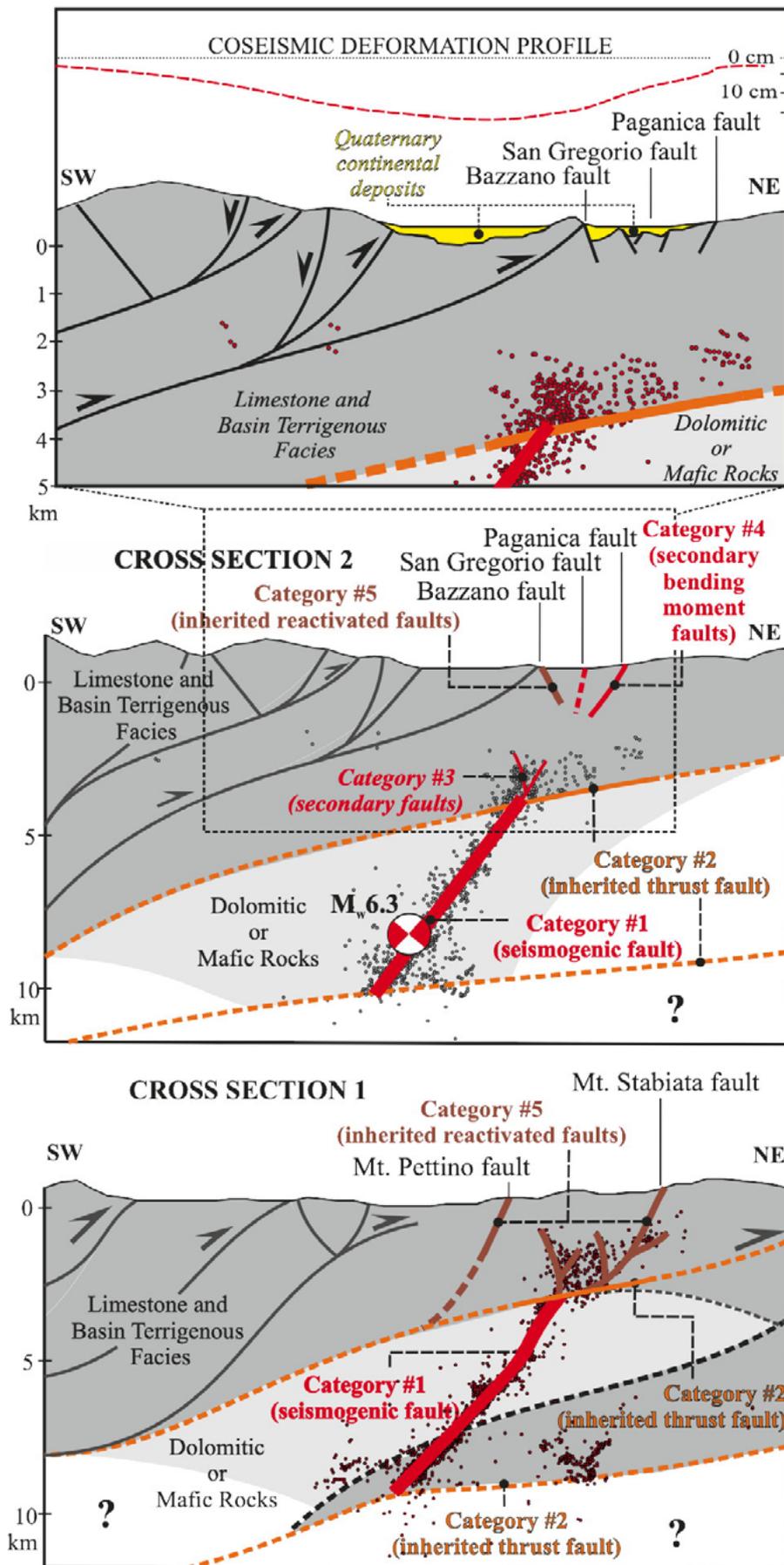


Figura 5. Schema della sorgente del terremoto aquilano del 6 aprile 2009 lungo sezioni perpendicolari alla faglia principale: in alto è mostrato un dettaglio della porzione più superficiale della crosta, fino a una profondità di 5 km, mentre al centro e in basso sono mostrate due ricostruzioni che arrivano fino alla base della faglia-sorgente. Le due sezioni centrale e inferiore mostrano anche una sintesi dei rapporti gerarchici tra le diverse faglie interessate dall'evento. Nella sezione in basso, ad esempio, si ipotizza che lo sviluppo in senso verticale della sorgente del terremoto del 2009 sia stato vincolato dalla presenza di due sovrascorrimenti di dimensioni regionali, con una conseguente riduzione della magnitudo del terremoto. Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al testo (l'immagine è tratta da Bonini et al., 2014, con alcune modifiche editoriali).

che non sono attive o non sono in grado di generare terremoti significativi, consente di elaborare modelli di pericolosità sismica molto accurati in funzione del tempo e della distanza a cui si trova un determinato sito di interesse da ciascuna faglia. La pericolosità potrà essere valutata in termini probabilistici se il *target* è un'intera regione o una nazione, nel qual caso si farà riferimento a tutte le faglie conosciute per l'area di interesse e ai nodi di una griglia sovrapposta ad essa: o potrà essere valutata in termini deterministici o misti se il *target* è una specifica opera, ad esempio una diga, un ponte o una centrale di produzione di energia, nel qual caso verranno utilizzate solo le faglie potenzialmente rilevanti per quello specifico sito;

- 2) l'identificazione delle faglie di superficie che in caso di terremoto potrebbero interferire ed eventualmente danneggiare le fondazioni di infrastrutture a rischio o anche di semplici abitazioni (Categorie 1, 4 e 5). Si tratta delle cosiddette 'Faglie Attive e Capaci' o *Active and Capable Faults*, note da tempo come FAC (o ACF) e ormai entrate nelle procedure di microzonazione sismica: faglie che non sono solo 'attive', nella misura in cui durante un terremoto rispondono alla deformazione causata sotto di esse dalla presenza di una faglia sismogenetica, deformandosi a loro volta, ma sono anche 'capaci', ovvero in grado di dar luogo a rigetti che potrebbero danneggiare qualunque manufatto costruito sopra di esse.

In Italia questi due insiemi di faglie sono stati tradizionalmente oggetto di sistematizzazione ad opera di due gruppi del tutto indipendenti, che curiosamente hanno iniziato ad operare negli stessi anni, tra il 1999 e il 2000. La cosa in effetti non fu del tutto casuale, perché tra il 1999 e il 2000 si concludeva il ciclo di vita quasi ventennale del GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti), che nel 2001 sarebbe stato incorporato nel nuovo INGV, ed era quindi un momento in cui si "tiravano le somme" di molte attività che fino a quel momento erano state svolte quasi in competizione tra enti diversi. Il primo gruppo si era costituito presso l'ISPRA (allora APAT), e nel 2000 aveva pubblicato il database ITHACA (Italy Hazard from Capable faults: Michetti et al., 2000). Il secondo gruppo si era costituito presso l'INGV (allora ING) e nel 2000 aveva presentato il prototipo del DISS, pubblicato l'anno successivo



- Sorgenti Sismogenetiche (*Individual, Composite, Subduction, Debated*)
- Mappatura non completa attraverso le ISSs. Aspira ad essere completa attraverso le CSSs
- Parametrizzazione geometrica 3D e cinematica
- Uso primario:
 - Valutazioni pericolosità da scuotimento/tsunami**
- Copre anche aree limitrofe al territorio italiano
- Accessibile tramite Web-mapper e servizi web completi



- Faglie Capaci (*Primary, Secondary*): faglie in grado di deformare la superficie
- Mappatura delle faglie capaci non necessariamente completa (es. nelle aree marine)
- Parametrizzazione geometrica 2D e cinematica
- Uso primario:
 - Valutazioni pericolosità da fagliazione superficiale**
- Limitato al territorio italiano
- Accessibile tramite Map-viewer e servizi WMS

Figura 6 - Sintesi delle caratteristiche e degli utilizzi principali dei database DISS (a sinistra: <http://diss.rm.ingv.it/diss/>) e ITHACA (a destra: <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>).

(Database of Individual Seismogenic Sources: Valensise e Pantosti, 2001).

I due database, i cui tratti essenziali sono delineati in Fig. 6, non erano alternativi, ma al contrario strettamente complementari: se da un lato il DISS si interessava primariamente alle sorgenti sismogenetiche profonde, ed era stato ideato e compilato per fornire uno strumento geologico di base per valutare il *groundshaking hazard* (pericolosità sismica da scuotimento), ITHACA puntava esclusivamente alle faglie attive e capaci, ovvero a faglie strettamente superficiali, ed era stato concepito espressamente per fornire uno strumento geologico di base per il *surface faulting hazard* (pericolosità sismica da fagliazione superficiale).

Lo sviluppo dei due strumenti ha proceduto in parallelo per almeno 15 anni, senza che venissero sviluppati specifici punti di contatto tra di essi; tuttavia, nel tempo, e soprattutto dopo la promulgazione del D.L. 28 aprile 2009, n.39, che all'Art. 11 varava uno specifico finanziamento per l'esecuzione di studi di microzonazione su tutto il territorio nazionale, è maturata la consapevolezza che fosse necessario compiere uno sforzo per esplorare il grado di compatibilità e i fondamenti scientifici dei due database, e soprattutto per renderli pienamente interoperabili, a beneficio dei ricercatori e delle categorie professionali che li devono utilizzare. Nel 2016 il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ha avviato uno specifico progetto finalizzato a garantire questa interoperabilità, così da dotare l'Italia di un *corpus* di conoscenze

pressoché unico al mondo, disponibile gratuitamente a chiunque e per di più facilmente accessibile.

Ovviamente il lavoro di ricerca prosegue. Gli autori del DISS hanno la responsabilità di identificare ulteriori faglie fino ad oggi sconosciute, particolarmente nelle aree a sismicità più rara e nell'*offshore*. A loro volta, gli autori di ITHACA dovranno certificare l'attività delle faglie già censite, oltre ad aggiungere elementi ancora non identificati, soprattutto nelle aree a maggior densità di popolazione e di attività produttive. Per gli uni e per gli altri resterà la necessità di fare tesoro delle tante lezioni apprese nei 40 anni trascorsi dal terremoto del 1980, così come sono state descritte all'inizio di questo testo. Per la comunità nazionale delle Scienze della Terra sarà un modo quanto mai efficace per dimostrare che i risultati della ricerca possono contribuire fattivamente alla sicurezza nazionale rispetto al problema sismico, fornendo stime sempre più accurate dei caratteri dello scuotimento e delle deformazioni fragili attesi area per area.

BIBLIOGRAFIA

- BONINI L., DI BUCCI D., TOSCANI G., SENO S., VALENSISE G. (2014), *On the complexity of surface ruptures during normal faulting earthquakes: excerpts from the 6 April 2009 L'Aquila (central Italy) earthquake (M_w 6.3)*. Solid Earth, 5, 389-408, doi: 10.5194/se-5-389-2014.
- BOSI C. (1975), *Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino Centrale*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 827-859.
- CIARANFI N., GHISSETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RA-

PISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L., VEZZANI L. (1983), *Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale, Foglio 2, Intervallo IV-V*. C.N.R. Pubbl.#515 del Progetto Finalizzato Geodinamica.

FUNICIELLO R., PANTOSTI D., VALENSISE G. (1988), *Fagliazione superficiale associata al terremoto irpino del 23 Novembre 1980*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 1139-1144.

MICHETTI A. M., SERVA L., VITTORI E. (2000), *ITHACA Italy Hazard from Capable Faults: a database of active faults of the Italian onshore territory*. CD-ROM e note.

PANTOSTI D., VALENSISE G. (1990), *Faulting mechanism and complexity of the November 23, 1980, Campania-Lucania earthquake, inferred from surface observations*. J. Geophys. Res. 95, 15319-15341. <https://doi.org/10.1029/JB095iB10p15319>.

RICHTER C. F. (1958), *Elementary seismology*. Freeman & Co. (Ed.), San Francisco, 768 pp.

VALENSISE G., PANTOSTI D. (a cura di) (2001), *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M5.5 in Italy (DISS version 1.0)*. Distribuito su CD-ROM.

VALENSISE G., PANTOSTI D. (2001), *Seismogenic faulting, moment release patterns and seismic hazard along the central and southern Apennines and the Calabrian Arc*. In: G.B. Vai e I. P. Martini (a cura di), *Anatomy of an orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 495-512.

VANNOLI P., FRACASSI U., BURRATO P., VALENSISE G. (2012), *A fresh look at the seismotectonics of the Abruzzi (Central Apennines) following the 6 April 2009 L'Aquila earthquake (M_w 6.3)*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), 131, 3, 309-329, doi: 10.3301/IJG.2012.03.

WESTAWAY R., JACKSON J. (1984), *Surface faulting in the southern Italian Campania-Basilicata earthquake of 23 November 1980*. Nature, 312, 436-438.



Tavolo della Presidenza, composto da Sergio Bianchi, presidente dell'Associazione Vittime Universitarie del Sisma (AVUS), dall'allora vice presidente Angelo Lannutti e da Umberto Braccili, durante la cerimonia di premiazione della IV edizione a L'Aquila il 4 aprile 2017



Sono Marco Zanini e Vincenzo d'Oriano i due vincitori ex equo della IV edizione del premio AVUS del 2017, insieme a loro il presidente dell'Associazione Sergio Bianchi



PARTE SECONDA
LE TESI DEL PREMIO AVUS

SIGMA



Cerimonia di premiazione della terza edizione del Premio AVUS, ad aprile 2016 presso nella sede del Rettorato dell'Università degli Studi dell'Aquila. Sono presenti i Sindaci (con la fascia tricolore) dei Comuni nei quali risiedevano gli studenti vittime del terremoto del 2009



Edizione 2019 del Premio AVUS. Al centro la vincitrice Giulia De Cunto

Pianificazione per la vivibilità e la resilienza della comunità di Appignano del Tronto

Play: planning for the livability and resilience of appignano del tronto community

Tesi di Laurea Magistrale a ciclo unico in Ingegneria Edile e Architettura in Tecnica Urbanistica - Dipartimento di Architettura - Scuola di Ingegneria e Architettura - Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Relatore: prof. Ing. **Simona Tondelli**
Correlatore: dr.ssa **Claudia de Luca**
Autore: dr.ssa **Giulia Chiussi**
E-mail: chiussi.gi@gmail.com

Parole chiave: resilienza di comunità, rigenerazione rurale, post sisma, circolo virtuoso
Key words: community resilience, rural regeneration, post-earthquake, spiraling up

ABSTRACT

L'obiettivo della ricerca è trovare soluzioni per la rigenerazione della comunità Appignano del Tronto, un piccolo Comune delle colline di Ascoli Piceno colpito dallo sciame sismico del 2016-2017 che cerca di far fronte alle criticità tipiche di molti territori rurali d'Europa ulteriormente aggravate dagli eventi sismici.

La metodologia prevede la combinazione di due fattori che caratterizzano Appignano: da un lato lo indaga come territorio rurale, per cui l'inquadramento a livello strategico è stato individuato nelle direttive europee per le aree rurali che arrivano fino al livello locale; dall'altro lo indaga come territorio colpito dal terremoto, per cui l'ambito strategico di riferimento è quello della resilienza di comunità.

L'integrazione di questi due appetiti è avvenuta in fase di analisi, combinando metodi consolidati di analisi del territorio per la progettazione strategica e i capitali di riferimento per la valutazione della resilienza di comunità. In questo modo è stato possibile capire quali fossero gli ambiti più vulnerabili nella situazione attuale e proporre soluzioni progettuali: partendo da interventi riguardanti capitali specifici della comunità vengono influenzati anche altri ambiti, innescando così circoli virtuosi per il futuro della comunità.

INTRODUZIONE

La resilienza di comunità è definita come la capacità di una specifica comunità di reagire, adattarsi e riuscire a trasformare in opportunità le sfide ambientali, naturali e socio-economiche che deve affrontare; per comunità si intende un gruppo di individui e organizzazioni legate tra loro da geografia e dall'interesse personale percepito per svolgere in modo efficiente funzioni comuni (CARRI, 2011). Il concetto di resilienza si sta espandendo molto rapidamente nell'ambito scientifico e parallelamente è entrato ampiamente a

far parte del lessico quotidiano con uno svariato campo di sfumature e accezioni. Nello studio si fa riferimento all'accezione che viene dalla ricerca socio-ecologica, in cui la resilienza viene intesa come la capacità della rete di relazioni che i singoli cittadini hanno tra loro e con l'ambiente in cui vivono di ritrovare una condizione di equilibrio a seguito di una perturbazione della precedente condizione di stabilità (Wilson, 2012).

Per tenere conto di queste relazioni all'interno del processo di rigenerazione è stato adottato il *community capitals framework* di M. Emery e C. Flora (2006). Il testo suddivide il patrimonio della comunità in capitali fondamentali per la sua resilienza: questi sono il capitale naturale, costruito, finanziario, sociale, culturale e

umano, sui quali si fonda lo studio e che fanno riferimento agli stessi proposti dal progetto RURITAGE (heritage for rural regeneration), in cui si inserisce la ricerca.

Appignano del Tronto si configura a livello territoriale come un paese rurale delle colline marchigiane; la strategia per la sua rigenerazione si allinea con quella locale per l'area colpita dal terremoto, in riferimento alle esigenze locali seppur derivando direttamente dalle politiche europee. Considerando l'emergenza comune delle aree rurali in Europa, si osserva come metà dell'Europa sia costituita da territori rurali, nei quali vive circa il 20% della popolazione. Tuttavia, la maggior parte di questi territori rientra tra le regioni meno privilegiate dell'Unione europea, con un PIL

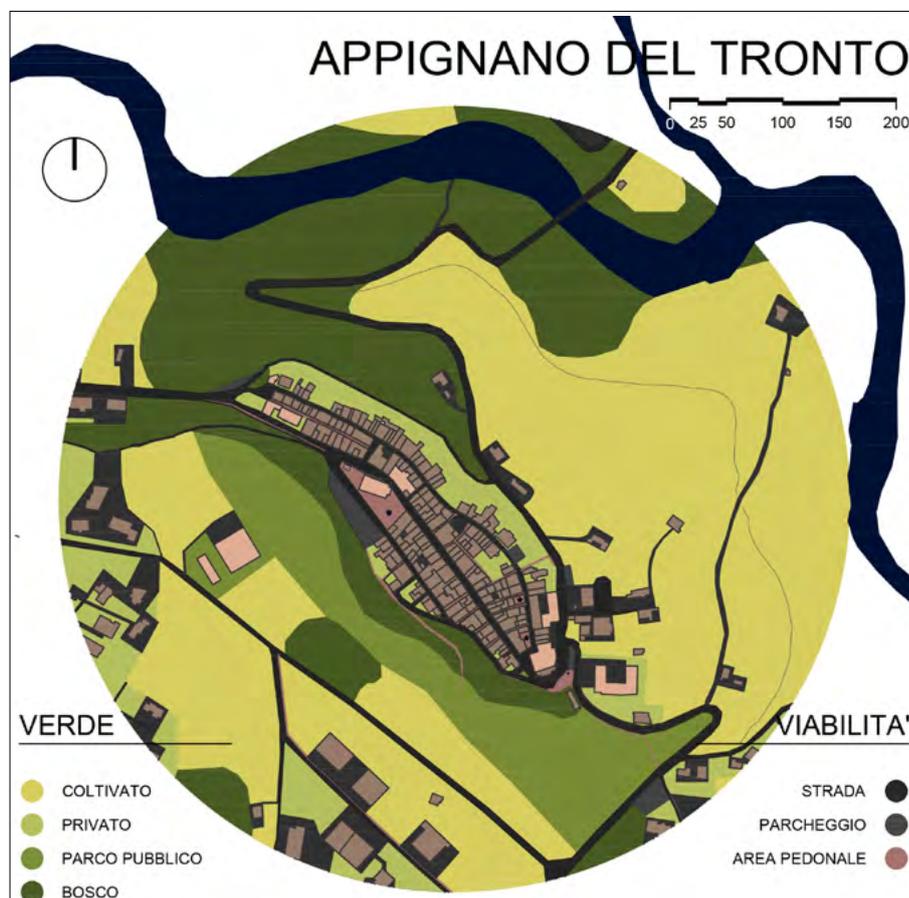


Figura 1. Appignano del Tronto: inquadramento territoriale

pro capite sensibilmente inferiore alla media europea (Sviluppo rurale - Politica regionale - Commissione europea (europa.eu)). Al declino economico ormai endemico per queste aree si affiancano lo spopolamento, l'invecchiamento della popolazione, la disoccupazione, la carenza di servizi e la difficoltà di accessibilità che rappresentano sfide comuni in tutta l'UE. In questo panorama il terremoto, oltre ad accentuare i problemi già presenti sul territorio, ha causato perdite ingenti nel patrimonio fisico.

Partendo da questi presupposti generali, lo studio per la rigenerazione di Appignano del Tronto vuole trovare soluzioni specifiche: quali sono le attuali caratteristiche (naturali, costruite, finanziarie, sociali, culturali e umane) su cui fare leva per la rigenerazione di Appignano? Quali invece la indeboliscono? Quali sono i soggetti coinvolti nelle strategie di progetto?

METODOLOGIA IL CASO STUDIO - APPIGNANO DEL TRONTO

Appignano del Tronto è un'area rurale situata nelle colline di Ascoli Piceno, che fa parte delle Aree Interne trovandosi distante dai principali centri che offrono servizi essenziali ai cittadini (istruzione, salute e mobilità), identificati anche a livello di direttive europee come elementi propri della "cittadinanza". Queste carenze sono il risultato di un circolo vizioso: il declino economico e l'emigrazione verso i centri urbanizzati hanno portato a una scarsa organizzazione dei servizi che ha aumentato la de-antropizzazione e la disattenzione al territorio. La conformazione collinare propria delle zone pedemontane e nello specifico appenniniche che da un lato vede inficiata la mobilità, l'accessibilità ai

servizi essenziali e le necessità di rapidità di spostamento del mondo globalizzato, ha portato anche alla formazione di una costellazione singolare di sistemi locali e paesaggi profondamente diversificati. È necessario tutelare l'unicità e la peculiarità di questo patrimonio culturale e ambientale (CNH: Cultural and Natural Heritage) investendo nella consapevolezza e nelle possibilità di rivitalizzarla.

In linea con le strategie locali del Gruppo di Azione Locale (GAL) piceno, il progetto si propone di avviare il processo di "spiraling up" cambiando l'attuale assetto dei luoghi di riferimento per la comunità: il primo obiettivo è quello di migliorare la qualità della vita degli abitanti di Appignano del Tronto. Per affrontare la desolazione fisica e psicologica che ha seguito il terremoto, il progetto vuole incidere positivamente sulla percezione delle persone verso il luogo in cui vivono e contribuire all'elaborazione delle sensazioni negative legate al terremoto. Questo cambiamento è possibile puntando sulle risorse intrinseche, sensibilizzando le persone verso le potenzialità del territorio e introducendo elementi che cambino anche l'aspetto fisico.

Un secondo componente su cui il progetto vuole incidere è il modo in cui Appignano si presenta, rendendola così un territorio attivo nella proposta turistica delle Marche e aumentando la visibilità dei prodotti che produce. Per fare questo, la chiave sta nel recupero della tradizione e nel rapporto con il territorio che da sempre caratterizza queste aree, ricche di cultura ma spesso sottovalutate, per la tendenza a preferire le logiche di mercato imposte da una globalizzazione sempre più pervasiva.

Il progetto non pone il territorio al di fuori del mercato globale, ma rafforza le caratteristiche locali per valorizzarlo e

aumentare il senso di appartenenza dei suoi abitanti.

In questa ottica, lo scopo è quello di aumentare la resilienza di Appignano del Tronto, ovvero migliorare le attuali condizioni di vita e la incrementare la capacità di generare nuove opportunità facendo leva sulle caratteristiche interne e sfruttando le possibili connessioni esterne. La resilienza globale può essere raggiunta solo mettendo insieme molte piccole realtà resilienti a livello locale (Wilson, 2012).

ANALISI

L'approccio seguito per l'analisi del caso studio deriva direttamente da quello proposto da M. Emery e C. Flora (2006) nella pubblicazione "*Spiraling-Up: mapping community transformation with Community Capitals Framework*". Il quadro generale dei capitali della comunità prevede la suddivisione in sei tipologie fondamentali di patrimonio della comunità: naturale, costruito, finanziario, sociale, culturale e umano. Questo approccio, mantenendo gli ultimi tre capitali divisi, mira a dare loro ulteriore importanza. In letteratura, infatti, questi tre capitali sono spesso riuniti sotto l'ombrello del capitale sociale (Wilson, 2012), che è più generale e, oltre a perdere sfumature di significato, perde rilevanza anche in termini di quantificazione della resilienza di comunità.

Un singolo capitale si definisce attraverso la quantificazione di materiale o di informazioni proprie di un soggetto in un determinato momento, ciò implica che ci sono due forme in cui il capitale può essere identificato: tangibile (come alberi, edifici e persone) o intangibile (come informazione immagazzinata nella mente o nei computer). Riferendosi a una comunità specifica, il capitale è contestualizzato non solo a livello temporale, ma anche a livello spaziale. In questo modo, i capitali di comunità possono essere usati sia come parametri per stabilire il livello di resilienza, sia e per ideare la sua rigenerazione.

Attraverso i capitali si individuano le aree-chiave per la rigenerazione grazie alle quali si può innescare il processo di spiraling-up, ossia l'inversione dell'attuale circolo vizioso in circolo virtuoso. Dai casi studio analizzati all'interno del progetto RURITAGE e quelli incontrati in letteratura sia per la rigenerazione dei territori rurali che per la resilienza di comunità, è emerso come l'azione sulle vulnerabilità fosse fondamentale per innescare il cambiamento; il capitale chiave per l'attivazione nell'ambito della resilienza di comunità è il capitale sociale (Emery and Flora, 2006).



Figura 2. I capitali della comunità

paese accogliente e a misura d'uomo		patrimonio culturale pubblico danneggiato	
abitanti aperti e inclusivi		edifici privati danneggiati e in disuso	
complesso storico per rifugiati politici		centro scarsamente abitato	
piccole imprese agricole		assenza di iniziative di promozione locale	
artigianato locale - ceramiche, pizzi, gioielli		servizi culturali poco valorizzati	
forte e riconosciuta tradizione culinaria		assenza di alloggi per turisti	
partecipazione a sagre ed eventi di paese		mancanza di trasporto pubblico efficace	
associazioni attive - pro loco		mancanza di attrattori	
caratteristico panorama dei calanchi		mancanza di attività per il tempo libero	
Strenghts	S	W	Weaknesses
Opportunities	O	T	Threats
spazi pubblici scarsamente utilizzati		territorio vulnerabile - terremoto e frane	
edifici privati inutilizzati		diffusa percezione di stallo post-terremoto	
creazione di nuove piccole piazze per la demolizione di edifici danneggiati dal sisma		diffusa instabilità e incertezza	
programmi Europei per i territori rurali		diminuzione 5% del turismo post-terremoto	
percorsi nel paesaggio rurale e dei calanchi		aumento 2% della disoccupazione	
artisti attivi nell'area		aumento 3% della migrazione verso la costa	
conoscenza tradizionale locale		27% della popolazione oltre i 65 anni	
banda musicale locale		mancanza di una visione collettiva	
		mancanza di consapevolezza del territorio	

Figura 3. Analisi SWOT

Attraverso l'analisi SWOT, acronimo di Strengths (forze), Weaknesses (debolezze), Opportunities (opportunità) e Threats (minacce), gli elementi specifici e peculiari del territorio e della comunità analizzata sono stati messi in relazione con i principali capitali di resilienza di comunità.

Questo tipo di analisi è uno strumento ormai consolidato nell'ambito della pianificazione strategica, e dato un obiettivo, permette di individuare gli elementi che influenzano l'esito della strategia, organizzandoli in una matrice. Questa si può leggere verticalmente, dividendo gli aspetti che facilitano il cambiamento (colonna di destra) o che lo ostacolano (colonna di sinistra), e orizzontalmente, osservando come in una fotografia lo stato attuale (prima riga) o l'insieme delle caratteristiche che sono in grado di influenzare l'andamento del progetto (seconda riga). Grazie alla correlazione tra gli elementi individuati dalla analisi SWOT e i relativi capitali di riferimento, è possibile chiarire anche quali siano i principali capitali sui quali innescare il circolo virtuoso per il caso di studio di Appignano del Tronto, ovvero il capitale costruito, sociale e quello naturale e culturale.

STRATEGIA

La strategia di intervento si basa sull'analisi SWOT per individuare i ca-

pitali-chiave di Appignano del Tronto e prevedere il loro potenziamento per innescare la rigenerazione del territorio, rispettando le attuali politiche regionali di sviluppo del territorio incluse nella

strategia per le aree colpite dal terremoto (DGR 1675/2018) e sintetizzate nel motto del documento per l'area cratere: "Ri-significare, ri-appropriarsi, ri-vitalizzare per il benessere!"

La linea di sviluppo si basa sia sul miglioramento del benessere della comunità e sulla conoscenza delle potenzialità del territorio che porti alla sua valorizzazione.

Ri-significare si rivolge quindi alla reinterpretazione della tradizione locale affinché diventi un nuovo motore radicato nella sua più autentica tradizione;

Ri-appropriarsi significa fondare un nuovi rapporti e relazioni con la natura (sia in modo attivo che passivo) ponendo l'accento sulle connessioni (sia fisiche che culturali), promuovendo così un nuovo senso di appartenenza al paesaggio nel suo insieme;

Ri-vitalizzare suggerisce di infondere nuove energie nella vita quotidiana di Appignano, per come questa è percepita dai suoi abitanti.

PROGETTO

Il patrimonio costruito è un elemento di forte caratterizzazione del paesaggio per Appignano del Tronto: il centro del paese si sviluppa lungo tre strade parallele e continue, delimitate da edifici in muratura di due o tre piani che si susseguono senza interruzione di conti-

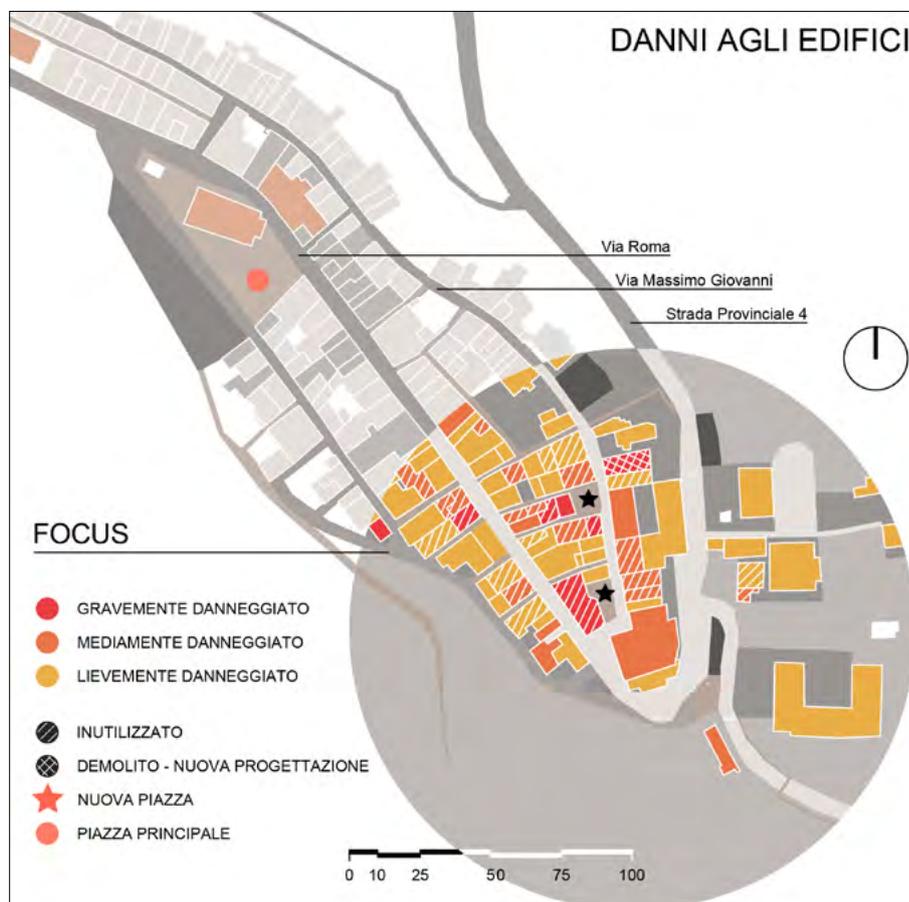


Figura 4. Appignano del Tronto: danni agli edifici

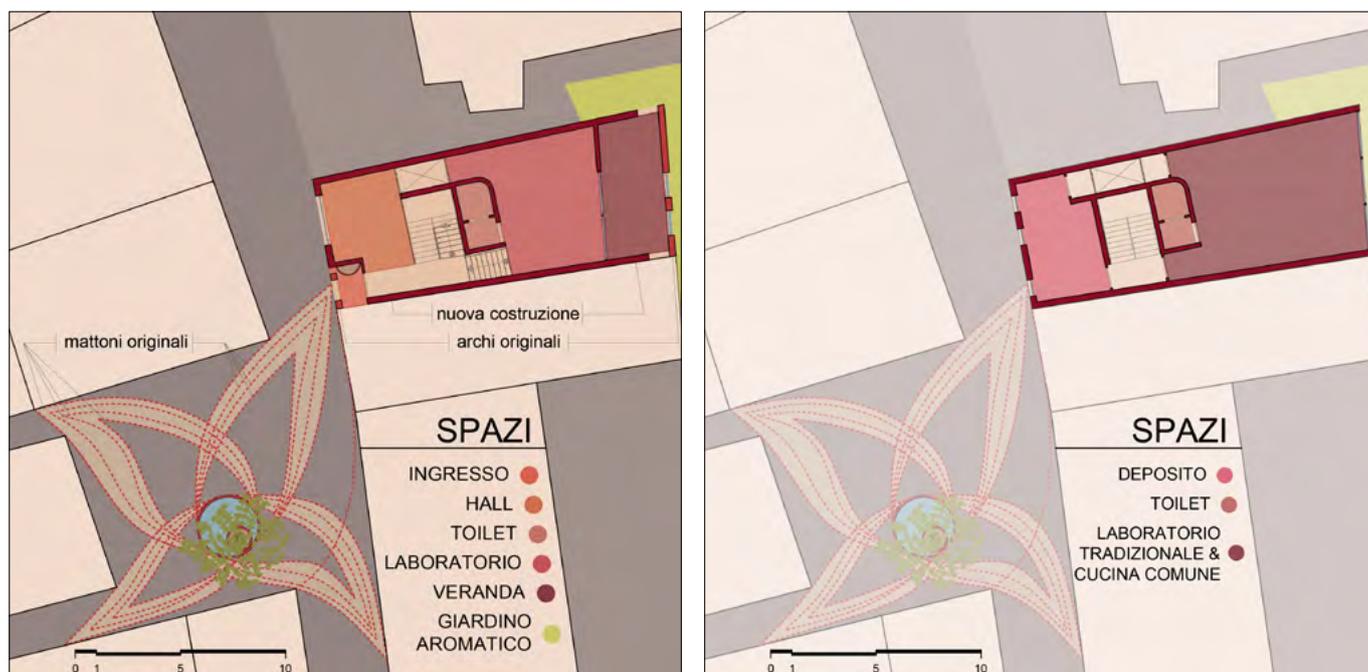


Figure 5 e 6. Masterplan della common house, piano terra e piano primo

nuità, collegate trasversalmente da piccoli vicoli pedonali. Due edifici gravemente danneggiati dal sisma sono stati demoliti creando due nuove piazze, che si inseriscono in questo contesto come forti interruzioni. Proprio per mitigare l'immagine fratturata del paese il progetto è focalizzato sull'area che collega le due piazze cercando di proporre, proprio per questi spazi, nuove opportunità di aggregazione.

Osservando l'elaborato che mette in relazione i danni agli edifici e il loro stato di utilizzo emerge come molti edifici che non sono stati compromessi dal sisma versino in uno stato di disuso e abbandono.

La proposta progettuale consiste nell'organizzazione di un co-housing diffuso, ossia un'idea di abitare condiviso che non si conclude in un unico luogo ma che si estende all'interno di Appignano, valorizzando il patrimonio costruito esistente grazie alla creazione di una rete di abitazioni vicine tra loro e aumentando il patrimonio sociale, favorendo l'abitazione stabile e attiva dei co-residenti.

La promozione e la gestione delle attività legate al territorio è affidata agli abitanti del co-housing, la cui casa comune diventa luogo di aggregazione nello svolgimento delle proposte leggere per rafforzare la resilienza della comunità: laboratori di cucina tradizionale, di creazione di pizzi al tombolo e di lavorazione della creta.

La common house è stata progettata accanto ad una delle due nuove piazze, nel vuoto lasciato da un ulteriore edificio demolito a seguito del terremoto, di cui

sono state conservate le arcate. La relazione tra questi due spazi che si propongono come aggregatori è evidenziato dal disegno della piazza, di cui è proposta l'esecuzione con mattoni derivanti dalla demolizione, mantenendo così un legame storico e dando una continuità cromatica con l'edificio di nuova progettazione.

A fianco dell'intervento sul progetto costruito, il contributo per aumentare la

resilienza della comunità di Appignano attivando i capitali sociale, naturale e culturale, viene dato da proposte leggere: al contrario del primo, per questi capitali non è necessario un grande investimento iniziale in termini economici ma un considerevole investimento di capitale umano.

Il capitale sociale fa riferimento alla rete di relazioni all'interno delle comunità e ne costituisce la base per il cam-



Figure 7. Vista della piazza dall'ingresso della common house

biamento; per consolidare il suo ruolo nella vita quotidiana si fa leva sulla riattivazione degli spazi pubblici, come l'organizzazione di un mercato di prodotti locali.

Il capitale naturale comprende i servizi ecosistemici e costituisce la base per il benessere umano; l'evoluzione del territorio, visibile nel paesaggio, plasma il capitale culturale andando a definire la cultura e i valori della comunità. Rafforzare il capitale culturale significa che la comunità conosce il territorio e si riconosce in esso come portatrice delle sue tradizioni; curare il patrimonio naturale significa garantire benessere per le generazioni future che lo abiteranno.

Appignano del Tronto è per dimensioni e sicurezza un luogo a misura di bambino: vedendo in questo aspetto una rara potenzialità, è stato progettato un percorso per bambini che grazie ad un libro di giochi sulle sue tradizioni conducesse ad un'esperienza di esplorazione attiva.



Figura 8. Una pagina del libro per la scoperta di Appignano: "Sul sentiero con Ze"

CONCLUSIONI

Questo studio sfrutta i progressi nella teoria e nell'applicazione della resilienza per la rigenerazione post-sisma del territorio rurale di Appignano del Tronto. Attraverso l'analisi della sua configurazione attuale esaminata attraverso la lente dei capitali della comunità, sono stati individuati i più vulnerabili: il patrimonio costruito, quello sociale e quello naturale e culturale sono diventati punti di partenza per innescare il processo di cambiamento verso una comunità resiliente.

La scelta del un co-housing diffuso è nata dalla necessità di intervenire simultaneamente su un patrimonio costruito gravemente danneggiato all'interno di una comunità fortemente indebolita dal progressivo spostamento verso la costa. L'intervento sul capitale costruito cam-

bia l'immagine del luogo, influenzando anche la percezione degli abitanti e favorisce il passaggio da uno stato di perdita ad uno resiliente sia sul piano fisico che su quello psicologico e dà la spinta iniziale per il cambiamento; l'azione su questo capitale influisce positivamente su altri capitali della comunità, innescando il circolo virtuoso.

Le ulteriori proposte "leggere" vanno a consolidare il ruolo della comunità come garante del patrimonio naturale e culturale e allo stesso tempo ne rafforzano la resilienza, contribuendo alla creazione di relazioni di fiducia reciproca tra i cittadini.

Una comunità resiliente deve anche trovare il giusto equilibrio tra meccanismi di funzionamento locali e globali, bisogna quindi considerare quello che avviene a scala più ampia: Appignano si inserisce nel contesto europeo, in cui la logica dominante è fortemente legata alle traiettorie di massimizzazione del profitto e in cui inevitabilmente vengono esercitate pressioni dovute alla globalizzazione. Queste sono dinamiche che derivano dalle strutture di potere che spesso rimangono in sottofondo, ma che hanno una forte influenza sulla vita e sulle priorità delle comunità, portando le comunità ad un progressivo distacco dalla tradizione e alla disattenzione del territorio.

I passi successivi per la comunità di Appignano del Tronto restano legati alla sua evoluzione: una volta innescato il percorso verso la resilienza, è necessaria la costante osservazione critica da parte dell'intera comunità, per permetterne la "volutazione", ossia per evolvere attraverso azioni volute e dettate dalla consapevolezza. Questo lavoro vuole essere un contributo per muovere i primi passi verso una comunità consapevole, ben radicata nel passato e proiettata verso il futuro: adattabile e capace di affrontare i cambiamenti costruendo sulle risorse esistenti.

Si ringrazia Giacomo Ravaglia per il contributo all'elaborazione delle immagini di progetto e Ciro Caprino per il neologismo "volutare"

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE E SITOGRAFIA

CARRI (2011), *Community Resilience System Initiative (CRSI) Steering Committee Final Report — A Roadmap to Increased Community Resilience*.
CARRI (2013), *Definitions of Community Resilience*. In Community and Regional Resilience Institute (CARRI). [\[finitions_Dec_2009_1262802355.pdf\]\(http://www.resilientus.org/library/CARRI_De-\).](http://www.resilientus.org/library/CARRI_De-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- COSTA, M. (2016), *Psicologia Ambientale e architettonica. Come l'ambiente e l'architettura influenzano la mente e il comportamento*. FrancoAngeli editore (terza edizione).
- CUTTER, S. L. (2016), *Resilience to What? Resilience for Whom?* Geographical Journal, 182 (2), 110–113. <https://doi.org/10.1111/geoj.12174>.
- CUTTER, S. L., ASH, K. D., EMRICH, C. T. (2014), *The geographies of community disaster resilience*. Global Environmental Change, 29, 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.005>.
- DAY, C., PARNELL, R. (2003), *Consensus Design - Socially inclusive process*. In Architectural Press (pp. 19–24).
- EMERY, M., FLORA, C. (2006), *Spiraling-Up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework*. Community Development, 37 (1), 19–35. <https://doi.org/10.1080/15575330609490152>.
- FLORA, C. B., FLORA, J. L., GASTEYER, S. P. (2004a), *Built Capital*. In: *Rural Communities: Legacy and Change* (2nd edition) (pp. 259–296). <https://doi.org/10.4324/9780429494697-10>.
- GUTIÉRREZ-MONTES, I. A. (2005), *Healthy Communities equal healthy ecosystems? Evolution (and breakdown) of a participatory ecological research project towards a community natural resource management process, San Miguel Chimalapa (Mexico) (Iowa State University)*. Retrieved from <https://lib.dr.iastate.edu/rtd>.
- HESTER, R. (2006), *Design for Ecological Democracy*. MIT Press.
- HESTER R., NELSON A. (2019), *Inhabiting the Sacred in Everyday Life*, University of Virginia Press.
- LIDWELL, W., HOLDEN, K., BUTLER, J. (2010), *Universal principles of design: 125 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design*. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9036-7>.
- MILANI R. (2005), *Il paesaggio è un'avventura*, Feltrinelli Editore.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005), *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being*, Volume 1: Current State and Trends, Island Press, Washington D.C.
- RURITAGE – Heritage for Rural Regeneration. <https://www.ruritage.eu/>.
- EGOZ S., JØRGENSEN K., RUGGERI D. (2018), *Defining Landscape Democracy – A path to spatial justice*, Edward Elgar Publishing
- SVILUPPO RURALE – POLITICA REGIONALE – COMMISSIONE EUROPEA (europa.eu) or https://ec.europa.eu/regional_policy/it/policy/themes/rural-development.
- TWIGG, J. (2013), *Characteristics of a Disaster-Resilient Community*. In International Journal of Production Research (Vol. 7). <https://doi.org/10.1890/100068>.
- TWIGG, J. (2004), *Good Practice Review Disaster risk reduction*. 44 (0).
- WILSON, G. A. (2012), *Community resilience and environmental transitions*. Routledge <https://doi.org/10.4324/9780203144916>

Risposta Sismica Locale nel Sito del Complesso della SS. Annunziata a Sulmona

Ground Response Analysis at SS. Annunziata site in Sulmona

Parole chiave: risposta sismica locale, effetti di sito, protezione sismica dei monumenti, pericolosità sismica, caratterizzazione geotecnica e geofisica

Key words: ground response analysis, site effects, monument seismic protection, seismic hazard, geotechnical and geophysical characterization

Filippo Ciani
Ingegnere Civile
E-mail: fili.ciani@gmail.com

Claudia Madiati
Professore Associato, Università degli Studi di Firenze
E-mail: claudia.madiati@unifi.it

Sara Amoroso
Ricamatore, Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti - Pescara, Associato di Ricerca Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
E-mail: sara.amoroso@unich.it

1. INTRODUZIONE

Nel presente articolo sono illustrati i risultati di analisi di risposta sismica locale (RSL), mono- e bi-dimensionali, eseguite in corrispondenza del centro storico della città di Sulmona (L'Aquila). Sulmona è ubicata nella Valle Peligna, una zona caratterizzata da una elevata sismicità, come testimoniato dai molteplici e forti terremoti riportati nei vari cataloghi sismici, che hanno raggiunto il IX-X grado nella scala MCS. Oltre a questo, la particolare formazione del territorio e la sua attuale configurazione morfologica e stratigrafica possono determinare, in alcune zone dell'area, importanti effetti di sito che possono avere un ruolo fondamentale sulla risposta sismica, ovvero sulle azioni trasmesse alle strutture in occasione di eventi sismici. Sulmona possiede un patrimonio artistico ricchissimo; tra i suoi monumenti spicca per importanza il Complesso della SS. Annunziata (Fig. 1) che è il frutto di una fusione tra stili artistici sovrapposti: tardogotico, rinascimentale e barocco. Il sito in cui sorge il Complesso

della SS. Annunziata costituisce l'oggetto delle analisi numeriche di RSL mono- e bidimensionali presentate in questo articolo. Nell'area di studio sono state posizionate e indagate quattro verticali sulle quali sono state eseguite analisi 1D ed è stata identificata, in maniera opportuna rispetto alla disposizione del complesso architettonico, la posizione della sezione da analizzare mediante un modello 2D.

Le analisi sono state condotte con lo scopo di ricavare l'azione sismica alla base degli edifici del Complesso monumentale, utilizzando come input sismico un insieme di sette accelerogrammi reali spettrocompatibile con la pericolosità sismica di base del sito in esame per un periodo di ritorno dell'evento sismico di 475 anni. In particolare, uno degli obiettivi principali è stato quello di confrontare i risultati delle analisi di risposta sismica locale ottenuti in prossimità della parte frontale e tergale dell'edificio, che nel corso degli ultimi terremoti hanno riportato danni significativamente differenti tra loro.

Nell'articolo sono descritti i diversi passi dello studio eseguito, con particolare riferimento a: analisi ed interpretazione dei dati esistenti; acquisizione dei risultati di nuove indagini in sito e di laboratorio; ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo; definizione dell'input sismico; esecuzione di analisi numeriche di risposta sismica locale mono- e bi-dimensionali e discussione dei risultati ottenuti.

2. LA CONCA DI SULMONA

La conca di Sulmona è la più esterna tra le grandi depressioni tettoniche dell'Appennino centrale. È circondata da rilievi carbonatici meso-cenozoici e caratterizzata da un'ampia superficie di colamento fluvio-lacustre, terrazzata, e da affioramenti lacustri del Pleistocene inferiore e medio, epoca in cui il bacino fu sede di un grande lago. La conca è allungata in direzione NNO-SSE e delimitata da due grandi faglie e non è simmetrica: è, infatti, più profonda nel settore orientale, al piede del massiccio del Monte Morrone. La conca, che già esisteva nel Pontico, venne riempita dalle molasse marine e infine, nel Pleistocene inferiore e medio, fu occupata da un lago. In seguito alla formazione del lago, nella Valle Peligna avvennero varie fasi erosive che si sono concluse con la formazione di diversi ordini di terrazzi. I cicli erosivi del Quaternario hanno interessato la zona in maniera diversa: molto limitata l'azione erosiva sul terrazzo superiore, molto più incisiva invece l'azione sulla parte più bassa della valle.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista litostratigrafico, la conca di Sulmona è caratterizzata dalla presenza di un'imponente coltre sedimentaria continentale lacustre e fluvio-lacustre pleistocenica e da depositi continentali di conoide pleistocenico-



Figura 1. Complesso della Santissima Annunziata (foto di Mattia Felice Palermo, fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/File:Complesso_della_Santissima_Annunziata_-_Facciata_con_campanile.jpeg)

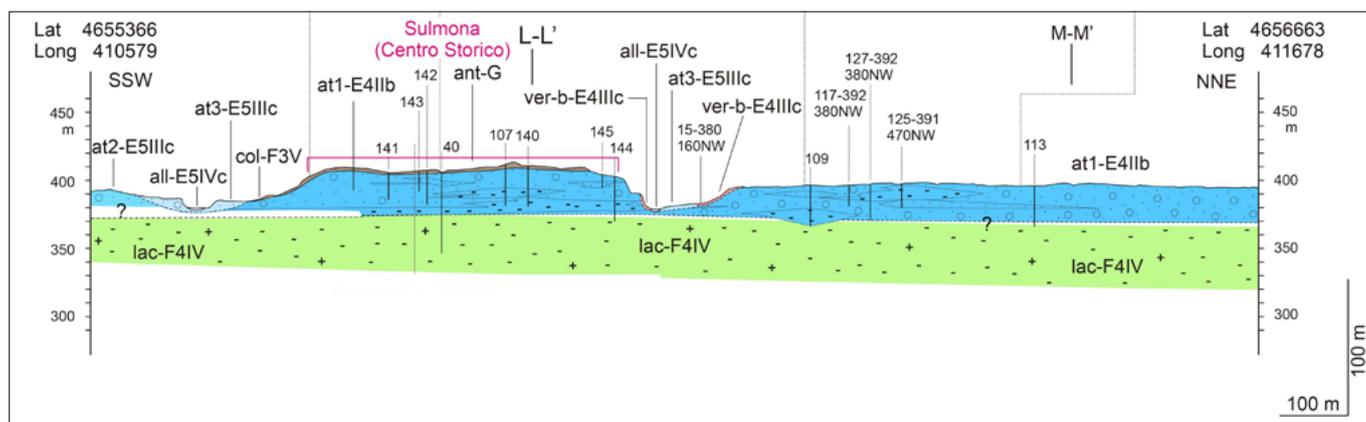


Figura 2. Sezione geologico-tecnica L-L' (da Pizzi et al. 2014)

olocenici (Fig. 2); tale coltre sedimentaria si è depositata al di sopra del substrato mesocenozoico carbonatico e/o flyshoide, affiorante presso i rilievi bordieri e ribassato tettonicamente al di sotto della piana. Numerosi sono gli affioramenti del substrato sia naturali (dovuti alle incisioni fluviali) che artificiali, legati all'intensa antropizzazione dell'area.

I termini continentali risultano esposti per uno spessore complessivo di 100-150 m; lembi di depositi continentali sono presenti anche a quote superiori, soprattutto lungo i versanti dei rilievi carbonatici che bordano il bacino stesso. Rientrano in tali termini le superfici presenti nella conca di Sulmona, note in letteratura con il nome di "Terrazza Alta" e "Terrazza Bassa di Sulmona" (Manuel, 2007; Scarascia, 2007; Pizzi et al., 2014).

La sezione 2D oggetto di studio è passante per il centro storico di Sulmona. Le formazioni litostratigrafiche di interesse per lo studio della sezione in esame, partendo dai sedimenti più antichi e procedendo verso quelli più recenti sono:

A) COMPLESSO CARBONATICO

1. Calcari e marne calcaree. Ben stratificati, rappresentano il substrato carbonatico (bedrock). Difficile da definire dal punto di vista litostratigrafico e geocronologico, esso si trova a una profondità media sotto il centro di Sulmona di circa 300-350 metri. In corrispondenza della città di Sulmona tale substrato è stato collocato ad una profondità intorno ai 300 m;

B) DEPOSITI CONTINENTALI

2. Depositi palustri. Sono caratterizzati da un'alternanza di limi sabbiosi avana, limi argillosi o torbosi e argille grigio-azzurro. Il loro spessore varia tra 100 e oltre 200 m;

3. Terrazza Alta di Sulmona. I sedimenti appartenenti a questa formazione rappresentano la maggiore estensione dei terreni quaternari esistenti nella zona

di interesse. Sono costituiti da conglomerati e ghiaie fluviali con clasti ben arrotondati, di origine essenzialmente calcarea. Lo spessore è compreso tra i 20 e i 35 m;

4. Terrazza Bassa di Sulmona. Questa formazione si rinviene limitatamente agli alvei dei principali fiumi della zona (Vella, Gizio e Sagittario) e rappresenta una sedimentazione fluviale avvenuta successivamente ad una forte erosione dei terreni della Terrazza Alta. La formazione ha uno spessore compreso tra i 5 e i 10 m;

5. Alluvioni recenti. Sono limitate agli alvei dei fiumi Vella e Gizio (rispettivamente al centro e in prossimità dell'estremo SSO della Sezione in Fig. 2) e sono costituite da sabbie avana, conglomerati, limi e torbe;

6. Depositi e detrito antropico. Si tratta di terreno di riporto caotico, con spessore variabile fino a qualche metro, costituito da ciottoli e ghiaia in una matrice terrosa bruna e nera.

4. INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO

L'area in studio è soggetta a fenomeni sismotettonici legati ad una fase distensiva (Fig. 3). Le conseguenze di tali eventi (Fig. 4) vanno ad interessare principalmente le linee di faglia attive più evidenti.

Da studi sull'evoluzione storica della Conca, è stato ipotizzato che le strutture sismotettoniche del bacino sulmonese conferiscano a quest'ultimo un potenziale sismico maggiore di quello presunto: la presenza della faglia del Morrone costituirebbe una fonte potenziale di rilasci energetici molto più elevati di quelli fino ad ora conosciuti, per esempio del tipo di quelli che hanno determinato i terremoti di Avezzano e dell'Aquila e che nel bacino di Sulmona non si sono verificati (Galadini e Carrozzo, 2014). La faglia del Morrone, in tempi anteriori al periodo preso in considerazione del Catalogo sismico, ha molto probabilmente originato fenomeni importanti. L'attività di questa faglia risulterebbe evidente dalla

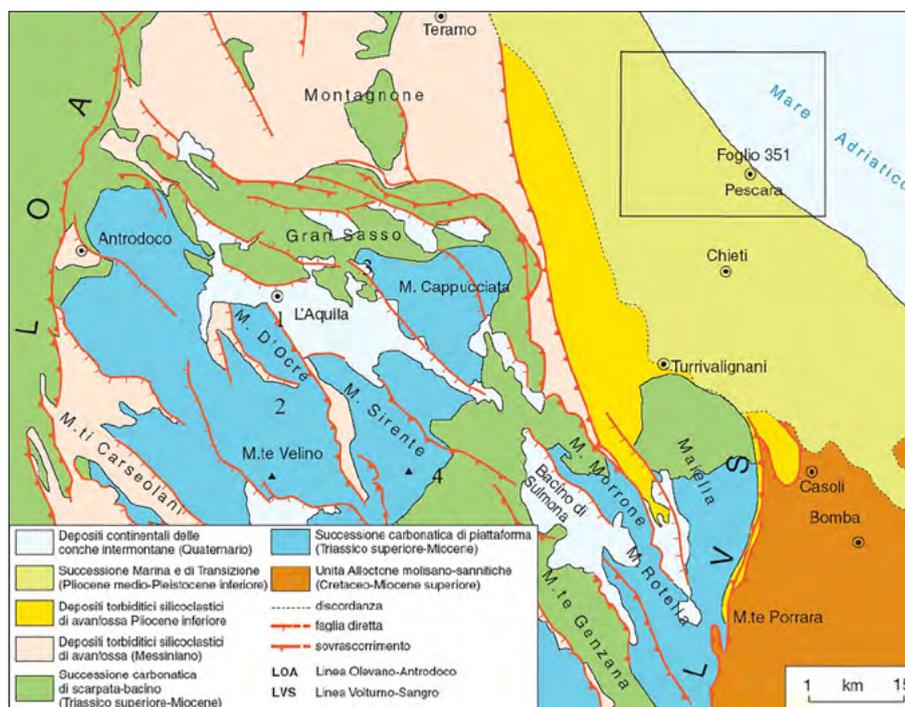


Figura 3. Schema geologico-strutturale dell'Appennino centrale abruzzese (da Ori e Rusciadelli, 2010)

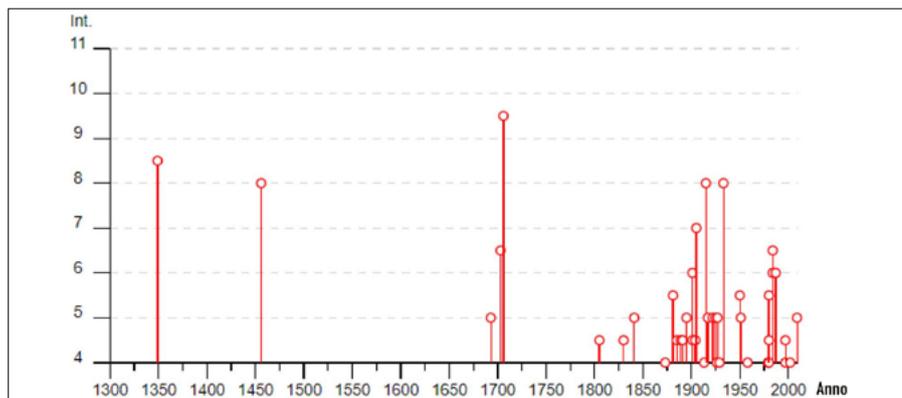


Figura 4. Distribuzione temporale degli eventi sismici a Sulmona dal 1300 ad oggi - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - INGV. https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBM115/query_place/

distruzione totale dell'abitato dell'antica Corfinio, a seguito di un sisma di altissima magnitudo, presumibilmente verificatosi nel II sec. d.C. Gli eventi sismici sono stati tutti caratterizzati da meccanismi di faglia normale, con sforzo distensivo in direzione ortogonale alla catena appenninica. All'interno della Conca, le caratteristiche stratigrafiche delle varie zone potrebbero favorire fenomeni di amplificazione locale con effetti molto più catastrofici di quelli che ci si aspetterebbe in base alla magnitudo dell'evento sismico.

5. RICOSTRUZIONE DEL MODELLO DI SOTTOSUOLO

Un modello dettagliato 2D del sottosuolo è stato ricostruito lungo la sezione A-B, che attraversa il Complesso della SS. Annunziata, usando i dati geologici, geotecnici e geofisici di studi di microzonazione sismica esistenti (Di Capua *et al.*, 2009; Scarascia, 2007), oltre ai risultati di indagini geotecniche in situ, prove di laboratorio e indagini geofisiche eseguite nel centro storico di Sulmona nell'ambito del Progetto Top-down FISR 2016 "L'Italia Centrale in 4D e ricostruzione dei processi geodinamici in atto" (Delibera CIPE n. 71/2016, G.U. n.556 08/03/2017), Task 4 "Mappe multihazard e vulnerabilità del territorio".

Tutte queste informazioni sono state utilizzate per stimare la profondità e geometria del bedrock, le proprietà geotecniche degli strati superficiali e, per quanto possibile, di quelli più profondi, dando priorità alle indagini più prossime alla sezione A-B analizzata e in particolare al Complesso monumentale. Le indagini disponibili includono: n. 5 prove con Dilatometro Sismico (SDMT) (di cui 3 eseguite in prossimità del Complesso della SS. Annunziata) con profondità dai 30 a 60 m, n. 11 prove Down Hole (DH) (eseguite nel centro storico) con profondità fino a 30 m, n. 3 indagini geo-

fisiche di tipo MASW, molteplici misure di rumore sismico ambientale HSRV (in corrispondenza del centro storico), e numerosi sondaggi con profondità fino a 40 m (4 dei quali eseguiti proprio in prossimità del Complesso monumentale). Inoltre, si è fatto ricorso ai risultati di prove di laboratorio in condizioni di carico dinamico e ciclico, consistenti in n. 2 prove di colonna risonante e n. 2 prove di taglio torsionale ciclico.

Per quanto concerne la prova col dilatometro sismico, essa presenta problemi non trascurabili in terreni fittamente stratificati e in terreni ghiaiosi, che risultano non penetrabili. Per ovviare a tale

inconveniente, è stata messa a punto una modalità esecutiva innovativa, che consente di caratterizzare in termini di velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S (e di compressione, V_P), anche i terreni ghiaiosi: essa consiste nell'esecuzione di un foro di sondaggio e nel suo riempimento con sabbia/ghiaia sciolta (Totani *et al.* 2009). Essa permette di superare il problema della non penetrabilità del terreno e di garantire l'adesione della sonda alle pareti del foro tramite il riempimento. Con questa tecnica, nella campagna di indagini geotecniche del novembre 2018, sono state eseguite due prove SDMT in due fori di sondaggio, denominati S11 e S12, ubicati in prossimità del Complesso della SS. Annunziata.

6. MODELLO GEOTECNICO PER LE ANALISI NUMERICHE

I dati geofisici e geotecnici sono stati utilizzati per sviluppare un affidabile modello geotecnico del sottosuolo sul quale eseguire analisi di risposta sismica locale 2D sulla sezione A-B e analisi 1D su 4 verticali, ubicate davanti e dietro il Complesso della SS. Annunziata e allineate approssimativamente con la sezione 2D di studio (vedi *Figg. 5 e 6*

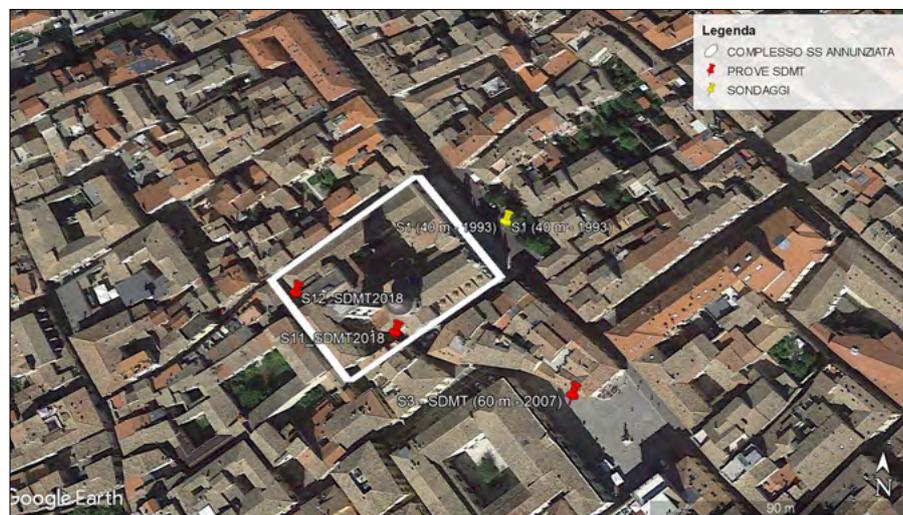


Figura 5. Ubicazione delle verticali di indagine in prossimità del Complesso della SS. Annunziata

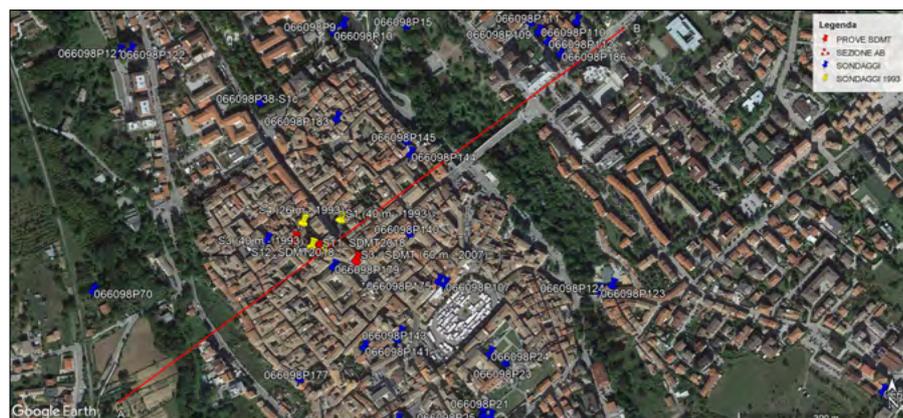


Figura 6. Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili nell'area del centro storico di Sulmona

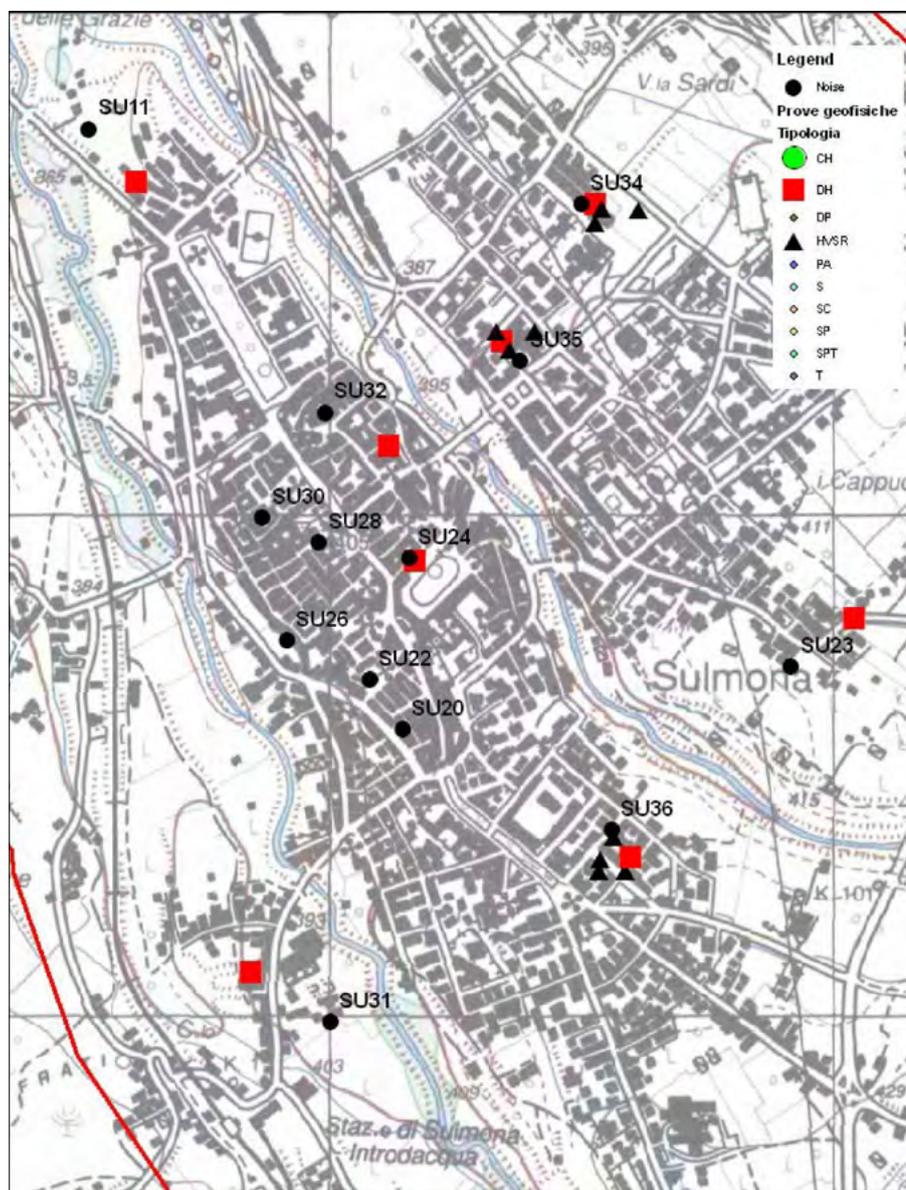


Figura 7. Mappa con la localizzazione delle misure di rumore eseguite nel centro storico (da Pizzi et al. 2014)

per ubicazione). Tali verticali si trovano in corrispondenza dei seguenti punti: S1, sede di un sondaggio sul fronte del complesso monumentale, profondo 40 m (eseguito nel 1993 in occasione di lavori di ristrutturazione); S3c, sede di una prova SDMT fino alla profondità di circa 60 m, in prossimità del Complesso della SS. Annunziata presso Largo Tommasi (eseguita per lo studio di Microzonazione Sismica di II livello per il Comune di Sulmona nel 2007) (Totani et al. 2009); S11 e S12, ubicati sul retro del complesso, sede delle prove SDMT che hanno raggiunto rispettivamente la profondità di 35 e 50 m (eseguite nel novembre 2018) (Ciani, 2018). In Fig. 5 è riportata la posizione delle indagini eseguite in prossimità del Complesso della SS. Annunziata: S12_SDMT2018 e S11_SDMT2018, S3c_2006, S1_1993, mentre in Fig. 6 sono riportate le tutte le indagini geotecniche e geofisiche eseguite nel centro storico di Sulmona utilizzate per la ri-

costruzione del modello geotecnico 2D. Tali indagini, raccolte per gli Studi di Microzonazione Sismica di I livello del Comune di Sulmona (Pizzi et al., 2014), includono profili stratigrafici, misure di V_s e misure di rumore (Fig. 7).

Come si può osservare dalla Fig. 8, i profili di V_s ricavati dalle 2 prove SDMT (S11 e S12) eseguite in prossimità del Complesso sono in buon accordo tra loro. La variabilità del profilo di V_s , riscontrata nelle diverse verticali, è giustificata dalla natura fluviale del deposito che risulta molto eterogeneo.

Per la ricostruzione del modello geotecnico, sono stati identificati, oltre allo strato superficiale di riporto, 3 litotipi nella coltre detritica fluviale della Terrazza Alta e Bassa (ghiaie, sabbie, limi argillosi di transizione tra il deposito fluviale e quello lacustre) e 1 litotipo (Argilla) per le argille lacustri di Pratola Peligna sottostanti. Lo strato di riporto ha valori di V_s variabili tra 200 e 500 m/s. Dalle prove SDMT e DH, si

riscontrano, per le ghiaie, velocità delle onde S che partono da valori medi attorno a 300 m/s in superficie e crescono fino a valori medi di 800 m/s intorno ai 25 m di profondità. Le ghiaie, che si incontrano fino a 35 m di profondità, toccano anche valori di V_s prossimi ai 1000 m/s fino a 1500 m/s, legati alla presenza di lenti molto addensate e cementate. Per le sabbie limose, i valori medi di V_s variano tra circa 250 m/s in superficie fino a valori di 500 m/s alla profondità di 30 m (massima profondità in cui si è riscontrata la presenza di sabbie limose). I limi argillosi, che segnano la transizione tra i due depositi, si riscontrano tra i 10 e i 45 m sotto il piano di campagna, con velocità medie delle onde S comprese tra circa 300 e 400 m/s. Infine, per le argille lacustri di Pratola Peligna, le indagini mostrano che i valori di V_s partono da valori medi di 450-500 m/s, a una profondità di 45-50 m, e crescono con la profondità. A partire da questi dati è stato ricavato l'andamento di V_s con la profondità fino al bedrock calcareo. L'andamento dei profili di V_s con la profondità, assunti nella modellazione numerica in corrispondenza delle verticali S11 e S12 è rappresentato in Fig. 9.

Inoltre, le misure di rumore effettuate nelle vicinanze del Complesso per gli Studi di Microzonazione Sismica di I livello (Pizzi et al., 2014) identificano una frequenza di picco di circa 0.63 Hz. Sulla base di questo valore di frequenza e delle misure di V_s , è stata stimata la profondità del bedrock calcareo che si attesta attorno a 270 m, in accordo con

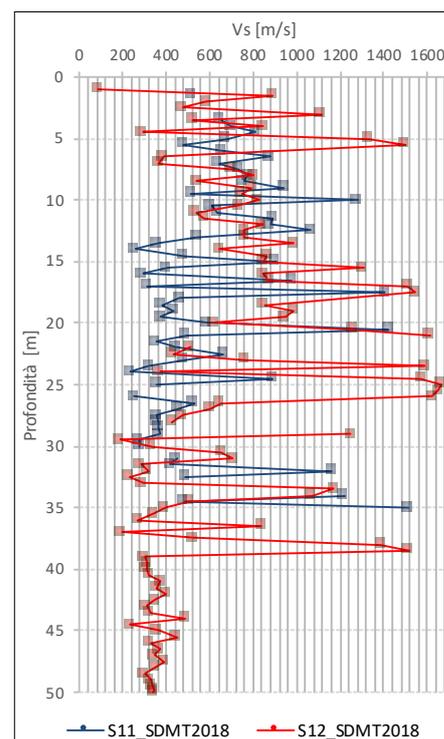


Figura 8. Risultati delle prove SDMT S11 e S12

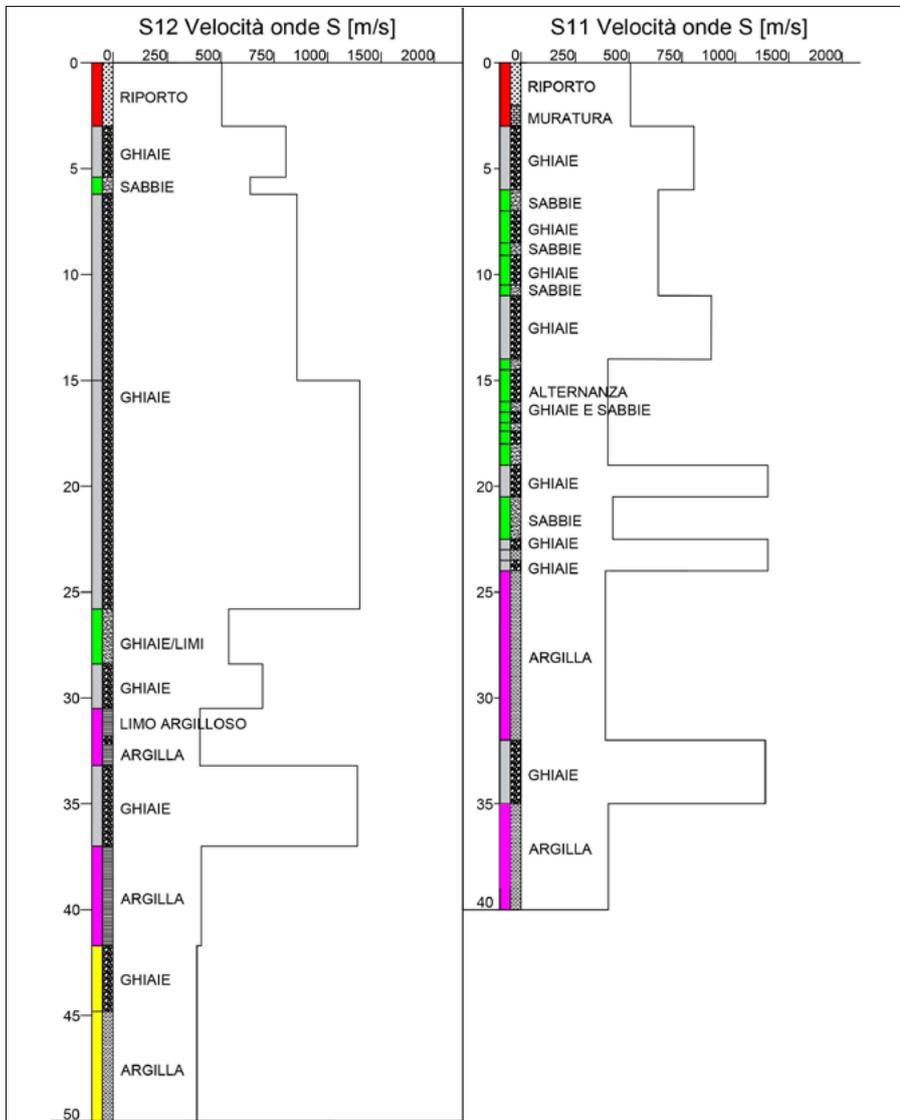


Figura 9. Profilo di V_S con la profondità in corrispondenza delle verticali S11 e S12

la profondità riportata in altri studi (Di Filippo e Miccadei, 1997; Manuel, 2007; Di Buccio *et al.*, 2017; Di Buccio, 2017). Le funzioni di amplificazione ottenute mediante analisi 1D preliminari eseguite sulle 2 verticali S11 e S12 (Figg. 10 e 11) evidenziano un buon accordo tra la frequenza fondamentale del modello numerico e la frequenza di picco delle misure di rumore, confermando la validità del modello geotecnico ipotizzato.

In definitiva, si nota che il profilo della velocità nel sottosuolo del centro di Sulmona è caratterizzato da un'inversione della V_S nella transizione dal deposito fluviale ghiaioso-sabbioso (V_S 600-1200 m/s) a quello argilloso di natura lacustre (V_S 350-550 m/s). I valori di velocità nelle argille alle profondità superiori ai 60 m non sono disponibili da misure dirette o studi specifici e, quindi, sono state stimate mediante estrapolazione, dopo aver interpolato i dati delle misure dirette mediante relazioni empiriche del tipo $V_S = az^b$, che legano la velocità V_S alla profondità z .

Sulla base delle indagini disponibili, i valori di V_S nelle ghiaie sono risultati più alti in prossimità del Complesso (dove sono state eseguite le prove SDMT), dove variano dai 600 ai 1500 m/s. Valori di V_S più bassi sono assegnati al riporto (500 m/s), alle sabbie limose (400-500 m/s) e ai limi argillosi e alle argille (300-500 m/s) in prossimità del sito indagato. Il bedrock calcareo è collocato al di sotto

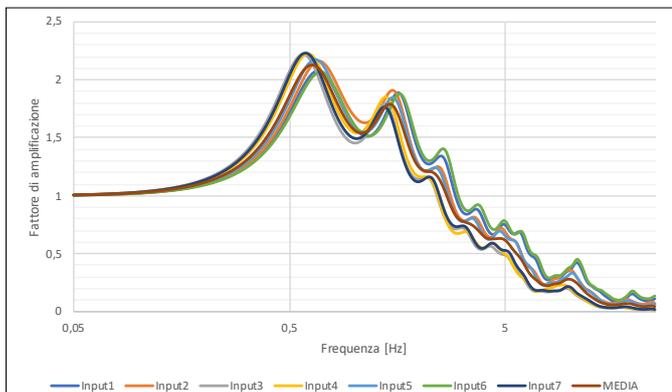


Figura 10. Funzione di amplificazione da analisi preliminare 1D in corrispondenza della verticale S11

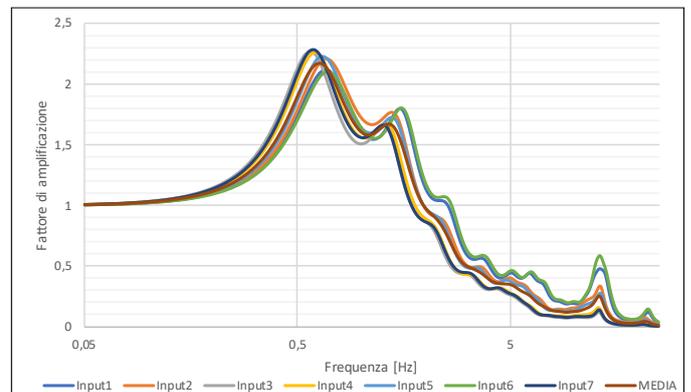


Figura 11. Funzione di amplificazione da analisi preliminare 1D in corrispondenza della verticale S12

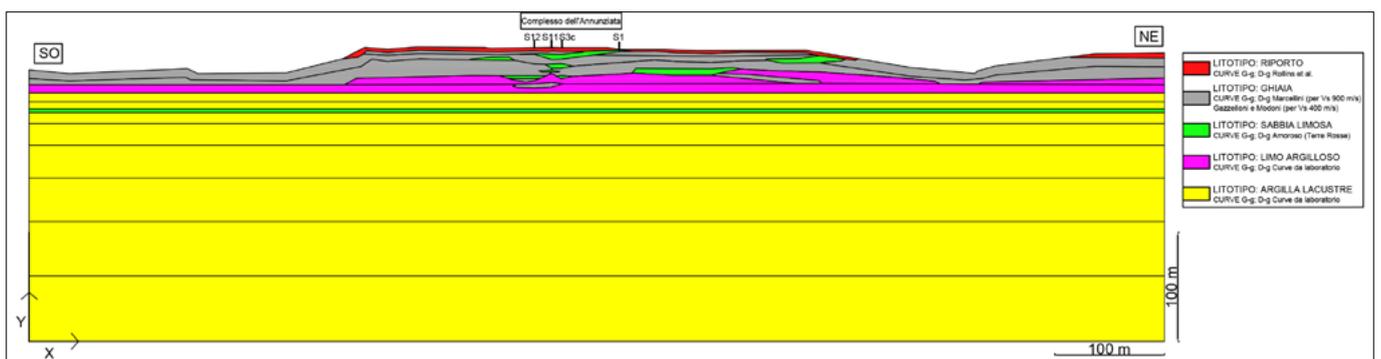


Figura 12. Stratigrafia della sezione 2D analizzata

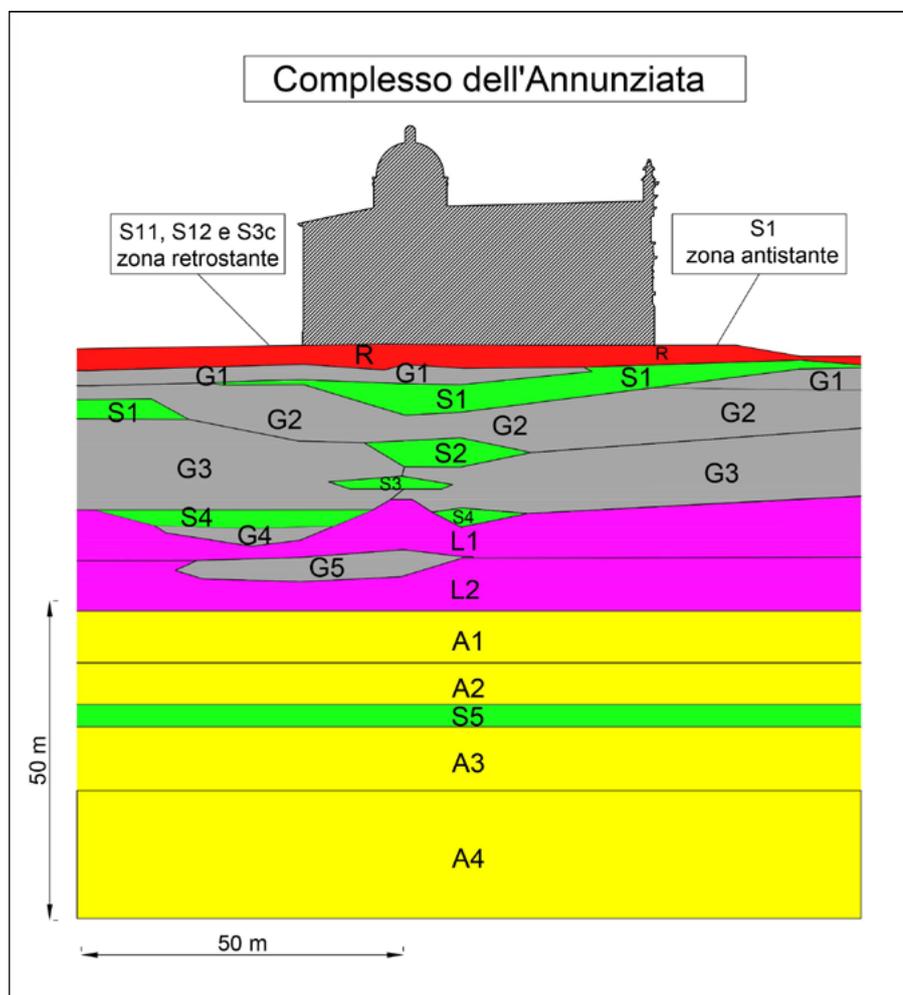


Figura 13. Ingrandimento della stratigrafia in corrispondenza del complesso dell'Annunziata

fluviale e quello di deposizione lacustre. Dal punto di vista geometrico, la sezione presenta un profilo altimetrico caratterizzato da un dislivello di circa 30-35 m tra il rilevato centrale (dove sorge il centro cittadino) e la base dello stesso (dove si notano le incisioni dei due corsi d'acqua che lambiscono il centro).

La Tab. 1 riassume i parametri fisici e meccanici stimati per ogni unità geotecnica e assunti nelle analisi numeriche 1D e 2D. In particolare: il peso di volume (γ_n), il coefficiente di Poisson (ν), la velocità delle onde S (V_s), il riferimento per le curve del modulo di rigidezza a taglio G normalizzato rispetto al valore iniziale G_0 (G/G_0) e del rapporto di smorzamento D, in funzione della deformazione di taglio γ . Le curve $G(\gamma)/G_0$ e $D(\gamma)$, rappresentate in Fig. 14, sono state definite con il seguente criterio: per i limi argillosi e le argille lacustri, sono stati utilizzati i risultati delle prove di colonna risonante e taglio torsionale ciclico condotte nell'ambito di questo studio presso il Laboratorio Geotecnico dell'Università di Firenze (Bardotti *et al.*, 2018) mentre per i litotipi a grana grossa, non campionabili e analizzabili in laboratorio con attrezzature e tecniche ordinarie, sono state assunte relazioni di letteratura determinate da altri Au-

del deposito argilloso lacustre e, per esso, è stato assunto un valore di V_s di 1200 m/s, in accordo con Di Buccio (2017).

Le unità geotecniche considerate nella modellazione della sezione A-B, mostrata in Fig. 12, sono quindi: R riporto, G ghiaie fluviali della Terrazza Alta e Bassa, S sabbie-limose fluviali della Terrazza Alta e Bassa, L limi argillosi di transizione della Terrazza Alta e Bassa, A argille lacustri del deposito di Argille Lacustri di Pratola Peligna, C bedrock calcareo.

Come si vede nella Fig. 13, nella zona centrale del rilevato, che è quella indagata dai sondaggi S11, S12 e S3c, si trovano diverse lenti sabbioso-limose intercluse nell'ammasso ghiaioso; tali lenti hanno spessori importanti, dell'ordine di qualche metro. Si nota che, ad eccezione di quella più superficiale, queste lenti si riducono fino a scomparire procedendo verso Nord-Est (infatti, il sondaggio S1 non le intercetta, a conferma che si sono chiuse prima della posizione di quella verticale). Inoltre, i tre sondaggi dietro il complesso della SS. Annunziata (S11, S12 e S3c) intercettano una lente ghiaiosa, spesso qualche metro, nello strato di limo argilloso di transizione tra lo strato di deposizione

Tabella 1. Caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali assunte nelle analisi

Litotipo	γ_n (kN/m ³)	n	V_s (m/s)	curve G/G_0 e D
R	20.4	0.30	510	Rollins <i>et al.</i> (1998)
G1	21.4	0.25	810	Marcellini <i>et al.</i> (1995)
S1	20.0	0.30	643	Amoroso <i>et al.</i> (2015)
G2	21.3	0.25	892	Marcellini <i>et al.</i> (1995)
S2	20.0	0.30	408	Amoroso <i>et al.</i> (2015)
G3	21.3	0.25	1157	Marcellini <i>et al.</i> (1995)
S3	20.0	0.30	430	Amoroso <i>et al.</i> (2015)
S4	20.0	0.30	542	Amoroso <i>et al.</i> (2015)
G4	21.3	0.25	700	Marcellini <i>et al.</i> (1995)
L1	20.5	0.40	396	Laboratorio UniFI (2018)
G5	21.3	0.30	1145	Marcellini <i>et al.</i> (1995)
L2	20.5	0.40	413	Laboratorio UniFI (2018)
A1	21.6	0.45	393	Laboratorio UniFI (2018)
A2	21.6	0.45	525	Laboratorio UniFI (2018)
S5	20.0	0.30	1025	Amoroso <i>et al.</i> (2015)
A3	21.6	0.45	525	Laboratorio UniFI (2018)
A4	21.6	0.45	555	Laboratorio UniFI (2018)
A5	21.6	0.45	610	Laboratorio UniFI (2018)
A6	21.6	0.45	681	Laboratorio UniFI (2018)
A7	21.6	0.45	759	Laboratorio UniFI (2018)
A8	21.6	0.45	841	Laboratorio UniFI (2018)
Bedrock	24.0		1200	$G=3200$ MPa; $D=1\%$

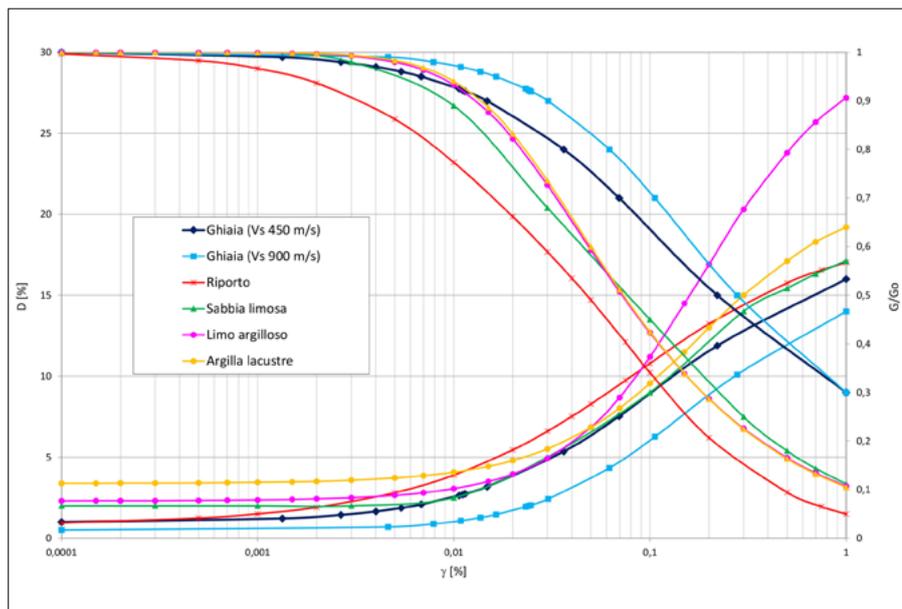


Figura 14. Curve normalizzate G/G_0 e D in funzione della deformazione di taglio γ

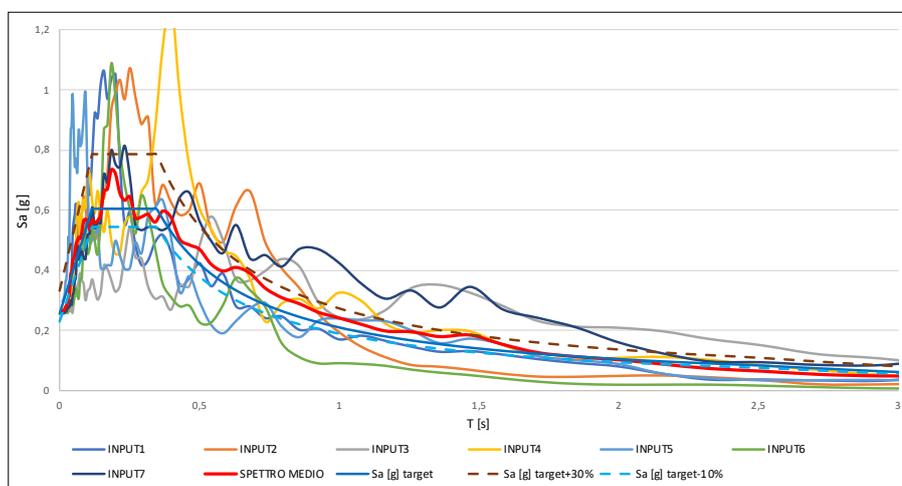


Figura 15. Spettri elastici ottenuti dall'applicativo di EUCENTRE

tori per litotipi simili. Più in dettaglio: la curva di Rollins *et al.* (1998) per i terreni di riporto; Modoni e Gazzellone (2010) per le ghiaie con velocità comprese tra 300 e 600 m/s; Marcellini *et al.* (1995) per le ghiaie addensate con velocità V_S superiore ai 900 m/s; Amoroso *et al.* (2015) per le sabbie limose. Al bedrock calcareo è stato assegnato un comportamento elastico lineare, assumendo un valore del modulo di taglio approssimativamente pari a 3500 MPa e un valore del rapporto di smorzamento pari a 1%.

7. ANALISI NUMERICHE 1D E 2D

Le analisi numeriche 1D di RSL sono state eseguite sia con il codice di calcolo STRATA (Rathje e Kottke, 2013), sia con il codice LSR2D (Local Seismic Response 2D) che è stato impiegato anche per le analisi 2D. Entrambi utilizzano un modello di comportamento meccanico del terreno alla Kelvin-Voigt con approccio lineare equivalente ed eseguono analisi in termini di tensioni

totali; il primo opera nel dominio delle frequenze con riferimento allo schema di trave continua, mentre il secondo opera nel dominio del tempo mediante un approccio agli elementi finiti, con masse concentrate nei nodi della mesh collegate da molle e smorzatori viscosi, e risolve un sistema di equazioni di moto definite per i nodi. Nella modellazione delle frontiere laterali e inferiori delle sezioni sono stati inseriti smorzatori viscosi per simulare la perdita di energia ed impedire la generazione di onde riflesse all'interno del dominio analizzato.

L'input sismico di riferimento su terreno rigido è stato determinato in base alla pericolosità di base su scala nazionale per un periodo di ritorno di 475 anni. Per determinare l'input sismico con il quale effettuare le analisi di risposta sismica locale, si è fatto ricorso allo WebGIS di EUCENTRE (European Centre for Training and Research in Earthquake engineering, <https://www.eucentre.it/seism-home-accelerogrammi/>), da cui è stato scaricato un

set di 7 accelerogrammi relativi ad eventi reali, registrati su sito con sottosuolo di categoria A, mediamente spettrocompatibili con lo spettro delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) per il periodo di ritorno di 475 anni. Per la scelta degli accelerogrammi si è tenuto conto dell'accelerazione massima attesa nell'area in condizioni di sottosuolo rigido e pianeggiante ($a_g = 0.256g$) per periodo di ritorno 475 anni, e della coppia magnitudo distanza M-R dell'evento che contribuisce maggiormente alla pericolosità dell'area ottenuta dall'analisi di disaggregazione, effettuata tramite il sito INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> (M=5.70 e R=7.78 km).

Nella Fig. 15 sono riportati gli spettri elastici in termini di accelerazione (per un rapporto di smorzamento $\xi=5\%$) relativi ai 7 input, lo spettro medio e il relativo confronto con lo spettro delle NTC per il sito di Sulmona su sottosuolo di categoria A.

8. RISULTATI

La sezione 2D analizzata, in corrispondenza del Complesso della SS. Annunziata, è lunga circa 1 km ed ha uno spessore medio di circa 270 m. La mesh utilizzata per le analisi numeriche è costituita da elementi triangolari e nodi. I nodi di output in superficie sono stati scelti in corrispondenza delle 4 verticali indagate in prossimità del Complesso (S1, S11, S12 e S3c) e di 13 verticali distribuite lungo la sezione in corrispondenza dei punti dove erano disponibili i risultati di sondaggi e/o prove in situ.

Nelle Figg. 16, 17 e 18, per le verticali S11, S12 e S1 di studio, in corrispondenza dell'area del Complesso, sono messi a confronto gli spettri medi di risposta elastici ($\xi=5\%$) ottenuti in output dall'analisi 1D e 2D. Infine, nelle Figg. 19 e 20 è riportato il confronto tra gli spettri di output, rispettivamente delle analisi 1D e 2D, in corrispondenza del fronte (S1) e del retro (S11, S12 e S3c) del Complesso.

I risultati ottenuti dalle analisi 1D evidenziano che, in corrispondenza delle 4 verticali localizzate nell'area del Complesso della SS. Annunziata, il segnale sismico in superficie risulta amplificato in maniera significativa rispetto al segnale di input. Ciò può essere imputato principalmente alla stratigrafia complessa, caratterizzata dalla presenza di strati fittamente alternati e lenti, e da una sensibile differenza di velocità delle onde S dei vari litotipi, che crea molteplici e forti contrasti di impedenza sismica. Dal confronto con i risultati delle analisi

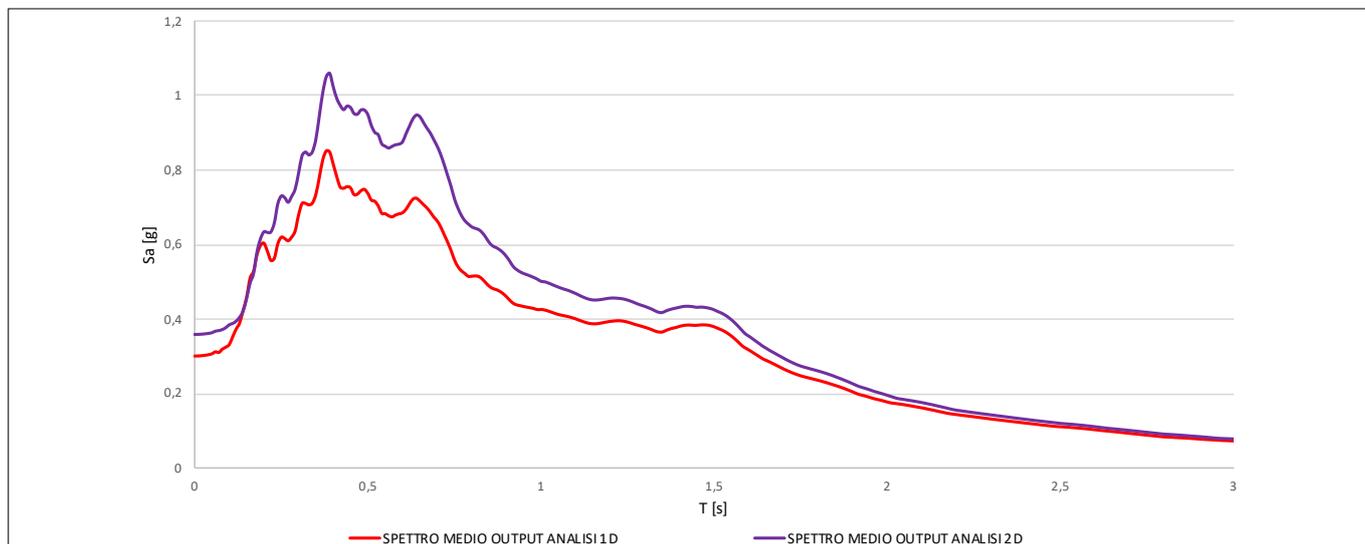


Figura 16. Confronto tra gli spettri medi delle analisi 1D e 2D in corrispondenza della verticale S11

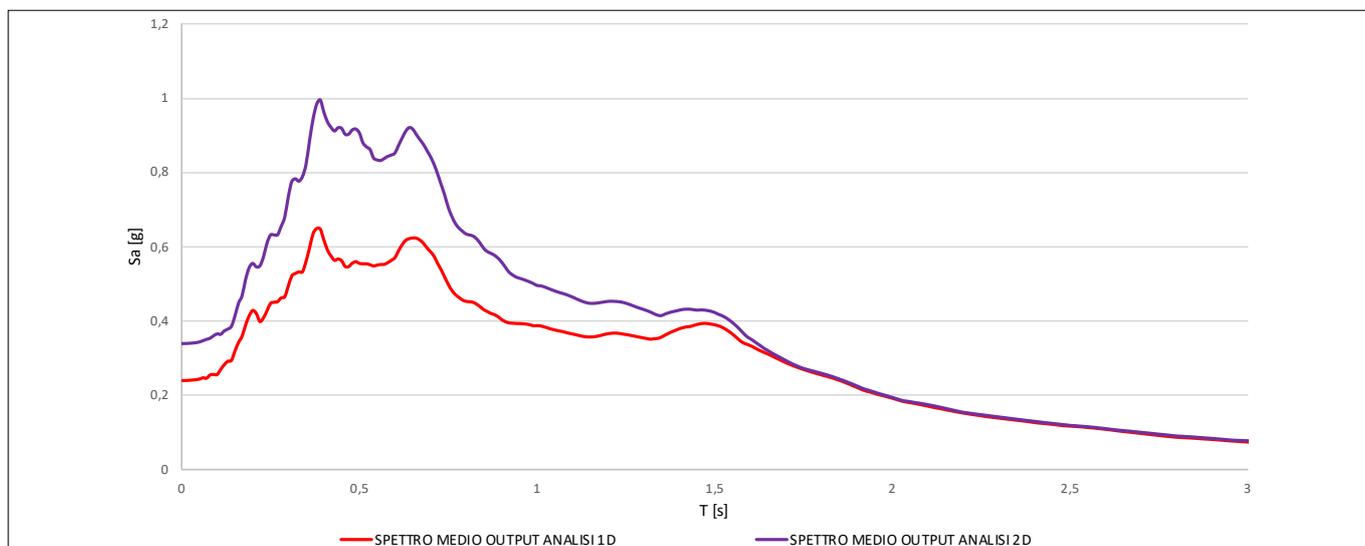


Figura 17. Confronto tra gli spettri medi delle analisi 1D e 2D in corrispondenza della verticale S12

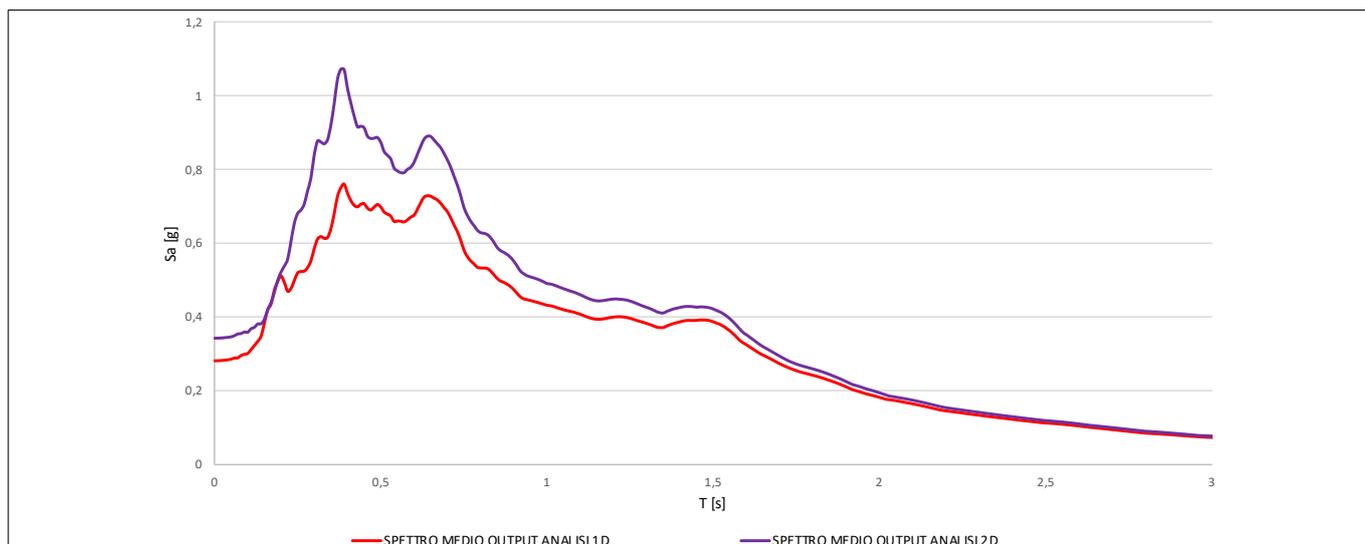


Figura 18. Confronto tra gli spettri medi delle analisi 1D e 2D in corrispondenza della verticale S1

2D emerge che l'andamento della topografia e la marcata eterogeneità orizzontale, dovuta alla presenza di lenti di terreno intercluse negli strati principali, producono importanti effetti di amplificazione bidimensionali. Il contributo significativo degli effetti topografici è

stato evidenziato anche mediante l'analisi di un modello semplificato 2D con strati orizzontali e topografia reale per il quale sono stati ottenuti spettri di risposta ben più alti di quelli relativi alle corrispondenti analisi 1D (e ciò è imputabile ai soli effetti topografici).

9. CONCLUSIONI

Le analisi numeriche di risposta sismica locale 1D e 2D del sito su cui sorge il Complesso monumentale della SS. Annunziata, a Sulmona, hanno evidenziato che le caratteristiche geologiche, morfologiche e geotecniche dell'area

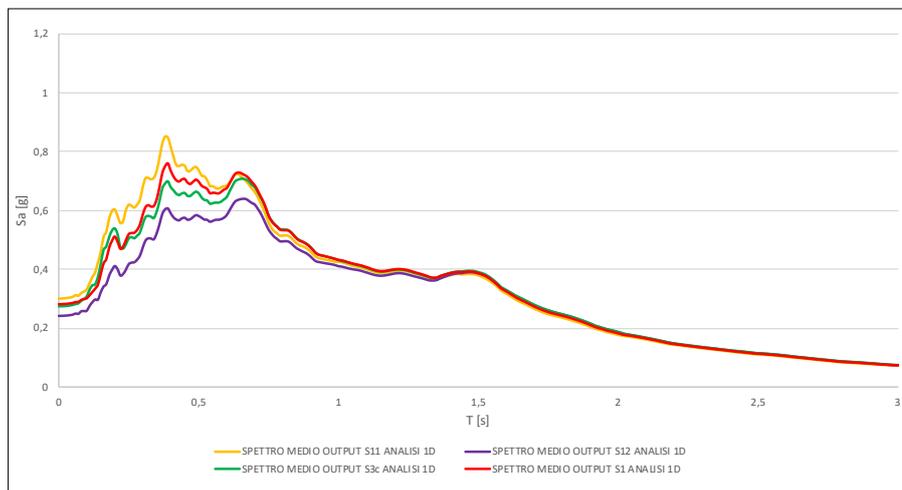


Figura 19. Confronto tra i risultati delle analisi 1D in corrispondenza del fronte (S1) e del retro del Complesso dell'Annunziata (S11 e S12)

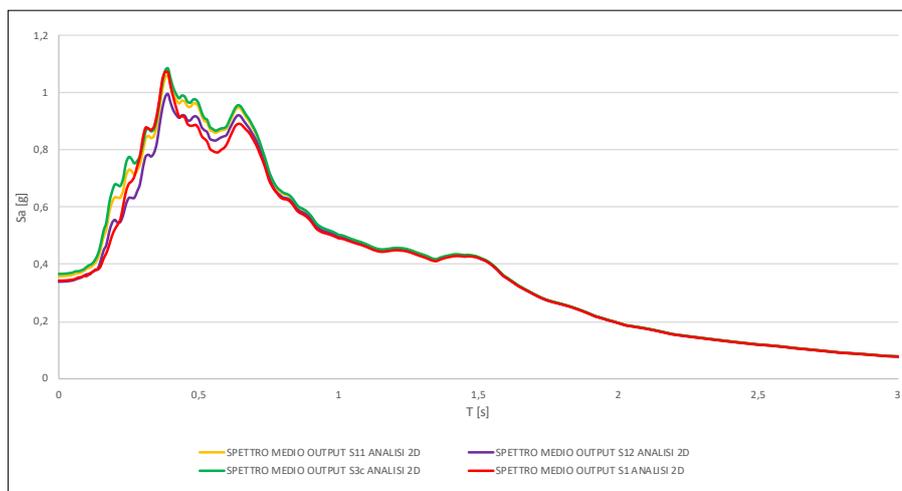


Figura 20. Confronto tra i risultati delle analisi 2D in corrispondenza del fronte (S1) e del retro del Complesso dell'Annunziata (S11 e S12)

determinano una forte modifica del segnale sismico rispetto a quello di riferimento su sottosuolo rigido e pianeggiante, dovuta a effetti di amplificazione locale mono e bidimensionali.

Dai risultati delle differenti analisi si deduce che la risposta sismica in prossimità della parte antistante il complesso e della parte tergale non sono significativamente diversi; in particolare, gli spettri di risposta in termini di accelerazione sono molto vicini tra loro. Pertanto, il fatto che l'edificio abbia riportato minori danni nella parte anteriore rispetto a quella posteriore durante gli ultimi terremoti, non è da imputare alla presenza delle lenti sabbioso-limose e alla stratigrafia più complessa che caratterizza la zona retrostante il complesso. L'azione sismica stimata alla base dell'aggregato monumentale, tenendo conto delle condizioni locali, è circa la stessa in ogni suo punto e la differente entità del danno registrata nelle diverse parti del fabbricato appare imputabile a motivi strutturali piuttosto che alla diversa entità dello scuotimento sismico.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il progetto FISR "L'Italia Centrale in 4D e ricostruzione dei processi geodinamici in atto" - Task 4 "Mappe multihazard e vulnerabilità del territorio" (Delibera CIPE n. 71/2016, G.U. n. 556 08/03/2017; Coordinatore progetto: Dott. Fabrizio Galadini, Coordinatore Task 4: Dott. Massimo Musacchio) per il finanziamento fornito per l'esecuzione delle indagini geotecniche.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AMOROSO S., TOTANI F., TOTANI G., MONACO P. (2015), *Local seismic response in the Southern part of the historic centre of L'Aquila. Engineering Geology for Society and Territory - Urban Geology, Sustainable Planning and Landscape Exploitation, Springer International Publishing*, Vol. 5, Part XVIII, 1097-1100, DOI 10.1007/978-3-319-09048-1_208.
- BARDOTTI R., MADIAI C., CIANI F. (2018), *Rapporto interno di prove di colonna riso-nante e prove di taglio torsionale ciclico su campioni indisturbati*. Laboratorio di Geotecnica, Università degli Studi di Firenze.
- DI BUCCIO F. (2017), *Valutazione della risposta sismica locale del bacino di Sulmona mediante un codice FEM bidimensionale*. Tesi di laurea

magistrale in Ingegneria delle Costruzioni, Dip. di Ingegneria e Geologia, Pescara.

- DI BUCCIO F., APRILE V., PAGLIAROLI A., DI DOMENICA A., PIZZI A. (2017), *Valutazione preliminare della risposta sismica locale del bacino di Sulmona*. Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2017-IARG 2017, Matera, 5-7 Luglio 2017.
- DI CAPUA G., MANUEL M.R., PEPPOLONI S. (2009), *Microzonazione sismica speditiva del centro storico di Sulmona (AQ)* - Prodotto 4 dell'Unità Operativa Geologica, Progetto DPC-Reluis, Linea 10, www.earth-prints.org/handle/2122/5687.
- DI FILIPPO M., MICCADEI E. (1997), *Studio gravimetrico della conca di Sulmona*. Il Quaternario, 10(2), 489-494.
- GALADINI F., CARROZZO R. (2014), *I terremoti a Sulmona: indagini di sismologia storica per la microzonazione sismica*. Quaderni di Geofisica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, n. 118, 34 pp.
- RATHJE, E.M., KOTTKE, A. (2013). STRATA. Available online in the website <http://nees.org/resources/strata>.
- MANUEL M.R. (2007), "Dalle indagini al modello geologico-tecnico per la definizione della Risposta Sismica Locale finalizzata alla Microzonazione Sismica di pianure alluvionali e costiere". PhD Thesis, Dipartimento Scienze della Terra, Sezione Geologia Applicata, "Sapienza" Università di Roma, 273pp.
- MARCELLINI A. et al., (1995), *The Benevento Seismic Risk Project. I - Seismotectonic and Geotechnical background*. Proc. V. Int. Conf. on Seismic Zonation. Nice. Ouest Edition Presses Académiques. Nantes.
- MODONI G., GAZZELLONE A. (2010), *Simplified theoretical analysis of the seismic response of artificially compacted gravels*. Proc. 5th International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego.
- ORI G.G., RUSCIADELLI G. (2010), *Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 351 "Pescara"*.
- PIZZI A., MICCADEI E., PIACENTINI T., PIPPONZI G., GALADINI F., LUZI L. (2014), *Microzonazione sismica di Livello 1 del Comune di Sulmona (AQ)*. Rel. illustrativa con carte e sezioni allegate, R. Abruzzo-Dip. Protezione Civile, <https://protezionecivile.regione.abruzzo.it/index.php/microzonazione>.
- ROLLINS K.M., EVANS M.D., DIEHL N.B., DAILY W.D. (1998), *Shear Modulus and Damping Relationships for Gravels*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Vol. 124, Issue 5, pp. 396-405.
- SCARASCIA MUGNOZZA G. (2007), *Microzonazione sismica di 2° livello*. Indagini e risultati ai fini della progettazione esecutiva della microzonazione sismica del centro abitato di Sulmona. Allegato 1. Indagini geologico-tecniche, ricostruzioni stratigrafiche e cartografia, 28 pp.
- TOTANI G., MONACO P., MARCHETTI S., MARCHETTI D. (2009), *VS measurements by seismic dilatometer (SDMT) in non-penetrable soils*. In: Hamza M. et al. (Eds.), Proc. 17th Int. Conf. on "Soil Mechanics and Geotechnical Engineering", Alexandria, 2, pp. 977-980, IOS Press.

Caratterizzazione dinamica sperimentale del Ponte della Costituzione e degli Scalzi a Venezia

Vincenzo d'Oriano

Geologo

STGA Studio di Geologia e Ingegneria Ambientale, Firenze

Experimental dynamic characterisation of Costituzione and Calzi bridges in Venice

Parole chiave: Caratterizzazione dinamica delle strutture, Risposta sismica locale, HVSR, ReMi

Key words: Experimental dynamic analysis; Site Response Analysis; HVSR. ReMi

ABSTRACT

Le strutture sono oscillatori complessi che vibrano con la massima ampiezza solo a specifiche frequenze denominate frequenze proprie, autofrequenze o frequenze di risonanza. Il riconoscimento di queste frequenze è di importanza centrale nell'ingegneria e nella geotecnica sismica. Poiché le strutture vibrano principalmente a queste frequenze non solo in presenza di terremoto ma anche in condizioni di eccitazione da tremore ambientale, tali frequenze possono essere misurate anche nelle condizioni operative quotidiane delle strutture. Secondo la sismologia storica, Venezia non è mai stata colpita in modo diretto da terremoti nel suo immediato sottosuolo, tuttavia ha riportato diversi danni in occasione di terremoti limitrofi. Nella presente tesi è stata valutata la dinamica sotto eccitazione ambientale di due principali opere veneziane: il ponte degli Scalzi (1934) progettato dall'ing. E. Miozzi e il ponte della Costituzione (2008), disegnato dall'architetto S. Calatrava. Usando il periodo proprio dei ponti misurato sperimentalmente come valore di ingresso nello spettro di risposta del sito, abbiamo riscontrato che il ponte della Costituzione si colloca nel plateau dello spettro, quindi a periodi per i quali l'accelerazione attesa sulla struttura è massima. Il ponte degli Scalzi presenta invece una rigidità tale da non mostrare amplificazione significativa tra il moto alla fondazione e quello della struttura sovrastante. Le misure di microtremore ambientale effettuate sul sottosuolo in prossimità delle fondazioni dei due ponti hanno mostrato che esso amplifica il moto per risonanza a 0.5 Hz. Questa frequenza è sufficientemente lontana da quelle proprie dei due ponti in esame, per cui si può ritenere che non ne influenzi significativamente la dinamica. Infine, abbiamo osservato

che i valori di accelerazione verticale misurati sulla sua sommità del ponte della Costituzione, generati principalmente dal traffico pedonale, superano i limiti di comfort proposti dall'Eurocodice EN UNI 1990. Le indagini eseguite possono essere raggruppate in due classi: la prima comprende tutte le misure sotto condizioni di eccitazione ambientale eseguite sul ponte della Costituzione e sul ponte degli Scalzi, mentre la seconda concerne la caratterizzazione sismica del sottosuolo al fine della risposta sismica locale.

1. ACQUISIZIONE E ANALISI SULLE STRUTTURE

1.1 PONTE DELLA COSTITUZIONE.

Per la caratterizzazione dinamica del Ponte della Costituzione abbiamo effettuato 3 serie (blu, rossa e verde) di 5 misure sincronizzate ubicate come in Fig. 1, per mezzo di sismometri tricomponenti (5 strumenti Tromino® sincronizzati via radio)

Per ciascuna serie temporale si è analizzato solo mezzo ponte, nell'assunto che l'altra metà abbia comportamento simmetrico rispetto al centro.

L'esecuzione sincrona delle misure ha due vantaggi:

- Le misure non devono essere normalizzate per l'effetto della sorgente del microtremore. Gli strumenti misureranno un moto generato da una medesima perturbazione.

Quindi nei processi di convoluzione le misure non differiranno a causa di un diverso contenuto in frequenza della sorgente, ma principalmente dalla differente oscillazione che presenta ciascun punto della struttura.

- Le misure sincronizzate permettono la ricostruzione delle fasi nei punti di misura e quindi consentono di costruire le deformate modali.

Le serie temporali così acquisite sono state analizzate in finestra contigue di 20 secondi. Ciascuna finestra è stata corretta per la linea di base; è stato applicato un tapering con finestra Bertlett e un *pad a zero*. Per ciascuna finestra è stata successivamente effettuata una FFT (Fast Fourier Transform) e lo spettro risultante corrisponde alla media di tutti gli spettri appartenenti a ciascuna finestra ed è stato liscio all'1% della frequenza fondamentale.

L'allineamento lungo l'asse centrale (rosso in Fig. 1) ha permesso, in un primo



Figura 1. Ubicazione indagini velocimetriche

momento, di individuare i principali modi flessionali sia verticale che orizzontale. Successivamente esso è stato messo a confronto con uno dei due allineamenti laterali così da enfatizzare le torsioni, ossia meccanismi che inducono velocità minime in corrispondenza dell'asse centrale e massime esternamente.

1.1.1 1° e 2° modo di oscillare: trasversale e verticale a 1.5 Hz

In *Fig. 2* si possono osservare assieme i 5 spettri dello spostamento (A, B, C, D, E) appartenenti alle suddette posizioni. La lettera A identifica la mezzeria, mentre le altre le progressive posizioni intermedie fino alla spalla del ponte.

Accostare i cinque spettri dello spostamento permette di comprendere la deformazione spaziale che la struttura subisce ad una particolare frequenza. È importante sottolineare che la deformazione complessiva (cioè quella che realmente si verifica) della struttura sarà data dalla somma dei vari modi deformativi, ciascuno alla propria frequenza, a cui essa è sottoposta. Gli spettri in *Fig. 2* mettono in evidenza il primo modo flessionale trasversale a 1.5 Hz. L'ampiezza spettrale della componente trasversale a 1.5 Hz è massima al centro del ponte e decresce spostandosi verso la spalla, che è considerata fissa in senso ingegneristico. L'ampiezza del moto cala da 0.1 mm a $6 \cdot 10^{-4}$ mm, nelle condizioni operative sperimentate. Poiché le misure erano sincrone, dall'involuppo dei massimi spettrali a 1.5 Hz possiamo ottenere la deformata del primo modo trasversale, che ha la stessa fase su tutto il ponte. La deformata è indicata in rosso in *Fig. 2*. La conferma che a questa frequenza il moto del ponte è tutto in fase deriva dal confronto delle fasi dei singoli segnali, filtrate con un filtro passa banda a 1.5 Hz *Fig. 3*. Abbiamo ripetuto le stesse operazioni sulla componente verticale registrata lungo l'allineamento esterno blu (*Fig. 1*) e interno rosso. Ancora una volta, si riscontra un'amplificazione netta del moto a 1.5 Hz.

Il modulo della deformata ottenuta dall'involuppo dei massimi spettrali mostra che l'ampiezza di tale moto aumenta progressivamente allontanandosi dalla mezzeria fino ad un massimo collocato circa a 2/3 dell'impalcato e termina con valori prossimi allo zero sulla spalla. Il risultato è mostrato in *Fig. 4*.

(1.1.2) - 3° modo di oscillare: flessionale verticale (2 Hz): Abbiamo ripetuto

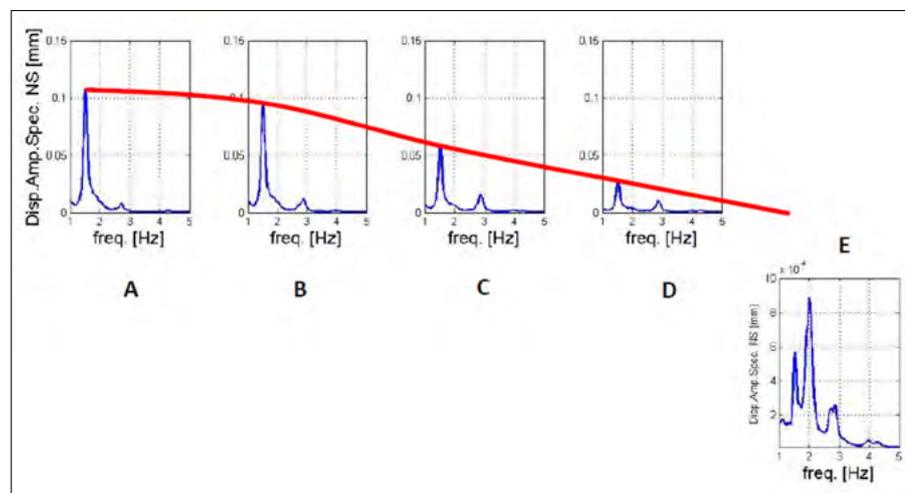


Figura 2. Interpretazione della deformata trasversale in direzione NS dalla mezzeria alla spalla v del Ponte della Costituzione

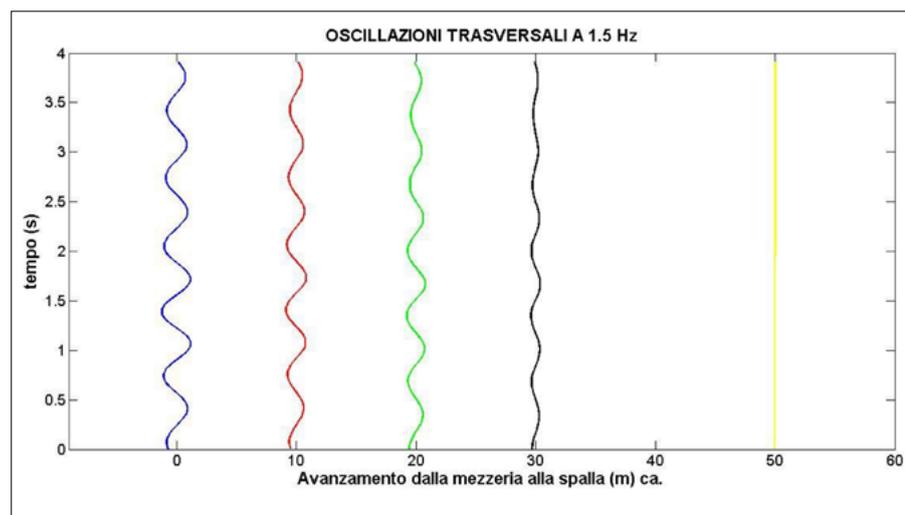


Figura 3. Analisi delle fasi delle armoniche a 1.5 Hz

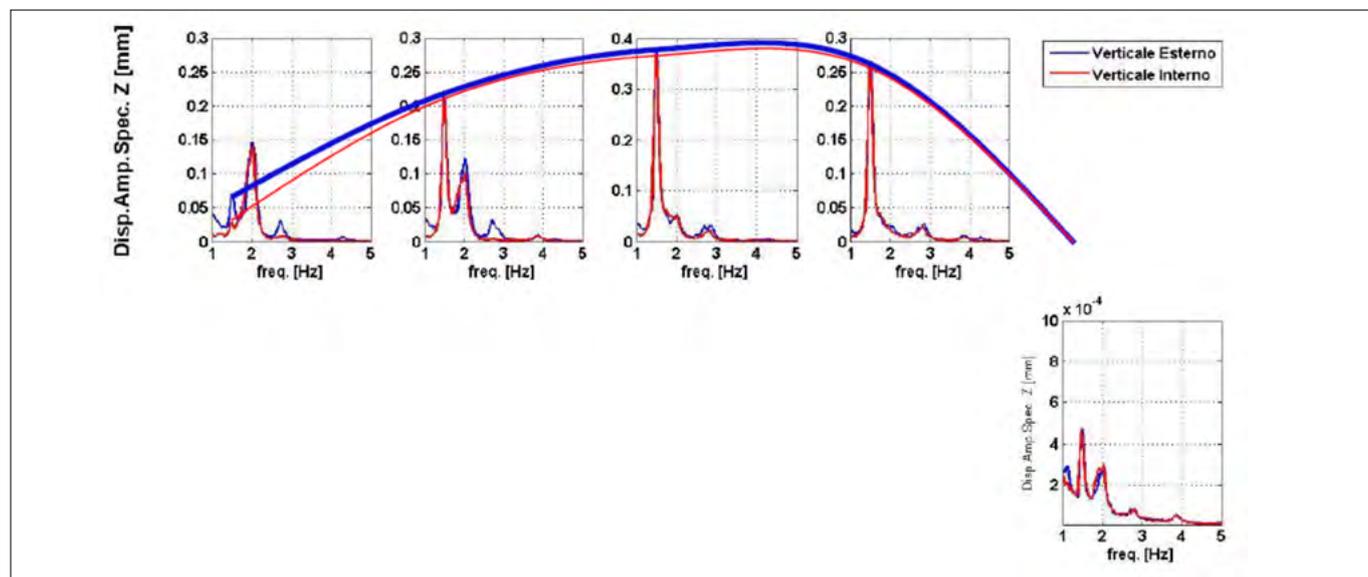


Figura 4. Interpretazione della deformata verticale a 1.5 Hz dalla mezzeria alla spalla del Ponte della Costituzione

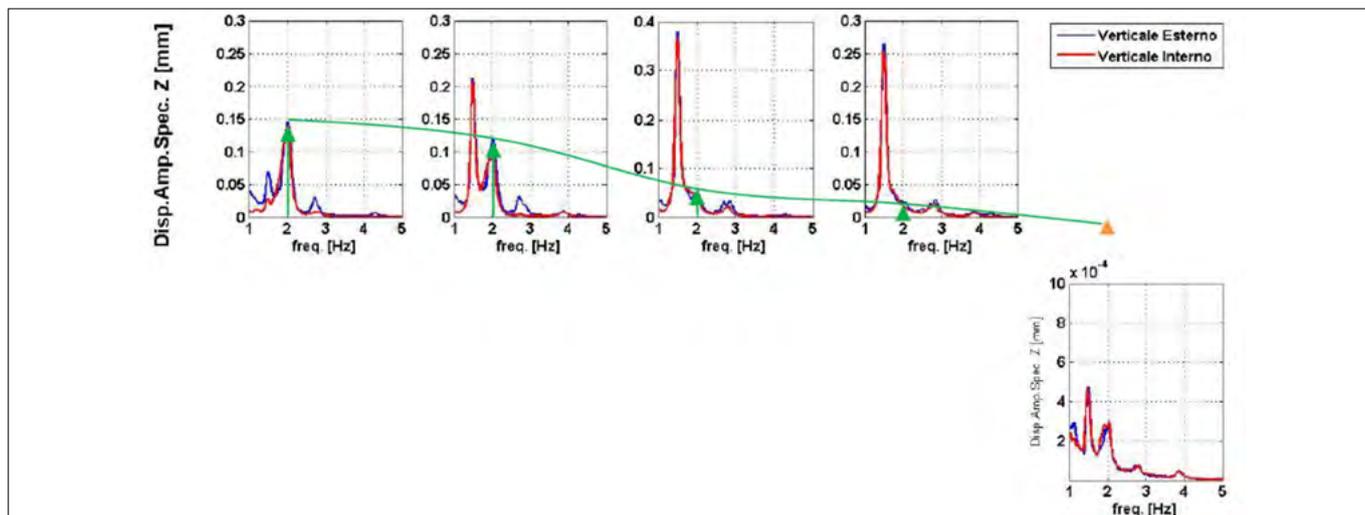


Figura 5. Interpretazione della deformata verticale a 2 Hz dalla mezzeria alla spalla del Ponte della Costituzione

le operazioni sopra descritte per il picco spettrale riconosciuto a 2 Hz nella componente verticale, ottenendo il modulo della deformata rappresentato in Fig. 5

È possibile constatare che gli spostamenti decrescono allontanandosi dalla mezzeria, passando da 0.15 mm a $3 \cdot 10^{-4}$ mm in corrispondenza della spalla.

Al fine di confrontare le fasi delle armoniche appartenenti a questo modo,

abbiamo eseguito un filtraggio passabanda a 2 Hz sulla componente verticale, rappresentando le tracce acquisite in modo sincrono nei 5 punti di misura. Anche in questo caso si tratta di cinque segnali in fase. Ancora una volta siamo di fronte ad una flessione verticale che coinvolge tutta la struttura. Si tratta pertanto del secondo modo flessionale verticale.

1.1.3 4° Modo di oscillare: torsionale (trasversale + verticale 2.7 Hz)

Confrontiamo ora gli spettri della componente trasversale del moto (asse NS strumentale) con la componente verticale (asse Z strumentale). Entrambe le componenti sono state misurate sia lungo il parapetto (ampiezze spettrali esterne in blu in Fig. 6) sia lungo l'asse

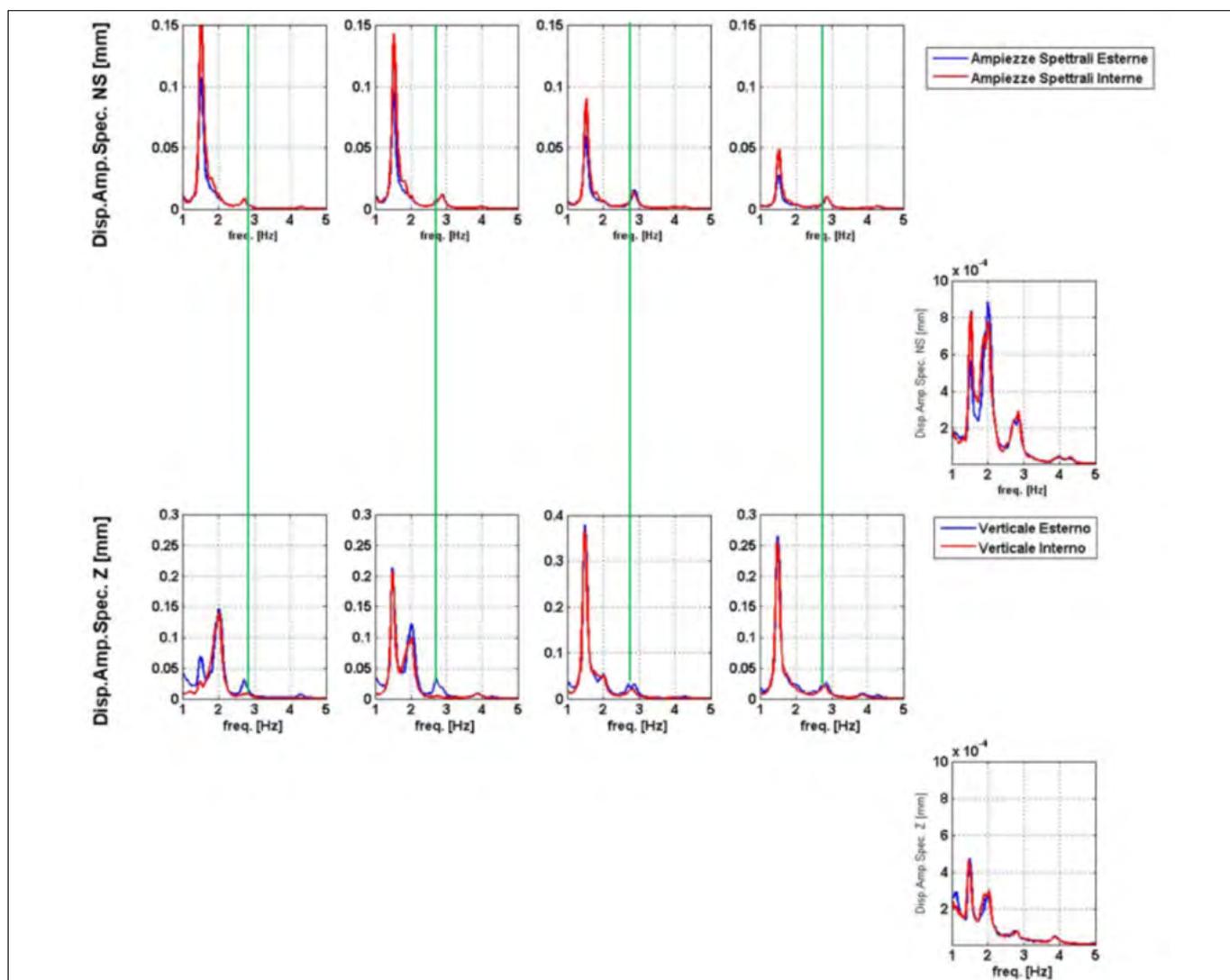


Figura 6. Interpretazione della deformata verticale a 2.7 Hz dalla mezzeria alla spalla del Ponte della Costituzione

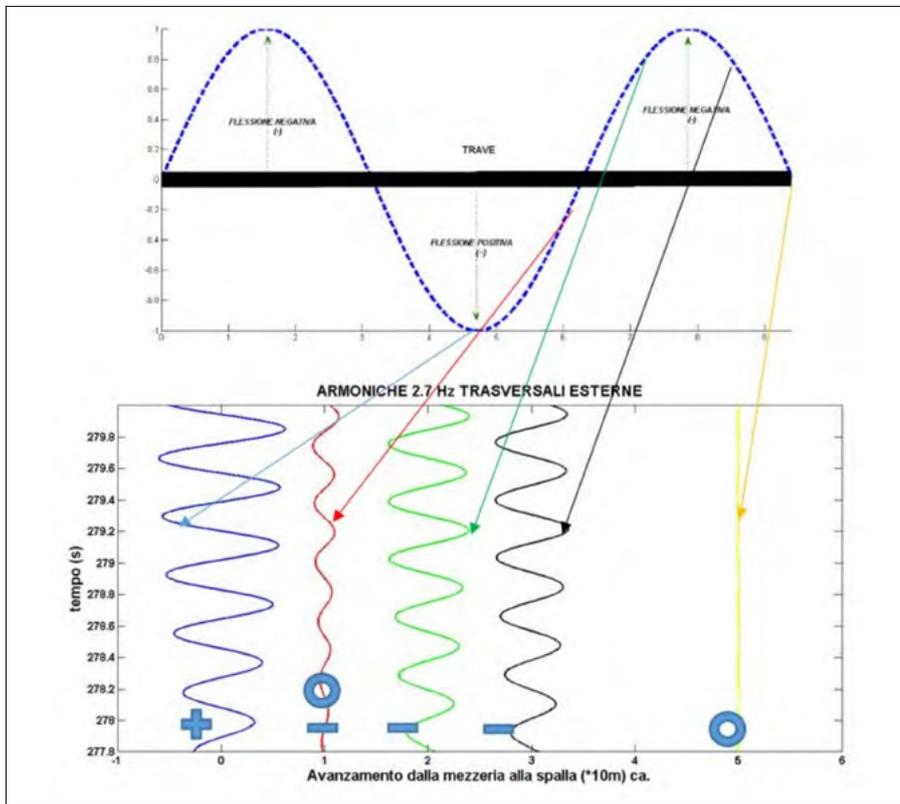


Figura 7. Fasi delle singole armoniche a 2.7 Hz: il simbolo '+' per la fase positiva; il simbolo '-' se la fase è negativa e 'o' invece è nulla. Ciascuna armonica è associata, tramite una freccia, al corrispondente punto di una trave vincolata alle estremità (rappresentata in alto in nero), nell'assunzione che essa possa simulare la nostra struttura

centrale del ponte (ampiezze spettrali interne in rosso in Fig. 6). Soffermeriamoci alla frequenza 2.7 Hz.

Le oscillazioni trasversali (asse NS strumentali) sono presenti sia in corrispondenza del parapetto (misure esterne blu) sia lungo l'asse centrale. Viceversa, le componenti verticali del moto,

rappresentate in basso nella Fig. 6, subiscono una brusca diminuzione nel passaggio dalle misure esterne a quelle interne. Questo fenomeno può essere giustificato da un movimento torsionale del ponte. Inoltre, nei due paragrafi precedenti abbiamo preso in considerazione oscillazione in fase. Ciascun punto di

misura partecipa con lo stesso verso alla deformazione. Graficando le serie temporali a 2.7 Hz (Fig. 7) ci accorgiamo invece che le singole armoniche presentano fase diversa. Questo implica che la struttura subisce contemporaneamente spostamenti di verso opposto. In particolare a spostamenti verso il basso del punto di mezzeria e di spalla (rispettivamente primo e quinto) si oppongono spostamenti verso l'alto in corrispondenza dei tre punti centrali. Siamo in presenza di un modo flessionale più complesso. Per comprendere tale movimento è possibile fare un'astrazione e ridurre la complessità strutturale del ponte a quella di una trave ideale sollecitata da un carico uniforme. Considerando solo metà trave (per il fatto che abbiamo solo misure di metà arcata, dalla mezzeria alla spalla di S. Lucia) notiamo una flessione positiva in corrispondenza della parte centrale che si esaurisce rapidamente spostandosi verso destra. La deformazione prosegue quindi con una flessione negativa che tende a zero in corrispondenza dell'appoggio destro. Ora, prendendo in considerazione le nostre misure, ci accorgiamo di essere in presenza dello stesso fenomeno. Nella Fig. 7 sono graficate le diverse armoniche a 2.7 Hz nei cinque punti di misura. I risultati così ottenuti possono essere sintetizzati nella Tab. 1 che raggruppa i primi quattro modi oscillatori del ponte della Costituzione: 3 flessionali ed uno torsionale.

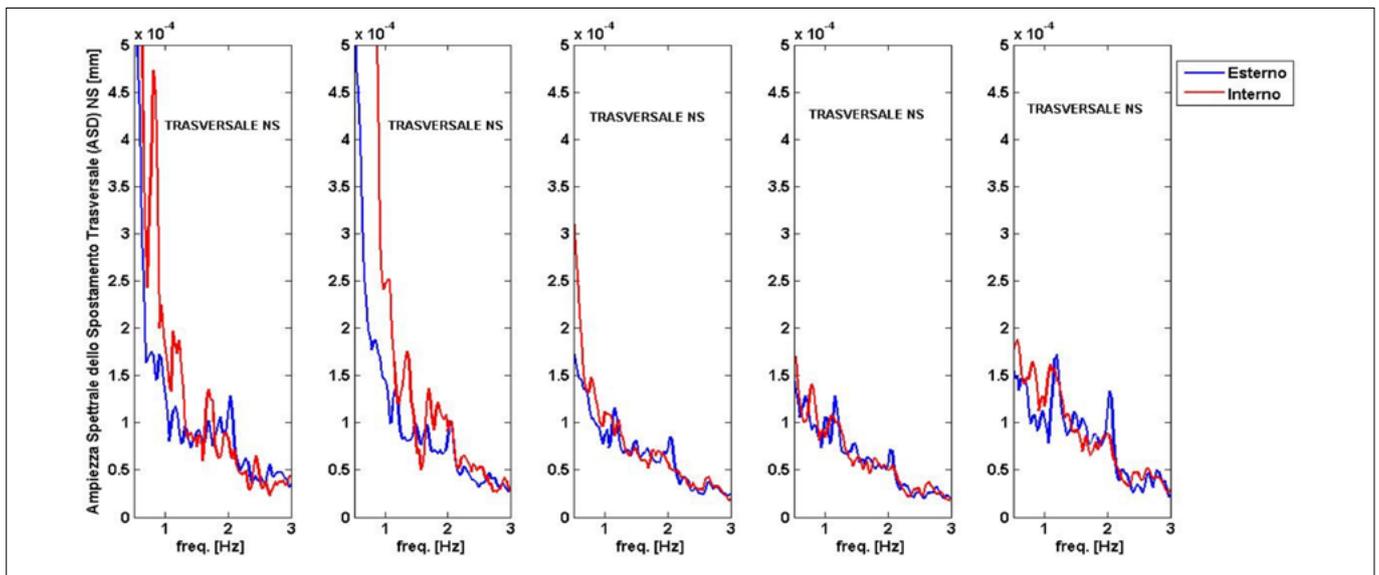


Figura 8. Ampiezza Spettrale dello Spostamento TRASVERSALE delle cinque misure esterne (blu) ed interne (rosso).

Tabella 1. Dinamica Ponte della Costituzione

MODO	TIPOLOGIA DEL MODO	FREQUENZA	PERIODO
I e II	Flessionale trasversale e verticale	1.5 Hz	0.66 s
III	Flessionale verticale	2.0 Hz	0.50 s
IV	Torsionale	2.7 Hz	0.37 s

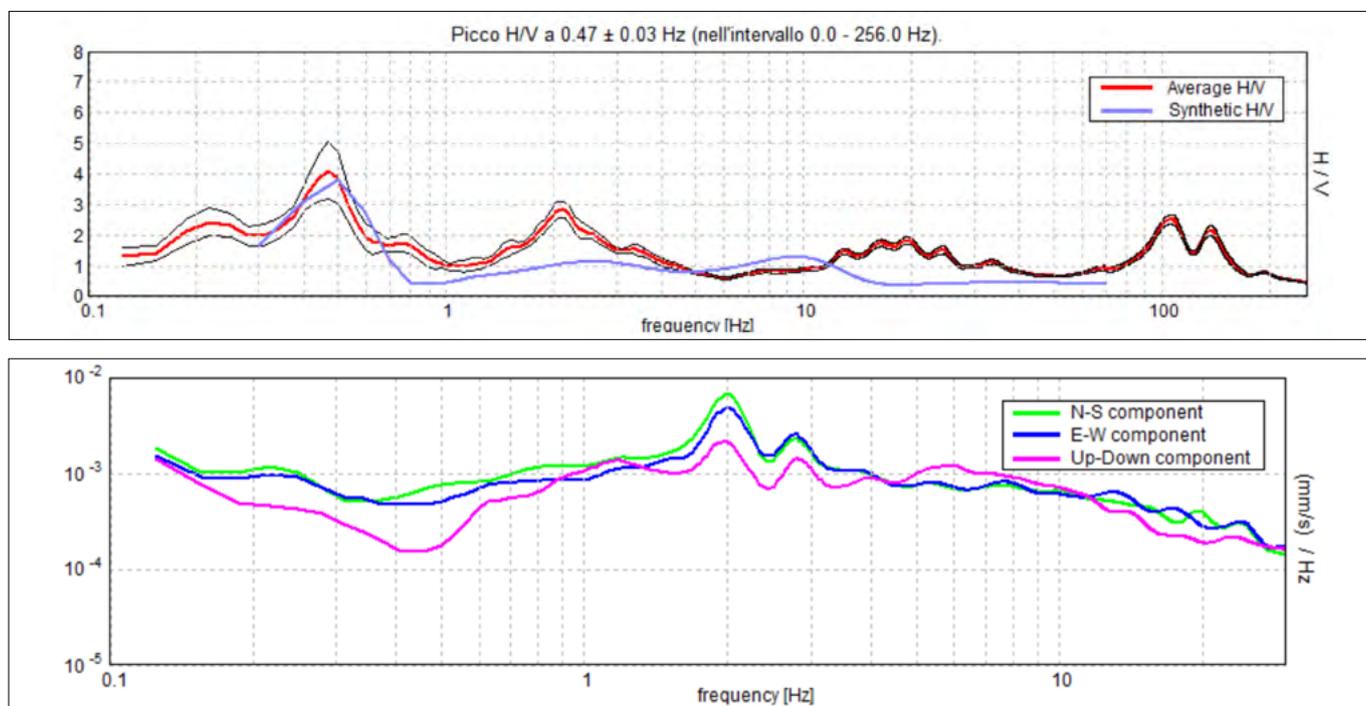


Figura 9. H/V C in rosso (con relativa deviazione standard in nero) sovrapposta alla curva sintetica elaborata

1.2 PONTE DEGLI SCALZI

La stessa procedura è stata poi applicata al Ponte degli Scalzi, scoprendo – come prevedibile – che questo presenta un comportamento dinamico molto diverso da quello della Costituzione. La maggior rigidezza complessiva dell'opera infatti provoca un'ampiezza spettrale molto minore di circa tre ordini di grandezza a parità di sollecitazione esterna. La Fig. 8 infatti mostra valori massimo di $5 \cdot 10^{-4}$ mm. Il ponte degli Scalzi è realizzato in *Pietra d'Istria* che presenta bassa porosità e alta resistenza all'alterazione superficiale dagli agenti atmosferici. In Fig. 8 sono rappresentati parte degli spettri ricavati dalle tracce temporale acquisite sul ponte degli Scalzi. Le ampiezze spettrali, dell'ordine di 10^{-4} mm, risultano decisamente inferiori rispetto a quelle del ponte della Costituzione. Risulta perciò difficoltosa la ricerca dei diversi modi vibrazionali e l'elaborazione

delle deformate, poiché il ponte si muove in modo indistinguibile dal sottosuolo. Non potremo quindi approfondire lo studio della dinamica così come abbiamo fatto in precedenza e di conseguenza non possiamo valutare l'effetto di risonanza suolo-struttura. La causa del diverso comportamento dei due ponti è da ricercare nei diversi parametri meccanici appartenenti ai materiali con cui sono stati edificati i due ponti e alle diverse tipologie e geometrie di costruzione, più in generale. Il ponte degli Scalzi muove così poco che non risulta possibile individuare i modi di oscillazione e costruire le relative deformate.

2. ACQUISIZIONE E ANALISI DATI DEL SOTTOSUOLO

Riportiamo ora i risultati delle due tipologie di indagini sismiche effettuate nella nostra area di studio e appena illu-

strate: la prova passiva a stazione singola per la registrazione del microtremore ambientale (delle tre effettuate, una è riportata in Fig. 9) e la prova passiva multicanale ReMi™ per la determinazione della categoria di sottosuolo (Fig. 10). La curva H/V ottenuta dalle misure a stazione singola di microtremore ambientale, intorno al ponte della Costituzione, mostra un picco a 0.45 Hz, uno a 2 Hz. La curva H/V deve essere analizzata sempre assieme agli spettri delle singole componenti dai quali essa ha origine. Alla frequenza di risonanza di un sito si genera un picco nel grafico H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale. Tale minimo si distacca dall'andamento delle altre componenti (orizzontali) e con esse dà vita ad una forma ad occhio o ogiva. Questa forma indica una risonanza stratigrafica. Da quanto precisato risulta evidente che il picco a 2 Hz presente nella nostra

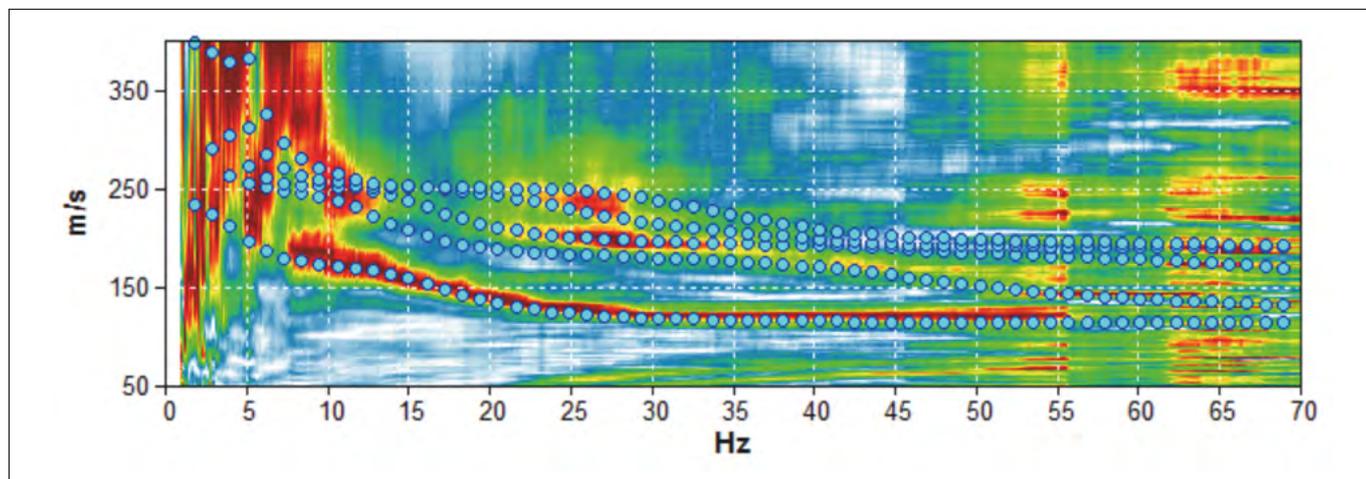


Figura 10. Curva di dispersione misurata sovrapposta alle curve sintetiche elaborate. Quella più in basso rappresenta il primo modo di vibrare dei sismo-strati individuati.

Tabella 2. Sismostratigrafia inserita nel programma per l'elaborazione di curve spettrali sintetiche, con l'intento di farle combaciare al meglio con quelle sperimentali

Profondità alla base di ciascun livello [m]	Spessore di ciascun livello [m]	Velocità media delle onde di taglio, V_s [m/s]	Rapporto di Poisson
15.00	15.00	190	0.49
125.00	110.00	250	0.48
inf.	inf.	480	0.48

misura non provenga da un'amplificazione stratigrafica in quanto tutte e tre componenti spettrali subiscono un picco nell'intorno di questa frequenza. In pratica non si verifica la diminuzione in ampiezza della componente verticale che ci aspetteremmo nel caso di risonanza *Castellaro (2016)*. Il picco a 2 Hz e le sue componenti spettrali presentano una morfologia che solitamente è propria di artefatti, cioè sorgenti di natura antropica che emettono vibrazioni ad una specifica frequenza. Successivamente, abbiamo effettuato due indagini geofisiche passive in array ReMi, nei due giardini pubblici più vicini ai ponti. La curva di dispersione ottenuta dalla prima indagine è riportata in *Fig. 10*.

3. ELABORAZIONE DEL PROFILO DEL SOTTOSUOLO

Le due tecniche di indagine passiva espone in precedenza permettono di dedurre in modo più raffinato il profilo di velocità delle V_s . Utilizzati in modo congiunto, i due metodi possono colmare reciprocamente le diverse mancanze che ciascuno singolarmente porta con sé. Le prove in array in generale (SASW, MASW, ReMi, SPAC, etc.) adottano modelli per l'inversione (cioè per l'estrapolazione del profilo di velocità delle V_s) basati sull'ipotesi di sottosuolo a strati piani e paralleli. Questa ipotesi, che solitamente non viene verificata durante l'esecuzione della prova, può essere confermata realizzando alcune misure H/V lungo lo stendimento; queste ultime permettono di individuare geometrie non planari qualora la forma spettrale H/V risultasse diversa. Altra insufficienza della prova in array è che in presenza di un riflettore importante caratterizzato da un aumento di rigidità non riesce ad investigare al di là del riflettore stesso, in quanto l'energia prodotta (nel caso di metodi attivi) viene riflessa verso la superficie. La tecnica sismica a stazione singola è meno sensibile a questo limite e permette di estendere l'indagine anche al di là di situazioni stratigrafiche sfavorevoli. Dalla curva di dispersione (*Fig. 10*) abbiamo calcolato che il terreno nei pressi del

ponte della Costituzione è suddivisibile sostanzialmente in 2 strati: uno di circa 10 m a 190-200 m/s e uno più superficiale di 2- 4 m con V_s intorno ai 120 m/s. Questi due livelli sono stati uniti in uno solo da 15 m perché le azioni sismiche intervengono alla base della fondazione A questa profondità la curva di dispersione esaurisce le informazioni sulla sismostratigrafia ed è necessario studiare le curve H/V. Queste mostrano, oltre all'artefatto a 2 Hz, un massimo a 0.45 Hz legato presumibilmente alla risonanza della copertura sedimentaria posta al tetto del bedrock. La copertura più profonda è sicuramente caratterizzata da una velocità di propagazione maggiore rispetto ai livelli superficiali. Con queste conoscenze a disposizione possiamo ipotizzare una velocità di propagazione delle onde di taglio per il secondo strato, ed è possibile creare delle curve H/V e di dispersione sintetiche da confrontare con quelle sperimentali: una buona sovrapposizione tra le due permette di confermare la plausibilità delle ipotesi sulla velocità del secondo strato.

Impostando una velocità di 250 m/s, utilizzando la relazione di risonanza per un modello monostrato $f=V_s/4H$ ricaviamo la stima dello spessore dello secondo strato da inserire nel modello pari 110 m. I parametri ulteriori che è necessario stimare sono i moduli di Poisson e le densità degli strati. Dato che la misura è stata effettuata in un'isola della laguna veneta in cui i sedimenti sono saturi, usiamo un modulo di Poisson molto alto per ottenere una velocità delle onde P di circa 1400 m/s, che è la velocità tipica di queste onde nei suoli saturi. Scegliamo quindi una densità superficiale tipica di $1.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, che andremo gradualmente ad aumentare presupponendo una compressione dei materiali dovuti alla compattazione gravitazionale. In *Tab. 2* sono riportati i valori numerici del modello inserito per riprodurre il più fedelmente possibile lo spettro H/V e la curva di dispersione.

Inserendo questa sismostratigrafia è possibile estrapolare delle curve sintetiche H/V e di dispersione da confrontare con quelle misurate. Piccoli accor-

gimenti e modifiche possono aiutare ad ottenere una maggiore coincidenza tra le due curve, tenendo sempre presente la correttezza geologica che tali modifiche comportano. Le due curve sintetiche sono rappresentate in *Fig. 9* e *Fig. 10*.

Si può apprezzare come la sismostratigrafia assunta permetta di calcolare una curva sintetica che combacia abbastanza bene con quella empirica. Si ha inoltre ulteriore conferma che il picco a 2 Hz non deriva da fenomeni di risonanza stratigrafica, ma proviene da una sorgente antropica.

4. ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le analisi di risposta sismica locale sono finalizzate alla definizione del moto sismico in superficie in corrispondenza di un determinato sito geologico. Si assume di conoscere l'input sismico alla base del sito in corrispondenza del bedrock e si cerca di comprendere le modifiche che il sito opera sull'input stesso (tramite lo studio geologico, geotecnico e sismico dell'area), al fine di valutare gli effetti prodotti in superficie in termini di accelerazioni massime orizzontali. Queste saranno poi utilizzate nella progettazione o nell'adeguamento sismico delle varie opere che dovranno essere ubicate in corrispondenza del luogo di indagine. I metodi che cercano di dare una soluzione a questo problema sono raggruppabili in più classi:

- I) Metodi empirici: basati su analisi statistiche (proposto dalla normativa italiana NTC 08, *spettro di risposta semplificato*)
- II) Metodi analitici: utilizzano un approccio lineare al problema e sono basati sulla soluzione in forma chiusa di equazioni differenziali della dinamica.
- III) Metodi numerici: Il terreno viene schematizzato come un mezzo multistrato; ogni strato viene considerato omogeneo a comportamento visco elastico (Tali metodi sono implementati in codici di calcolo come EERA, STRATA e permettono di ottenere uno *spettro di risposta non semplificato*).

Gli spettri di risposta sono utilizzati per valutare l'entità della forzante sismica attesa in un determinato sito in termini probabilistici.

Lo spettro di risposta semplificato (o di progetto) differisce da quello non semplificato. Quest'ultimo appare molto irregolare, infatti la sua forma riflette i dettagli del suo specifico contenuto in frequenza e di fase del segnale sismica da cui esso è derivato. Al contrario, lo spettro di progetto è generalmente liscio. Una volta terminata la scelta dei vari parametri di input si ottiene la forma dello spettro di risposta semplificato. Esso fornisce importanti indicazioni sulle accelerazioni massime (esprese in frazione di g) attese nel sito di interesse e l'intervallo di frequenze nel quale esse si manifestano. Il risultato è riportato in Fig. 11.

densità dei livelli stratigrafici, della variazione del modulo di rigidezza (μ e G) e dello smorzamento con la profondità (ζ).

III) Calcolo della risposta sismica locale attraverso codici come ad esempio EERA (*Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses*).

Per ogni accelerogramma in ingresso avremo, quindi, uno spettro di risposta in uscita.

Poiché abbiamo utilizzato 14 accelerogrammi abbiamo ottenuto 14 spettri di risposta differenti. Il risultato è mostrato in Fig. 11.

Da questo spettro di risposta è possibile osservare quale accelerazione massima subisce un sistema oscillante ad un grado di libertà in caso di sisma con magnitudo compresa tra 5.5 e 7 nel sito di Venezia.

Costituzione, che di seguito riportiamo nuovamente.

Dalla Fig. 11 risulta che i 4 modi vibrazionali orizzontali del ponte della Costituzione (*Tab. 1*) ricadono completamente nell'intervallo di frequenze alle quali lo spettro di risposta è massimo. I modi verticali sono sempre marginali rispetto alle sollecitazioni sismiche, per cui non vengono trattati in questa analisi dinamica. Possiamo quindi stabilire che il ponte della Costituzione sarà soggetto alle massime accelerazioni attese, cosa che non depone a favore della sua sicurezza, considerati i grandi problemi statici che la struttura presenta sin dalla costruzione ed il fatto che non sia stata concepita per essere antisismica. Le prove H/V eseguite nel sito di indagine permettono di misurare le frequenze di risonanza del sito: ne è stata individuata

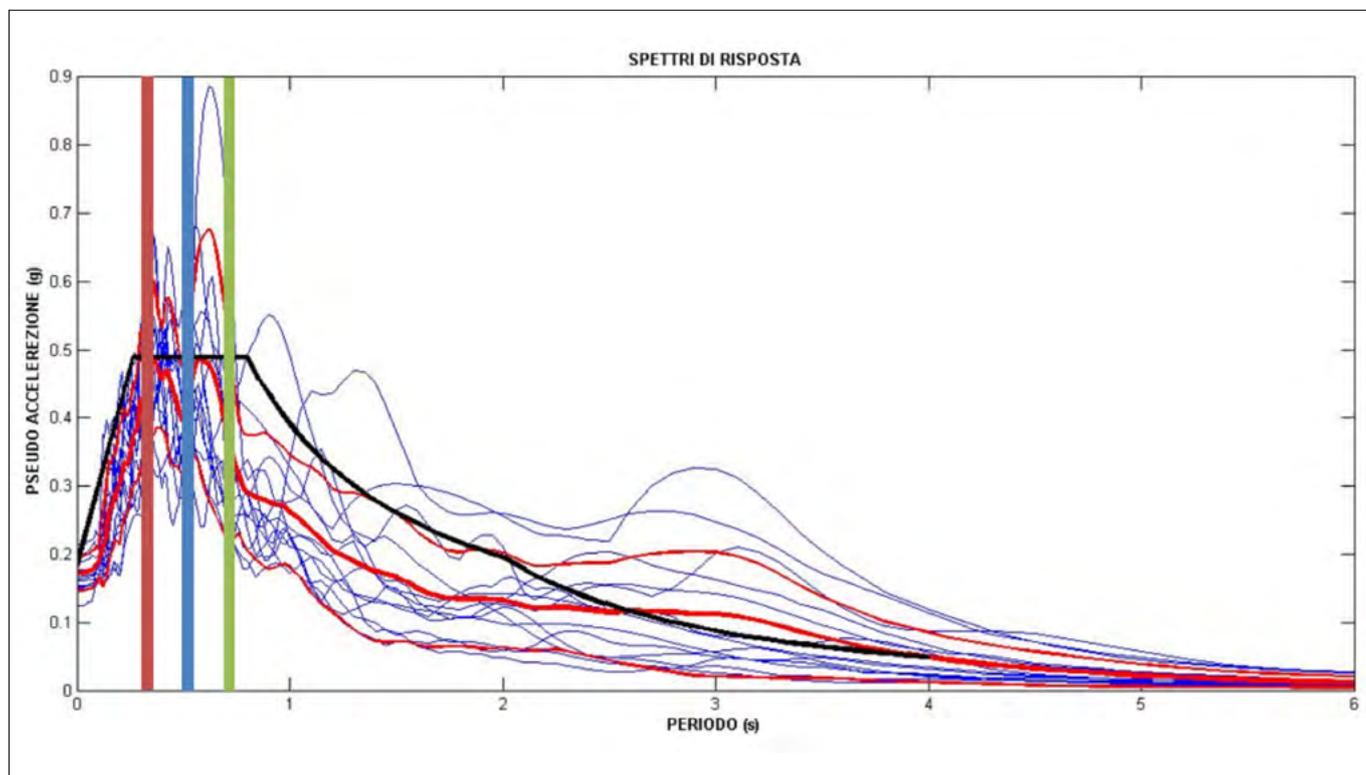


Figura 11. Sovrapposizione dei modi oscillatori sugli spettri di risposta semplificato (nero) secondo il metodo empirico proposto dalla normativa italiana, NTC 08; (classe di suolo D; vita nominale 100 anni; coefficiente d'uso 1.5); e medio non semplificato (rosso)

Il calcolo dello spettro di risposta elastico non semplificato di un determinato sito prevede l'esecuzione della seguente procedura:

- i) Estrazione degli accelerogrammi naturali da utilizzare come input sismici opportunamente scalati al valore di accelerazione del sito registrati sul bedrock o deconvoluti se fosse registrato in superficie.
- ii) Definizione del modello sismostratigrafico: spessori dei livelli stratigrafici sottostanti il sito in esame nei termini del profilo velocità delle onde di taglio sotto il sito; della

5. INTERAZIONI SUOLO - STRUTTURA: STUDIO DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEL PONTE DELLA COSTITUZIONE

Il confronto dei modi di vibrare del sottosuolo con quelli delle strutture permette di riconoscere i presupposti per l'instaurarsi di una coincidenza di risonanza tra suolo e struttura, detta doppia risonanza, che è una condizione molto gravosa in caso di terremoto.

L'analisi sperimentale dinamica ha evidenziato in modo chiaro i principali quattro modi di vibrare del ponte della

in particolare una, a 0.5 Hz (2 s). Come illustrato in Figure 11, tale frequenza è sufficientemente lontana da quelle proprie del ponte, per cui si può ritenere che non ne influenzi la dinamica. Ciononostante, va ulteriormente osservato che se il ponte fosse sismicamente isolato secondo i principi classici dell'isolamento sismico (ossia l'allungamento del periodo proprio del ponte), verrebbe ad avere una frequenza propria inferiore all'attuale ed in quel caso, in caso di una progettazione non attenta alla risposta dinamica del sottosuolo, si potrebbe avere coincidenza di risonanze.

Un altro aspetto interessante emerso per il ponte della Costituzione è che i valori di accelerazione verticale misurati sulla sua sommità, generati principalmente dal traffico pedonale in una giornata di affollamento normale, superano i limiti di comfort proposti dall'Eurocodice EN UNI 1990. Questo problema si è verificato in tempi recenti anche su altri celebri attraversamenti pedonali, quali il Millennium bridge di Londra. Abbiamo effettuato infine la caratterizzazione dinamica del ponte degli Scalzi ed abbiamo trovato che, in condizione di eccitazione da microtremore, esso presenta una rigidità tale da non mostrare amplificazione tra il moto della fondazione e quello della struttura sovrastante. Il moto della struttura risulta cioè completamente solidale con quello del suolo. In pratica, in caso di sismi, paragonabili a quelli utilizzati per la nostra analisi di riposta sismica locale, la struttura mostrerebbe oscillazioni confrontabili con quelle del suolo su cui è fondata, cosa che si traduce in una minor vulnerabilità sismica rispetto a strutture meno rigide.

6. DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

Il confronto dei modi di vibrare del sottosuolo con quelli delle strutture permette di riconoscere i presupposti per l'instaurarsi di una coincidenza di risonanza tra suolo e struttura, detta doppia risonanza, che è una condizione molto gravosa in caso di terremoto. Abbiamo iniziato effettuando una campagna di indagine sismica sui terreni di fondazione delle opere. Allo scopo sono state effettuate due indagini sismiche passive in array ad onde di superficie (ReMi™) e tre indagini a stazione singola di microtremore ambientale (HVSr). La situazione è apparsa sufficientemente omogenea in corrispondenza dei due ponti, così che è stato definito un unico modello sismo-stratigrafico in termini di variazione di velocità di propagazione delle onde di taglio e di alcuni parametri meccanici quali rigidità e smorzamento. Noto il modello del sottosuolo sono stati selezionati dal database europeo dei terremoti 14 accelerogrammi caratterizzati da contenuti in frequenza ed ampiezza che possono essere attesi al bedrock per il sito in esame in un periodo di 475 anni. Questi sono stati inseriti come input in un opportuno codice di calcolo per il definire la funzione di trasferimento bedrock-superficie. Nota la funzione di trasferimento è immediato calcolare gli spettri di risposta in superficie. Di questi 14, uno per ogni terremo-

to di input, abbiamo effettuato la media e calcolato l'intervallo di confidenza. Lo spettro di risposta semplificato (per la categoria di sottosuolo D, NTC 2008) e non semplificato, per l'area di Venezia da noi indagata, sono riportati in 15 rispettivamente. Da queste si evince che nel nostro sito la massima accelerazione attesa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni è pari a circa 0.5 g per le strutture con periodo proprio compreso tra 0.3 e 0.9 s. e smorzamento del 5%. Strutture con periodo proprio esterno a questo intervallo andranno soggette ad accelerazioni orizzontali inferiori. Abbiamo quindi verificato se i modi vibrazionali dei ponti in esame ricadono in tale intervallo. L'analisi sperimentale dinamica ha evidenziato in modo chiaro i principali 4 modi di vibrare del ponte della Costituzione, come riportato in Tab. 1. Dalla Fig. 11 risulta che i 4 modi vibrazionali orizzontali del ponte della Costituzione ricadono completamente nell'intervallo di frequenze alle quali lo spettro di risposta è massimo. I modi verticali sono sempre marginali rispetto alle sollecitazioni sismiche, per cui non vengono trattati in questa analisi dinamica. Possiamo quindi concludere che il ponte della Costituzione sarà soggetto alle massime accelerazioni attese, cosa che non depone a favore della sua sicurezza, considerati i grandi problemi statici che la struttura presenta sin dalla costruzione ed il fatto che non sia stata concepita per essere antisismica.

Le prove H/V eseguite nel sito di indagine permettono di misurare le frequenze di risonanza del sito: ne è stata individuata in particolare una, a 0.5 Hz (2 s). Come illustrato in Fig. 9, tale frequenza è sufficientemente lontana da quelle proprie del ponte, per cui si può ritenere che non ne influenzi la dinamica. Va osservato invece che se il ponte fosse sismicamente isolato secondo i principi classici dell'isolamento sismico (ossia l'allungamento del periodo proprio del ponte), verrebbe ad avere una frequenza propria inferiore all'attuale ed in quel caso, in caso di una progettazione non attenta alla risposta dinamica del sottosuolo, si potrebbe avere coincidenza di risonanze.

Un altro aspetto interessante emerso per il ponte della Costituzione è che i valori di accelerazione verticale misurati sulla sua sommità, generati principalmente dal traffico pedonale in una giornata di affollamento normale, superano i limiti di comfort proposti dall'Eurocodice EN UNI 1990. Questo problema si è verificato in tempi recenti anche su

altri celebri attraversamenti pedonali, quali il Millennium bridge di Londra.

Abbiamo effettuato infine la caratterizzazione dinamica del ponte degli Scalzi ed abbiamo trovato che, in condizione di eccitazione da microtremore, esso presenta una rigidità tale da non mostrare amplificazione tra il moto della fondazione e quello della struttura sovrastante. Il moto della struttura risulta cioè completamente solidale con quello del suolo. In pratica, in caso di sismi, paragonabili a quelli utilizzati per la nostra analisi di riposta sismica locale, la struttura mostrerebbe oscillazioni confrontabili con quelle del suolo su cui è fondata, cosa che si traduce in una minor vulnerabilità sismica rispetto a strutture meno rigide.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ALBARELLO D., CASTELLARO S. (2011), *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Ingegneria sismica p. 32-49.
- BONNEFOY-CLAUDET S. et al. (2008), *Effects of Love Waves on Microtremor H/V Ratio*. Bull. Seism. Soc. Am. p. 288-300.
- BONOMO F. (2007), *Il ponte di Calatrava sul Canal Grande*. Strade&costruzioni.
- BORTOLAMI G., CARBOGNIN L., GATTO P. (1985), *The natural subsidence in the Lagoon of Venice, Italy*. p. 777-785.
- CASTELLARO S., MULARGIA F. (2009), *The Effect of Velocity Inversions on H/V*. Pure and Applied Geophysics. p. 567-592.
- CASTELLARO S. (2016), *The complementarity of H/V and dispersion curves*. Geophys.
- FACCIORUSSO, J. A. (2001), *Valutazione degli effetti sismici locali mediante prove*. Firenze: DICEA.
- FÄH D., KIND F., GIARDINI D. (2001), *A theoretical investigation of average H/V ratios*. Geophys. J. Int., 145, p. 535-549.
- FOTI, S. et al. (2015), *Surface Wave Methods for Near-Surface Site Characterization*. London: Taylor & Francis Group, 2015.
- HEATH R. K. (2011), *A Critical Analysis of Ponte della Costituzione*, Venice. *Il ponte del Littorio*. Venezia: Edir. Zanetti, 1934.
- MIOZZI, E. (1935), *Dal ponte di Rialto al nuovo ponte degli Scalzi*. Roma: Stabilimento topografico del Genio Civile.
- NTC (2008), *Norme Tecniche per le Costruzioni*. s.l.: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- SABBADINO C. (1930), *Discorsi sopra la laguna di Cristoforo Sabbadino*. [a cura di] Roberto Cessi. Venezia: s.n.
- SARÀ G. (1985), *Ingegneria Antisismica*. Napoli: Liguori s.r.l. p. 72-127. Vol. 1.
- SIMONINI P. et al. (2014), *Geotechnical Characterization of Shallow Foundation and Wide Area: the Case Study of Venice Airport (Italy)*.
- STRINGA G. (1604), *Venezia, città nobilissima e singolare*. Venezia: s.n., 1604.
- TANZILLI S. E. VIGATO F. (2012), *Il ponte della Costituzione a Venezia: il nuovo ponte sul Canal Grande tra ingegneria ed accessibilità*. Venezia: Università degli Studi di Venezia.

Rigenerazione Urbana

Aree industriali dismesse: un nuovo polo per la cultura a Rieti

Riccardo Gunnella

Laurea Magistrale a Ciclo unico in
Ingegneria Edile-Architettura (LM-4)

E-mail: riccardo.gunnella.93@gmail.com

Urban Regeneration

Disused industrial areas: a new center for culture in Rieti

Parole chiave: rigenerazione urbana, resilienza, colonizzazione spaziale

Key words: urban regeneration, resilience, space colonization

1. INTRODUZIONE

La rigenerazione urbana, tema ricorrente nella prassi urbana ed architettonica odierna, è l'obiettivo che si prefissa il progetto di tesi in questione. L'intervento interessa la vasta area occupata dai tre impianti industriali storici della città di Rieti: la prima industria saccarifera italiana, denominata Ex Zuccherificio, il complesso della Supertessile SNIA Viscosa ed il limitrofo stabilimento della Montecatini. Si tratta di aree industriali dismesse che costituiscono ambiti residui, margini rispetto al tessuto della città, nei quali si attivano processi di degrado urbano, architettonico, sociale ed ambientale. Il dibattito sulle prospettive di recupero delle aree industriali dismesse inizia fin dai primi anni Ottanta e a tutt'oggi contempla interventi che vanno dalla demolizione totale dei fabbricati con ricostruzione di nuove volumetrie, promossa da logiche speculative, dalla demolizione parziale con conseguente trasformazione d'impianto, fino alla conservazione integrale tendente al culto del manufatto storico e all'immobilismo operativo (Sposito, 2012). La filosofia d'intervento, nella maggior parte dei siti produttivi abbandonati, si sviluppa tramite un'attribuzione di valore potenziale, spesso tendente ad una catalogazione in vuoti urbani o "non luoghi" in contrapposizione alla densificazione edilizia. Di contro tali aree sono per eccellenza luoghi della memoria, immersi in una sospensione temporale che esclude dalla contemporaneità urbana, oscillanti come sono tra la perdita del valore posseduto in passato e le potenzialità inesprese da offrire alla città nel presente. Il progetto di tesi si divide in tre fasi. La prima è di analisi urbanistica, con individuazione delle criticità e conseguente redazione di strategie/azioni, per un'ipotesi di progetto urbano incentrato sulle aree indu-

striali dismesse in rapporto al tessuto insediativo. La seconda fase indaga l'Ex Zuccherificio da un punto di vista storico, costruttivo e di impianto. Le analisi effettuate sui fabbricati presenti nel complesso hanno messo in luce valori spaziali e materiali da preservare e riattivare attraverso un progetto in grado di cogliere le potenzialità delle preesistenze. Mettendo a sistema le prime due fasi, l'intervento di rigenerazione urbana si orienta verso un nuovo polo culturale per la città. La terza fase del lavoro di tesi sviluppa un progetto coerente che articola nuove funzioni/necessità capaci di innestare un dialogo con la preesistenza e con il tessuto insediativo, eliminando il limite generato dalla dismissione. Una rivalutazione figurativa, materica e sensoriale dello spazio costruito nuovamente restituito all'uso, contribuisce alla riattivazione concettuale della centralità e polifunzionalità, ruolo che il complesso industriale svolgeva al tempo del suo maggior splendore.

2. UN'URBANISTICA NECESSARIA

La città di Rieti si colloca geograficamente nell'Italia centrale. Le prime fasi dell'evoluzione storica risalgono al VII-XI sec, e dal centro si espandono fino alle imponenti mura di cinta, nel tempo progressivamente assorbite dall'espansione del nucleo abitato fino ad essere completamente inglobate nella città contemporanea (Consiglio, 1990). Una seconda fase di accrescimento della città è testimoniata dall'edificazione di una seconda cinta muraria, databile intorno al XV-XVI sec. Testimonianze dell'evoluzione della città sono le quattro porte urbane, tra cui di fondamentale importanza è la Porta Cintia, nella zona Nord del centro storico, definita "Porta Spoletina", poiché collocata in direzione delle città

umbre di Terni e Spoleto. Essa costituisce l'innesto principale dell'asse cardine della città reatina, Viale Emilio Maraini¹, ancora oggi direttrice preferenziale di sviluppo del tessuto insediativo. Nel 1873, per conto della Società Anonima per la fabbricazione dello zucchero, venne edificato lo Zuccherificio, lungo il viale prima citato che gli operai chiamavano "passeggiata fuori le mura". Con questo insediamento produttivo inizia la storia contemporanea della città di Rieti. Nel 1883 viene inaugurata la linea ferroviaria del tratto Terni-Rieti-L'Aquila, principale via di comunicazione del Centro Italia (Consiglio, 1990). Tra il 1925-28 viene edificato il complesso industriale della Supertessile SNIA Viscosa per la lavorazione del rayon², inizialmente chiamata "seta artificiale". Nel contesto della realizzazione di quest'ultimo insediamento spicca la figura dell'Ingegnere Arturo Horner, che sperimenta un materiale innovativo per l'epoca, il cemento armato, sia per i fabbricati industriali che per il primo insediamento residenziale della città "fuori le mura": il Quartiere operaio, destinato ai dipendenti dello stabilimento limitrofo della SNIA (Cavallari, 2014). Un'interpretazione della città-fabbrica guida la costruzione del suddetto stabilimento il quale raggiunge un'elevata qualità architettonica e costruttiva. Degni di nota il progetto del Palazzo Uffici-Serbatoio e la lunga serie di spazi coperti a *shed*, che disegnano il corpo più grande per estensione del complesso. A sostegno dell'impianto tessile, venne edificato nel 1937 lo stabilimento della Montecatini, per la produzione di acido solforico e nitrico. Un fabbricato composto da tre corpi distinti da coperture su quote differenti, con spazi tutt'altezza e interessanti soluzioni strutturali in cemento armato. A partire dagli anni '40 nell'intorno della zona industriale pren-

de forma il tessuto edilizio e i primi quartieri adiacenti al centro storico. Nei primi anni '60 viene approvato il piano P.E.E.P.³ per l'edificazione dei nuovi quartieri residenziali. Nel 1972 viene redatto il primo P.R.G.⁴ nel quale si prevede l'espansione della città nella zona Est. Il 1972 è anche l'anno della chiusura dello stabilimento della Montecatini e l'anno successivo, nel 1973, dopo cento anni di produzione, cessa l'attività dello Zuccherificio. Svariate vicissitudini caratterizzano gli ultimi anni di produzione della Supertessile, fino alla chiusura nel 2006. Per gli stabilimenti industriali inizia un lungo periodo durante il quale alla dismissione segue l'abbandono. L'evoluzione diacronica fin qui esposta si traduce nella visione d'insieme di una città che presenta oggi tre aree distintamente riconoscibili: l'area più antica del centro storico, la zona delle aree industriali dismesse, che nel periodo antecedente la fine della produzione erano definite periferiche, oggi nevralgiche. Infine una terza zona, caratterizzata dal nucleo industriale di recente espansione. Parallelamente alla ricostruzione evolutiva del nucleo urbano, è stata analizzata la realtà ambientale e infrastrutturale della città di Rieti. Tra i connotati fisici più rilevanti, il fiume Velino: definisce un limite di separazione tra due parti nella zona Sud della città, una mera sostituzione percettiva del vecchio andamento dell'ultima cinta muraria edificata del centro storico. Lo studio della mobilità riscontra che la maggior parte dei flussi si concentrano sull'asse viario principale della città, sui due attraversamenti in direzione Nord-Sud ed Est-Ovest, i quali fanno parte di due circolatori ad elevata percorrenza. Le aree industriali dismesse vengono divise di netto dal tracciato

di Viale Emilio Maraini, che a sua volta, a ridosso del centro storico, viene intersecato ortogonalmente dalla linea ferroviaria, un limite artificiale che, come il fiume, disconnette il tessuto urbano. Questi due segni sono riconosciuti come cardo e decumano "contemporanei", tracciati con la forza di un nuovo reticolo ordinatore. L'analisi territoriale si rivolge quindi agli strumenti urbanistici vigenti: Piano Territoriale Paesistico Regionale⁵, Piano Territoriale Provinciale Generale⁶ e la variante del Piano Regolatore Generale, approvata nel 2012. Quest'ultima segna la transizione da una previsione urbanistica di stampo espansionistico ad un piano comunale teso alla ricomposizione del tessuto insediativo e conseguente trasformazione urbanistica. La zona oggetto di intervento è caratterizzata da destinazioni "C2-Traformazione urbanistica", con l'identificazione di due comprensori: Comprensorio n°1 che include il complesso dell'Ex Zuccherificio e il Comprensorio n°2 riguardante l'area interessata dall'ex stabilimento Montecatini. Il complesso della Supertessile SNIA Viscosa ricade in zona "D3: Attività industriali esistenti di futura dismissione". Tale previsione implica, in caso di dismissione definitiva dell'attività industriale, un potenziale futuro allineamento di destinazione al Comprensorio n°1, quindi con analogo vocazione a funzioni di "luogo urbano". Per affrontare in termini di pianificazione le criticità emerse dalle analisi, sono state individuate strategie di rifunzionalizzazione alle quali far corrispondere azioni progettuali di rigenerazione urbana. Tali strategie sono correlate alla creazione di un nuovo sistema di trasporto pubblico urbano connesso alla mobilità sostenibile e all'istituzione di nuovi percorsi per

un'attenuazione della sovrapposizione di flussi. Per rivitalizzare la zona Nord della città, vengono istituite nuove centralità nella zona oggetto di studio con funzioni di attrattori urbani. L'estensione verso questa centralità del Parco pubblico è l'ulteriore elemento catalizzatore dei processi di trasformazione. La conclusione dell'analisi urbanistica conduce a mettere in relazione gli obiettivi della rigenerazione urbana, contenuti nei requisiti del piano regolatore, con la creazione di un nuovo "luogo", costituito dalle tre aree industriali dismesse, attraverso un piano di recupero caratterizzato dalla conservazione sia dei tracciati che dei manufatti. Tre le azioni principali del piano (Fig. 1): sviluppo della mobilità tramite un nuovo percorso di connessione al centro storico delle aree industriali, il prolungamento della linea ciclopedonale preesistente cercando di creare un insieme di percorsi di rete non polarizzati su zone circoscritte. Principale tra questi l'ex collegamento su rotaie che collegava la stazione con i stabilimenti. Per quanto concerne il tema del verde urbano, il piano di recupero punta alla cancellazione di quel limite artificiale costituito dalla perimetrazione dello stabilimento della Montecatini, restituendo la sua vasta area al sistema del verde attrezzato a servizio della città. Infine per le aree industriali dismesse vengono rispettate ampiamente le indicazioni normative del piano regolatore: viene istituito un nuovo centro culturale nello stabilimento dell'Ex Zuccherificio con dislocamento della sede universitaria, attualmente ubicata in spazi poco fruibili agli studenti e accorpata all'Istituto Tecnico per Geometri. Si prevede in aggiunta di collocare nel complesso una funzione affine al polo universitario, ovvero gli uffici del centro

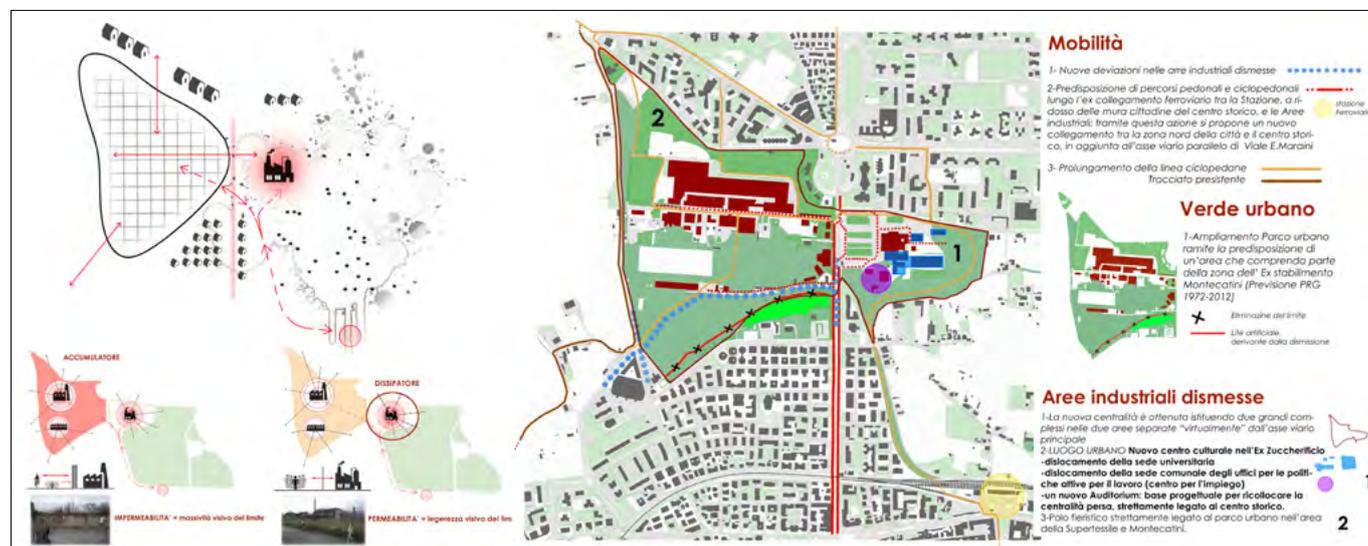


Figura 1. Concept e ipotesi di progetto urbano

per l'impiego per le politiche attive del lavoro. Completano il nuovo insediamento un auditorium, a supporto dell'attuale Teatro Flavio Vespasiano⁷, situato nel centro storico, e una zona museale. La cultura viene codificata come strumento di rigenerazione delle autorevoli preesistenze industriali e di creazione di una nuova centralità urbana. Infine per gli stabilimenti della Supertessile e Montecatini, per la disponibilità di vaste aree, viene istituito negli edifici dotati di ampi spazi coperti un nuovo polo fieristico. La sinergia ristabilita tra le diverse aree industriali è prodotta di una qualità urbana necessaria alla quale dovrà seguire un approccio architettonico sensibile nel significato di interventi di recupero edilizio di tipo sistemico.

3. MATERIA E FORMA

Concentrando l'attenzione sull'ampia area occupata dal complesso dell'Ex Zuccherificio si possono distinguere due categorie di manufatti: il corpo centrale, soggetto a continue modificazioni, e la serie di padiglioni distaccati con funzione di supporto alla produzione, per la maggior parte di recente edificazione, che conservano la propria configurazione originaria con poche non sostanziali alterazioni. L'attività di rilievo è stata effettuata con l'utilizzo di sistema APR⁸ (aeromobile a pilotaggio remoto), data la notevole estensione del complesso (Fig. 2). Il programma di volo è stato impostato ad un'altezza di novanta metri effettuando due tipi di rivelazioni: la

prima consiste in una mappatura completa del lotto dell'intero complesso industriale, e la seconda in una serie di virate sul corpo centrale e sui singoli padiglioni. Tale attività di rilievo ha restituito la compresenza di più fabbricati su varie altezze, apparecchiature murarie e conformazioni delle coperture variabili, schemi di bucatore differenti per i diversi corpi di fabbrica ed elementi puntuali quali la ciminiera in mattoni pieni faccia vista che si staglia dalla zona Nord-Est del corpo centrale per quarantaquattro metri di altezza. Il corpo centrale è suddiviso in sei fabbricati (Fig. 2), nella cui visione d'insieme si riscontra una composizione degli ambienti interni attorno ad una grande spazio che procede in direzione Nord-Ovest, occupa tutta la fascia centrale e si completa verso Sud-Est (Cavallari, 2014). Un vuoto composto da tre grandi ambienti, non a caso aventi funzioni di sale macchine, con piani soppalco e ballatoi a varie altezze, che permettevano ai dipendenti di monitorare a vista i grandi macchinari durante le lavorazioni. Nel dettaglio il primo corpo adibito a sala macchina (1) presenta una planimetria rettangolare con andamento Ovest-Est: un sistema di connettivi verticali in ferro permette il collegamento con i due piani soppalco che ospitavano numerose macchine del ciclo di produzione e che occupano i due terzi del lato Nord dell'edificio. Questo primo corpo presenta un'unica grande copertura a capanna ora smantellata, costituita un tempo da un tavolato in legno e manto di tegole marsigliesi, sorretto da

travi reticolari di tipo *inglese*. Ad esso corrisponde la parte sinistra del prospetto Ovest, con un sistema di bucatore su due livelli. Caratterizzato da struttura intelaiata in cemento armato e apparecchiatura muraria in pietra calcarea con ricorsi orizzontali di mattoni, questa parte di prospetto presenta superfici esterne ed interne intonacate. Crolli ai danni delle quattro campate terminali sul lato destro hanno generato una lacuna estesa e in qualche modo significativa dello stato di abbandono in cui versa il fabbricato. Il prospetto Nord, è caratterizzato per metà da muratura in pietra calcarea e ricorsi orizzontali di mattoni disposti a doppia testa, con l'aggiunta di un'intelaiatura in cemento armato di pilastri, travi reggi parete e travi di copertura, e per la restante metà, da muratura portante con tamponature in pietrame calcareo irregolare listato in mattoni. Tale conformazione delle chiusure verticali si ritrova, per metà, anche sul lato Sud: non a caso nel 1956 l'edificio subì un ampliamento in direzione Est-Ovest a conferma di questa variazione del sistema costruttivo. Sul prospetto Est, il corpo centrale viene affiancato dall'unico manufatto superstite dell'intero impianto "originario" (2) del 1873, avente funzione di officina e deposito materiali. Si tratta di un edificio monopiano, impostato su una pianta rettangolare con un patio semicentrale dove si colloca la ciminiera. Esso presenta apparecchiatura costruttiva originale in pietra calcarea irregolare, bucatore sui due lati (Nord ed Est) ed in copertura una serie

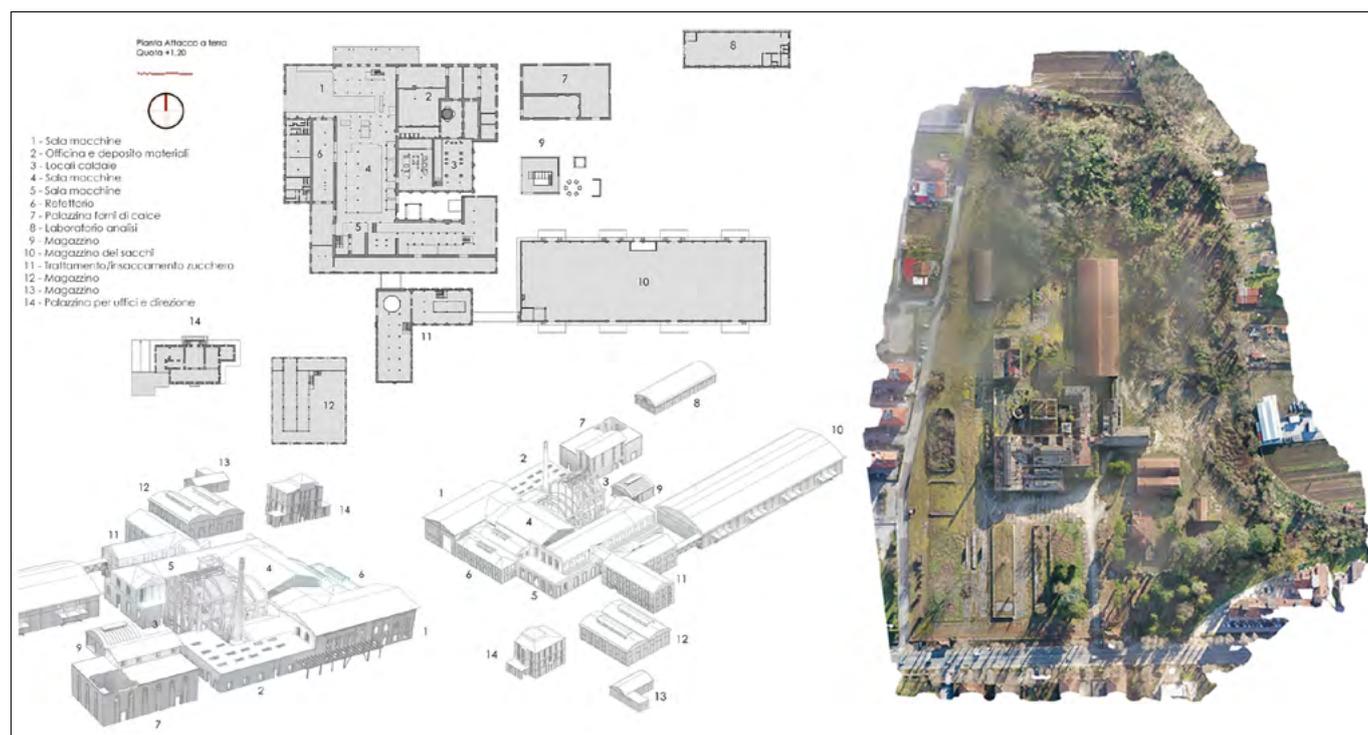


Figura 2. Rilievo architettonico

di lucernai in ferro e vetro, con disposizione irregolare, permettono un'ottimale illuminazione naturale di tutti gli ambienti. Particolarmente interessanti due serie di tre arcate a tutto sesto che dividono internamente in tre zone dell'edificio. Il grande vuoto centrale del complesso (4) era adibito anch'esso a sala macchine impostato con soppalchi su due livelli. Lo spazio interno fluisce liberamente dal corpo (1) al corpo (5) tramite i suddetti soppalchi che permettono di circolare attorno al vuoto centrale. Tale ambiente è coperto da una struttura a capanna impostata su travi di tipo *Polonceau*. Durante l'attività di rilievo dello stato di fatto, la presenza diffusa di una folta vegetazione che si inerpica tra i dissesti dei solai a sbalzo testimonia in modo suggestivo l'evidenza della natura che tende a riappropriarsi dell'edificio. Il terzo dei corpi di fabbrica adibito a sala macchine (5), nello specifico reparto di cottura e centrifugazione, disposto su tre livelli, con stessi piani d'imposta del corpo precedentemente descritto, presenta un ambiente centrale che comunica con la zona Sud. Il suo assetto planimetrico ha un andamento Est-Ovest. L'intero prospetto Sud è scandito da una sequenza di bucatore ad arco ribassato con luce pari circa a cinque metri. La pianta è articolata da setti intonacati in mattoni pieni e una serie di pilastri in acciaio che sorreggono una passerella al piano superiore. Scale in ferro permettono la connessione con i piani superiori, dei quali, il secondo presenta un vasto ambiente con copertura a capanna sorretta da travi *Polonceau* ed uno spazio esterno adi-

bato a terrazza che circonda l'edificio sul lato Ovest e Sud. Qui una serie di lucernai permettono un'illuminazione naturale della galleria sottostante. Sul lato Nord si trova un piccolo balcone. Oltre il corpo centrale dello Zuccherificio, sono presenti due fabbricati sul lato Ovest (6) e altri due sul lato Est (3). I primi due sono impostati su pianta rettangolare con direzione Sud-Nord: quello di sinistra è articolato su due livelli, ed era adibito a spogliatoi, servizi igienici e refettorio degli operai; il secondo quello a destra presenta tre, livelli ed ospitava locali filtri per le presse e locali per le soluzioni di prima e seconda saturazione. I fabbricati della zona Est rispetto al corpo centrale, di recente realizzazione, si distinguono dal resto dei fabbricati per la tecnica costruttiva, consistente in struttura portante in cemento armato con involucro in mattoni pieni faccia vista. Nella pianta dell'attacco a terra è presente una maglia molto fitta di setti in cemento armato, a sostegno delle enormi caldaie una volta presenti al piano superiore in due grandi ambienti di altezza tra i dieci e i sedici metri. Entrambi i fabbricati presentano in elevazione a diverse altezze uno schema di travi arcate reticolari a sostegno della copertura, mancante nell'attuale stato di conservazione. Lo studio dello stato di fatto viene orientato al riconoscimento dei caratteri tipologici dello Zuccherificio nel contesto storico degli edifici ad esso contemporanei destinati all'industria saccarifera. Questa analisi è finalizzata all'attribuzione di valore di testimonianza storica ai vari elementi costruttivi

tipo, per indirizzare le scelte del successivo progetto architettonico. A tale scopo è stata realizzata una mappatura delle industrie saccarifere presenti su tutto il territorio nazionale, per un totale di novantotto, rilevando il dato critico che la maggior parte di esse risultano in uno stato di conservazione "a rudere" e quindi in completo abbandono. Di notevole importanza lo studio delle principali fasi evolutive del complesso in questione, risultato di un'attenta analisi costruttiva del singolo manufatto: sono stati descritti sei schemi di apparecchiature murarie accompagnati da una codifica tabellare in base a valori di tipo costruttivo e figurativo, ed alterazione per degrado e trasformazione. In dettaglio: muratura in pietra calcarea; muratura in pietra calcarea con ricorsi orizzontali di mattoni pieni; muratura in pietra sponga con ricorsi orizzontali di mattoni pieni; muratura in pietra calcarea, ricorsi orizzontali di mattoni pieni e struttura intelaiata in cemento armato; muratura in mattoni pieni faccia vista e struttura intelaiata in cemento armato; muratura in mattoni piani e superficie intonacata esterna. Si evince che il corpo centrale, rispetto a tutto il complesso, ha subito numerose trasformazioni, modificazioni degli spazi interni ed esterni, demolizioni e nuove edificazioni, rintracciabili planimetricamente nella variabilità degli spessori delle chiusure verticali esterne e delle tamponature interne. Sono state individuate ben sei fasi evolutive dell'industria saccarifera in questione (Fig. 3), con edificazione dell'impianto originario nel 1873, fino ad un'ultima

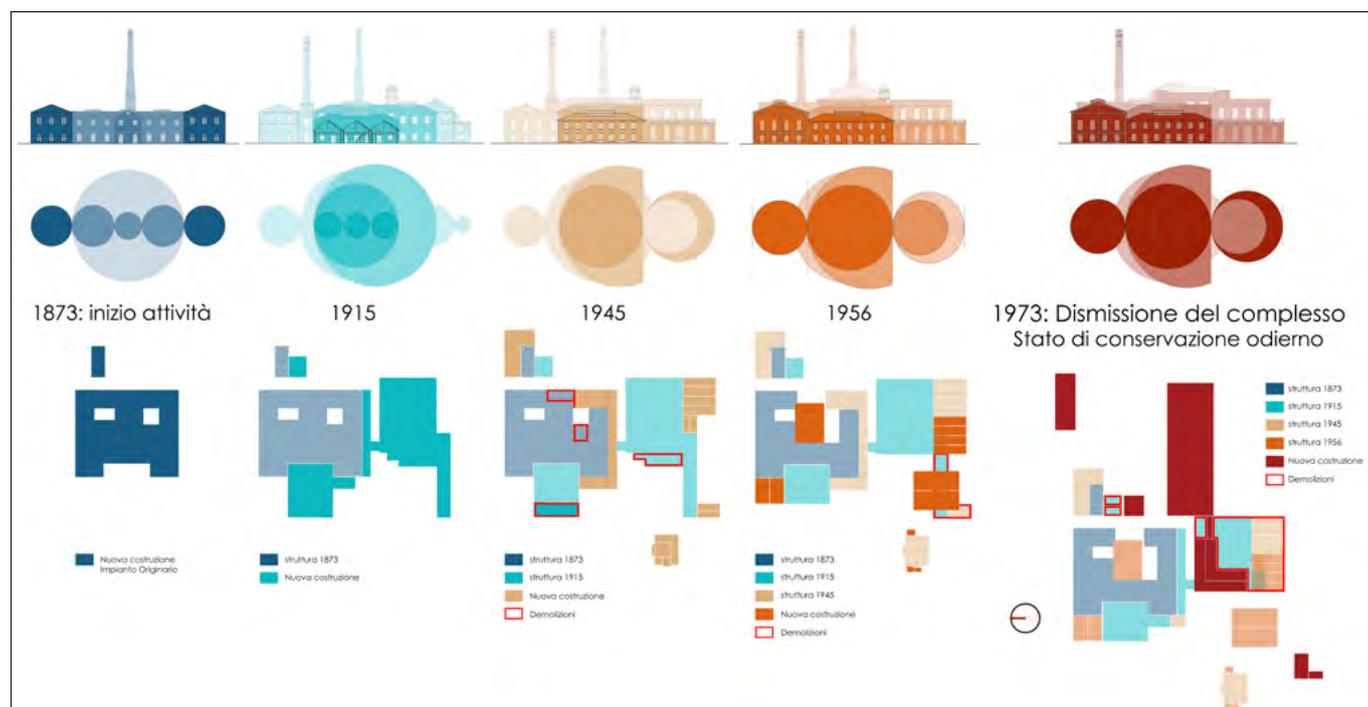


Figura 3. Schema evolutivo dell'Ex Zuccherificio

predisposizione intorno al 1973 (Ravioli, 1994). Tra le industrie saccarifere selezionate come tipologicamente affini allo Zuccherificio di Rieti, è stata individuata una “prassi trasformativa del tipo” con lo scopo di descrivere i metodi d’approccio possibili al progetto di recupero e conservazione, quali azioni di inserimento, aggiunta, svuotamento e nuova costruzione, a supporto delle scelte relative al mantenimento o meno delle parti originarie e di alcuni caratteri figurativi e materici. Tale approccio ha permesso di individuare gli aspetti di maggiore adattabilità della nuova funzione al costruito storico. L’analisi si conclude tramite la redazione di una “carta dei valori” suddivisa per tipo di valore e conseguente descrizione del livello di alterazione presente. I valori vengono definiti nello specifico: valore morfologico, valore delle chiusure orizzontali e verticali, valore dei sistemi di connessione verticale e orizzontali. Il corpo centrale presenta, nel suo complesso ai vari livelli, un valore morfologico medio con punti di valore alto, derivante dalle continue modifiche subite negli anni di produzione, che hanno arricchito la spazialità interna. Il valore identificato per le chiusure verticali è considerato alto. Il valore delle connessioni verticali e orizzontali è ritenuto alto: il concetto del *tipo* “industria” ha connotati ben precisi, tra cui il sistema di comunicazione verticale costituito da elementi in ferro, quali scale e passerelle. La carta dei valori definisce il “potenziale di trasformabilità” del corpo centrale. Questo viene graficizzato con funzione di base progettuale per l’intervento di recupero. Quindi gli elementi costruttivi risultati dall’analisi a valore medio ed alto possiedono potenziale di trasformabilità basso, indirizzando in tal modo verso il mantenimento dell’involucro edilizio storico. Analoga conclusione riguarda le configurazioni dei grandi spazi interni. La presenza sugli orizzontamenti di alterazioni consistenti, rende invece possibili le trasformazioni. La valorizzazione del singolo fabbricato viene caratterizzata da una valutazione complessiva della qualità degli spazi interni e dei relativi caratteri morfologici, in relazione all’effettivo stato di conservazione. Infine la descrizione del valore dei connettivi verticali pone le basi della riproposizione dell’assetto costruttivo originario, derivante da un potenziale di trasformabilità basso. Lo stesso approccio viene proposto per la stesura della carta di valori per i padiglioni: strategica la disposizione dei fabbricati all’interno

del complesso. Si denota un valore morfologico alto, derivante dalle notevoli dimensioni di alcuni corpi. Un valore degli orizzontamenti medio-alto, in riferimento al sistema di coperture in assenza di solai intermedi. Per le chiusure verticali, nella media, si ha un valore medio-basso, ad eccezione dei corpi (7) e (11) con valore alto, presentando questi ultimi un sistema di murature faccia vista. Come per il corpo centrale, il potenziale di trasformabilità descritto dai manufatti in esame per la categoria del valore morfologico è basso; valore di trasformabilità per gli orizzontamenti medio, ad eccezione del corpo (7), presentando allo stato di conservazione l’assenza di solai intermedi, quindi possibilità nel progetto di inserimenti in base alla funzione prescelta.

4. UN NUOVO POLO PER LA CULTURA A RIETI

Il progetto architettonico dell’aggregato centrale dello Zuccherificio assume come invariante il rispetto degli involucri edilizi esistenti e individuazione di trasformazioni che possano riportare in vita uno tra gli edifici simbolo della città. L’approccio concettuale è quello di un’architettura “*parassitaria*” (Marini, 2008): a primo impatto tende a definire un’idea di un elemento invasivo e sovraimposto. Ma l’intrusione di nuove architetture nel patrimonio edilizio esistente si prospetta in realtà come possibile modello di crescita urbana, una soluzione resiliente alla domanda di densificazione. D’altro canto repentine modifiche del paesaggio costruito storicizzato richiedono processi di sintesi capaci di far emergere pratiche informali, riappropriazione di spazi che hanno da tempo perso il proprio carattere funzionale e che necessitano di essere nuovamente tradotti nel linguaggio contemporaneo delle attività attrattive per la vita della comunità. Il concetto stesso della rigenerazione urbana si fonda sul negativizzare l’azione dell’uso del suolo. Il parassita mostra un diverso approccio alla progettazione, capace di inserire nei corpi latenti oggetti carichi di senso proprio e di trovarne uno nuovo, in una nuova forma nata dall’addizione dei due soggetti. Questa riflessione anima l’intento del progetto dello Zuccherificio: un’architettura capace di far rinascere la preesistenza, come parte integrante del costruito. Gli spazi di questa attualizzazione si confondono, si addizionano, si elidono, si contaminano, riproducendo ampliata e restituita al presente la memoria viva di un pezzo di città. Il

progetto di rigenerazione edilizia ha il compito di adattarsi alla preesistenza, come un parassita per sopravvivere, ma il risultato che si ottiene dall’incursione dell’intervento nel sistema esistente è il cambiamento del sistema stesso, un cambiamento di stato che porta ad un nuovo ordine più complesso. Nella prassi architettonica odierna si distinguono da un lato restauro e recupero, che presuppongono che l’intervento su un manufatto si integri fortemente con questo e che operare sulla preesistenza significhi seguirne le regole e le logiche a favore di un rapporto fortemente intrecciato, dove le due identità e temporalità in campo si accostino presso l’oggetto di partenza, il manufatto. Dall’altro la strategia del *parassita*, in cui la logica dominante è quella del nuovo corpo immesso e le cui modalità di relazione sono volte allo “sfruttamento” dell’ospite, in senso lato, è la base per la riconversione del manufatto. Non s’intenda lo sfruttamento come demolizione o decadimento, ma come sfruttamento appunto del potenziale dell’architettura protagonista. L’organismo *parassita* risulta inevitabilmente distinto linguisticamente e spazialmente dall’ospite, ma legato a questo da uno stato di necessità di suolo, impianto, funzione e significato.

5. CONCEPT

La prima idea di riuso si forma alla scala urbana. Le due grandi aree industriali, entrambe caratterizzate da volumi imponenti, in analogo stato di dismissione, si attestano su uno stesso asse viario e danno luogo ad un panorama urbano diverso. L’Ex Zuccherificio in assenza di barriere edificate del proprio “recinto”, tende a costituirsi come immagine permanente. In questa condizione pensare ad un nuovo “luogo urbano” implica la reinterpretazione di un simbolo, di un’icona. Come descritto l’Ex Zuccherificio risulta composto dall’aggregazione di un corpo centrale e di padiglioni funzionali alla produzione. La nuova identità per il complesso edilizio si basa su una volontà di mantenere il concetto di un mix funzionale, in grado di replicare un sistema produttivamente policentrico che trova unitarietà nelle simultanee attività culturali insediate (Fig. 4).

6. LE PRINCIPALI AZIONI PROGETTUALI

Lo studio degli spazi esterni ha dato modo di individuare due grandi piazzali separati dal corpo centrale. Il primo sul prospetto Ovest con andamento Sud-Nord permette di osservare il costruito



Figura 4. Planimetria generale di progetto

in tutta la sua grandezza. Il secondo, il piazzale dello scalo ferroviario, è fondamentalmente delimitato dal corpo longitudinale (10) e dai i corpi nella zona Nord-Est (9-8-7). L'intervento progettuale produce un taglio longitudinale di collegamento fra i due piazzali. L'andamento lineare di questo taglio, che entra di netto nel manufatto, segue la linea di un vecchio stallo ferroviario perpendicolare al prospetto Ovest, definito "binario della fruizione" (Fig. 5). Su questo s'innesta l'apertura nel nuovo percorso, seguendo la linea di giunzione, in prospetto, tra i corpi (1) e (6). Genera

quindi una nuova sequenza nello spazio dei vuoti dei fabbricati che ospitavano le sale macchine. La sostituzione materica di chiusure verticali trasparenti alle superfici murarie esistenti, permette un'articolazione prospettica continua dello spazio, che interpreta fluidamente tramite "perimetri trasparenti" l'articolazione delle diverse funzioni ad uso pubblico che caratterizzano le due grandi aree all'interno del fabbricato principale (Fig. 6). L'inserimento delle nuove attività determina un riadattamento degli spazi con chiusure dei preesistenti pas-

trasparenze, che filtrando la luce mantengono una relazione tra gli ambienti. Si generano così due nuovi prospetti: uno rivolto verso Nord impostato in ordine da sinistra verso destra su tre declinazioni di trasparenza delle superfici. Nel dettaglio la doppia zona dell'auditorium ed una grande vetrata che inquadra l'entrata, info-point e sala d'aspetto a doppia altezza della scuola di musica. Lo spazio nel quale è posizionata la ciminiera ed infine uno spazio sezionato, eliminando la copertura, per ospitare una gradonata pubblica di sosta. Il secondo prospetto, parallelo e fronti stante il precedente, ri-

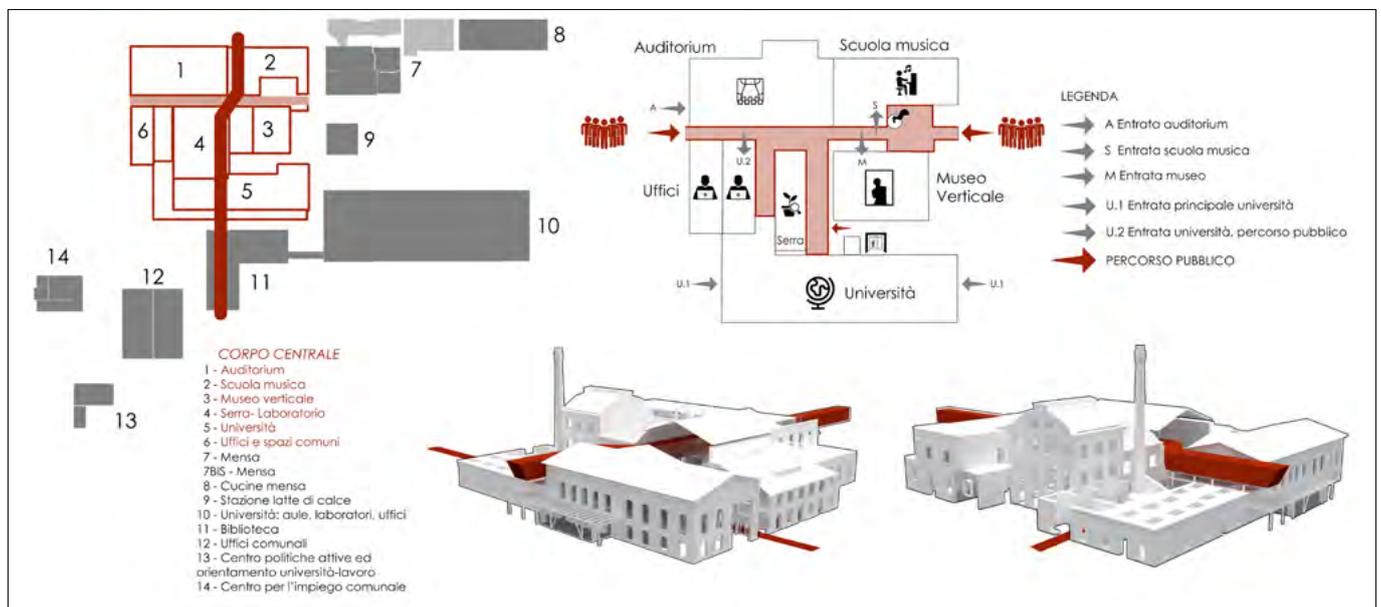


Figura 5. Concept architettonico e schema funzionale



Figura 6. Prospetto Ovest di progetto e viste del percorso pubblico

volto verso Sud, è composto in ordine da destra verso sinistra dai due volumi con facciate trasparenti, lo spazio centrale occupato da una serra-laboratorio perimetrata da percorsi pubblici immersi nello spazio industriale ed i due corpi delle vecchie caldaie, che mantengono forma e materia originaria. Trasversalmente ad entrambi i prospetti si snoda un percorso sopraelevato, che ripropone il concetto di “passerella”, attraverso un volume lineare con direzione Sud-Nord. Si tratta di un elemento visibile da ogni angolo dell'edificio che si piega propendendosi con uno sbalzo verso la città. Tale elemento è tipico dei manufatti industriali, ma qui viene utilizzato per consentire la fruizione dello spazio in tutta l'estensione dell'edificio, secondo prospettive che richiamano l'utilità produttiva. Il complesso si arricchisce di un nuovo edificio monopiano: l'intento è quello di prolungare visivamente il corpo (8) tentando, non di chiudere, ma di delimitare l'unico lato aperto della piazza. La struttura presenta un disegno di copertura impostato su quattro archi, con direzione Sud-Nord, con vetrate sui quattro prospetti. Tale fabbricato viene adibito a mensa universitaria collegandosi agli spazi per la didattica grazie ad una pensilina appoggiata all'edificio (7). In aggiunta al suddetto corpo, in asse con il tratto finale del nuovo percorso interno al corpo centrale, viene ricavata una zona bar-caffetteria fruibile dagli studenti e aperta al pubblico. Tra le nuove funzioni da insediare nel complesso dell'Ex Zuccherificio c'è, come detto, la nuova sede dell'università. Rieti ospita ben tre sedi universitarie distaccate: l'Università Roma “La Sapienza” con la Facoltà

di Ingegneria Civile e delle Professioni sanitarie, e l'Università della Tuscia di Viterbo con la Facoltà di Scienze della Montagna. Tali sedi condividono gli spazi per la didattica con l'Istituto Tecnico per i Geometri di Rieti, determinando un'assenza di un numero minimo di aule per corso di laurea, di laboratori e spazi comuni, tra cui una mensa. L'intervento di recupero dell'Ex Zuccherificio prevede una sede autonoma per gli studenti universitari, termini per una potenzialità di futura espansione dell'offerta universitaria per gli studenti residenti che avranno la possibilità di iscriversi a corsi di laurea nella propria città senza optare per altre destinazioni, e per studenti provenienti da fuori regione. Altro displacemento proposto è quello del Centro per l'impiego comunale: sono uffici ospitati nella vecchia sede della Provincia, zona Sud della città. Punto di forza di questo trasferimento risiede nel fatto di poter cooperare attivamente all'interno di un unico complesso in stretto contatto con la nuova sede universitaria, generando sistemi di politiche attive per il territorio e rapporti università-lavoro. Rispettando le linee guida redatte dall'ipotesi del progetto urbano, si prevede l'inserimento di una nuova sede per attività culturali: un nuovo Auditorium, il secondo per importanza della città. Una funzione così attrattiva potrà avere il potenziale di collegare attraverso un programma culturale condiviso la nuova centralità con il centro storico e il suo Teatro comunale. Due centralità, una città (Fig. 7).

Nel corpo (10) sono previste aule universitarie, laboratori e uffici per i professori, collegati come da impianto originario,

al corpo (11) ad “L” tramite un percorso sopraelevato, dove viene predisposta su più piani la biblioteca comunale.

La nuova sede del Centro per l'impiego viene organizzata principalmente nei tre corpi nella zona Sud: l'edificio (12) con la doppia copertura in latero cemento di recente edificazione, la palazzina degli uffici e direzione ed in fine il piccolo ex magazzino, riorganizzato per una zona workshop ed incontri studenti-operatori.

Il corpo centrale viene ricodificato e rifunzionalizzato in base a questo importante inserimento del percorso pubblico. Nel corpo (1) viene posto l'Auditorium: un corpo sopraelevato e autonomo dalla preesistenza. La logica architettonica è quella del contenitore e dell'oggetto contenuto, autosufficiente e distinto dalle superfici che lo contengono. Il volume sospeso definisce in negativo uno spazio *in between* nel quale si articola un percorso in elevazione che parte dalla zona del foyer e consente l'accesso alla sala posta superiormente. Grazie alla quota e alla trasparenza delle pareti si apre dall'auditorium una visuale panoramica sia verso l'interno del corpo centrale che verso l'esterno del complesso edilizio. La separazione dell'auditorium dal percorso principale è costituita da una vetrata a tutt'altezza che segue il profilo della copertura sezionata dal taglio. Oltre l'auditorium, nella residua parte Est dell'edificio originario, si trova la scuola di musica articolata in due ampie aule caratterizzate dalle due file di arcate con struttura in mattoni e pietra calcarea faccia vista. L'entrata è posta lungo il percorso pubblico. L'accesso alla scuola

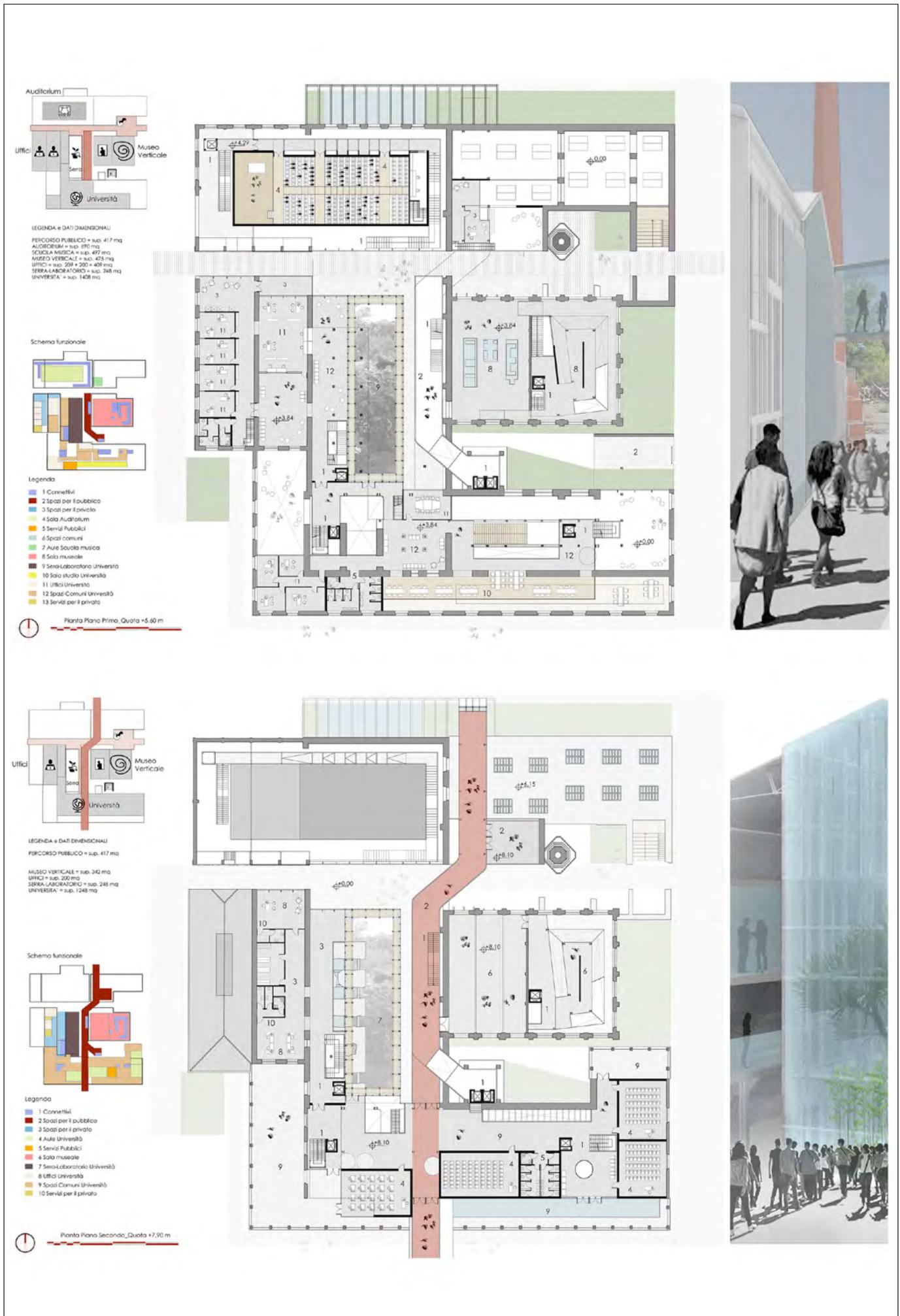


Figura 7. Nuovo centro culturale, Pianta piano primo

avviene attraverso una zona di info-point e sala d'attesa in uno spazio a doppia altezza. Tale geometria di sezione è stata ricavata dall'accorpamento di un volume preesistente che si differenziava dal resto del corpo originario per una copertura a capanna con andamento Ovest-Est, generando differenti altezze interne al manufatto. Tramite una scala si può accedere al piano adibito ad ufficio direzionale della scuola. Le aule dividono in due zone il piano terra includendo ciascuna una fila di arcate. In copertura vengono mantenuti i lucernai preesistenti. Ulteriori spazi per la cultura costituiscono un museo verticale posto nei due edifici del corpo centrale precedentemente adibiti a locali caldaie, di fronte alla scuola di musica. Qui, l'inserimento di una rampa continua, consente l'esperienza nel vuoto, rendendolo percorribile in tutta la sua altezza. Le strutture portanti di questi spazi, elementi imponenti e dalla forte verticalità, sono esse stesse oggetto espositivo. All'entrata dal percorso pubblico una zona ticket accoglie il visita-

riproposta, e di fondo la ciminiera che si staglia dal percorso pubblico sottostante. La rampa continua del corpo di destra permette di raggiungere il terzo ed il quarto piano dello spazio museale. Questa rampa presenta una struttura portante autonoma dalle pareti del manufatto, creando un vuoto di separazione che sottolinea ancora una volta la relazione tra contenitore e oggetto contenuto. Sul prospetto Ovest, dov'era posizionato l'ingresso all'opificio, viene riproposta l'entrata per la zona universitaria, con un info-point ed un ampio ambiente a doppia altezza, che introduce alla zona d'ingresso alle aule e agli spazi comuni. Nella zona della passerella preesistente, che viene alleggerita dai componenti del solaio, viene a crearsi sul restante un vuoto nel quale viene collocata la scalinata di collegamento con il piano superiore. Vengono riconfigurati i due connettivi verticali ai poli del fabbricato. La grande galleria del prospetto Sud viene riutilizzata come sala studio, sfruttando l'illuminazione naturale. Fondamentalmente

mattoni, vengono rivalorizzate tramite la predisposizione di un fondo scenico tramite una parete vetrata, schermando il corpo di nuova fattura. I due corpi centrali sul prospetto Ovest vengono riorganizzati al piano terra come spazi comuni privati, mentre ai piani superiori vengono predisposti una serie di uffici a supporto dell'università: segreteria studenti, uffici *open space* e particellari, archivio e ufficio direzionale. La valorizzazione del vuoto centrale avviene attraverso una serrabioclimatica-laboratorio della facoltà di scienze vegetali. Questo spazio funzionale, per gli studi specifici, acquista una valenza architettonica di carattere simbolico, in quanto, allo stato di conservazione del manufatto, la presenza iconica della natura tende a riappropriarsi dell'edificio. La struttura della serra presenta in copertura travi di tipo *Polonceau*.

7. TECNOLOGIA COSTRUTTIVA PER L'ARCHITETTURA

Di fondamentale importanza è stata l'impostazione tecnica del progetto in esame. Le trasparenze sono state trattate con coerenza rispettando il principio di "taglio del vuoto" e chiusura trasparente dei preesistenti passaggi. Sulla grande vetrata dell'auditorium di separazione con il percorso principale è stato scelto un sistema di facciata con montanti in vetro. Per declinare la trasparenza si utilizzano elementi in vetro stampato tipo *U-glass* montato con camera d'aria per la separazione di ambienti esterni ed interni, o posato a pettine per separazione virtuale o di filtro di due ambienti esterni (Fig. 8). Il corpo sopraelevato della passerella è un elemento composto da struttura in acciaio assemblata tramite diverse sezioni di profilati (Fig. 9). Estendendosi in direzione Sud-Nord implica la particolarità di variare la consistenza di parete della sezione scatolare dell'elemento in diversi punti. Completamente aperto con gli altri ambienti sul piano dell'università, dove viene proposto per distinguere l'attraversamento di questo percorso un diverso tipo di pavimentazione e controsoffittatura. Il volume parallelepipedo della passerella sopraelevata viene ancorata al paramento murario esistente dei locali caldaie. Elementi in acciaio, solaio di calpestio e copertura a sbalzo permettono alla passerella di attraversare il tratto nel vuoto centrale in relazione alla serralaboratorio. Ultimo tratto definito panoramico, dà modo ai fruitori di ammirare il sito industriale dall'alto: il passaggio al di sopra del percorso pubblico al piano terra e la brusca curvatura ha imposto la pre-

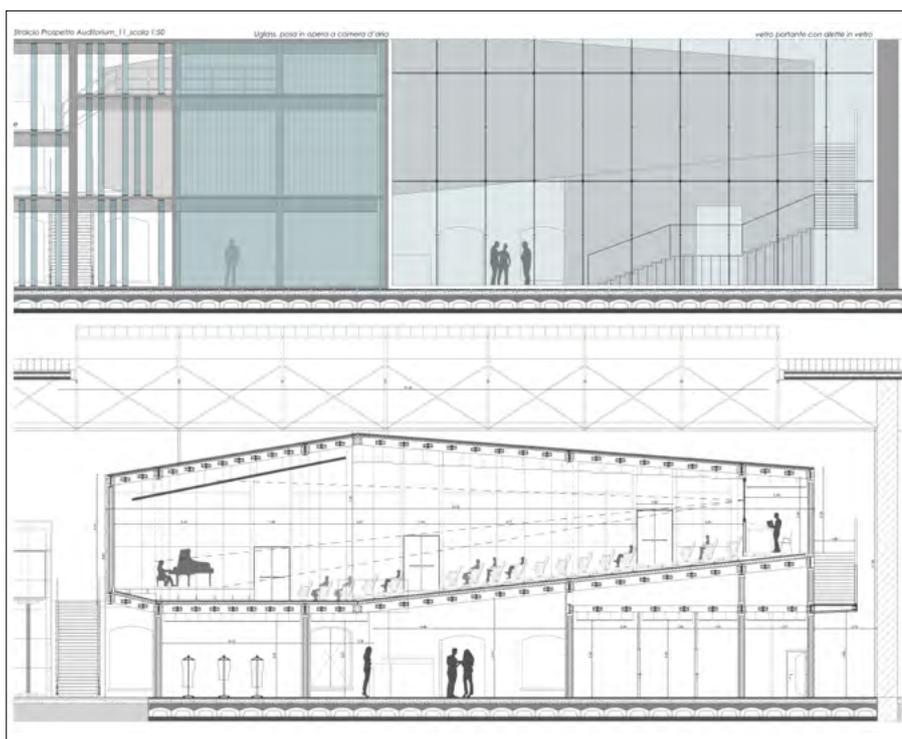


Figura 8. Dettaglio del prospetto e sezione dell'auditorium

tore. La presenza dei preesistenti setti in cemento armato al piano terra segna l'inizio del percorso museale che attraverso una rampa continua, impostata sul corpo di destra, permette di accedere ai piani superiori. Al piano primo il percorso museale si dilata nel corpo di sinistra, ed ai piani superiori nel medesimo corpo viene aggiunto un solaio con la funzione di zona museale all'aperto (Fig. 7). Da qui si possono ammirare le strutture delle travi reticolari curve della copertura, non

i piani terra e primo concorrono a garantire spazi ampi di uso collettivo per gli studenti. Le aule per lezioni e laboratori sono poste in una sopraelevazione progettata sul fabbricato (5). Il prospetto Ovest, il principale del manufatto, nella parte di destra si configura una terrazza, che funziona come spazio comune per gli studenti all'aperto. Qui una serie di quattro bucatore ad arco ribassato con apparecchiatura muraria faccia vista in pietra sponga e riporti orizzontali in

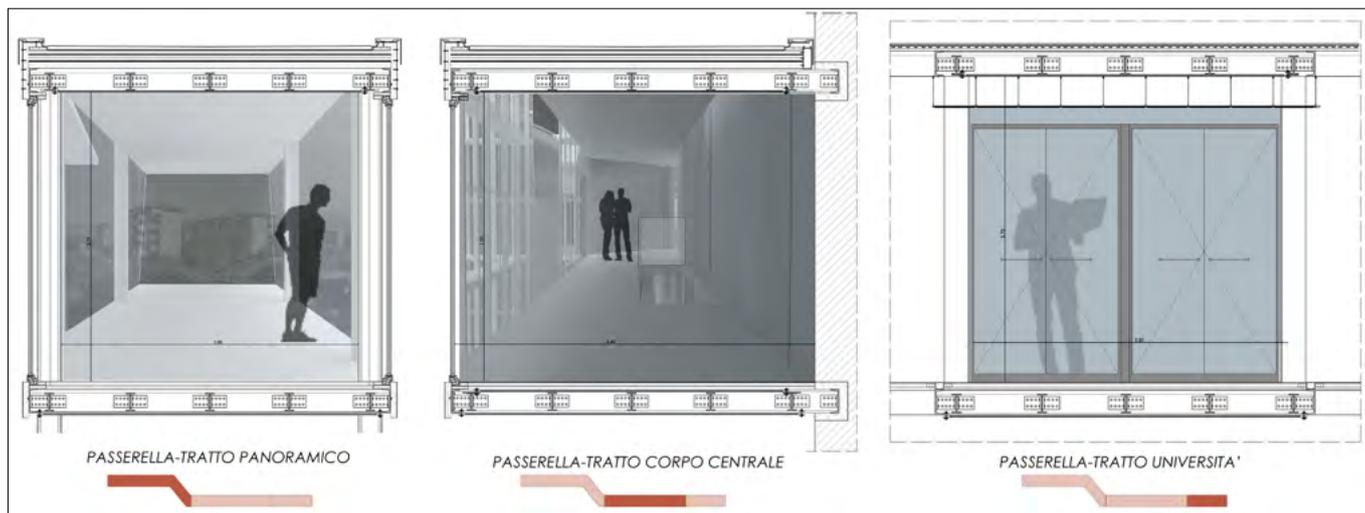


Figura 9. Le diverse conformazioni della passerella

disposizione di pilastri di appoggio per la struttura in corrispondenza della scuola musica. Nello spazio centrale s'impone la serra: una grande teca con un'altezza massima di diciotto metri e una copertura con schema a capanna. I tre prospetti liberi e la copertura sono realizzati con infissi in ferro-finestra. Le passerelle di bordo vengono impostate ad una quota comunicante ad ogni piano con l'edificio dell'università. La ventilazione continua viene garantita tramite un fitto sistema di bocchette poste al piano terra e sull'imposta di ogni piano delle passerelle e di aperture di richiamo del flusso di aria ascendente in copertura. Da notare la presenza dei preesistenti solai a soppalco all'interno della serra stessa: un concetto di teca per custodire elementi vegetali di studio ed elementi di storia preesistenti, caratteri evolutivi del corpo centrale.

8. CONCLUSIONI

La progettazione di una nuova sede culturale all'interno del complesso dell'Ex Zuccherificio di Rieti è un'occasione per la città di riscoprire un passato non del tutto perso. In ambito urbano: azzerare completamente la continua richiesta di uso di suolo, identificare aree in disuso e determinarne il potenziale a favore della città tramite nuove centralità, fruibili in diverse modalità, in un tessuto insediativo consolidato, in aggiunta alla zona del centro storico. In ambito architettonico: la cultura come mezzo di connessione tra gli individui di età e professioni diverse, di nuova fruizione e condivisione di un patrimonio edilizio identitario, di pura centralità sociale. L'iter progettuale così impostato ha prodotto un intervento a diversa scala capace di integrare al meglio una nuova visione resa unitaria nell'area nevralgiche in oggetto e tutti questi caratteri, precedentemente elencati, rappresentano il "parassita" ipotizzato per il

recupero urbano, e nello specifico, architettonico per la prima industria saccarifera italiana.

NOTE

- 1 Emilio Maraini, industriale italo-lucano, protagonista dell'inizio dell'industrializzazione nel reatino e fondatore dell'Ex Zuccherificio (Lorenzetti, 1995).
- 2 Rayon: fibra trasparente, ottenibile dalla cellulosa.
- 3 P.E.E.P. Piano per l'edilizia economica e sociale.
- 4 P.R.G. Piano Regolatore Generale.
- 5 P.T.P.R. Piano Territoriale Paesistico Regionale.
- 6 P.T.P.G. Piano Territoriale Provinciale Generale.
- 7 Teatro comunale Flavio Vespasiano. Inaugurato nel 1893, con il progetto dell'architetto milanese Achille Sfondrini (tra le opere rilevanti si ricorda il Teatro Cosstanzi a Roma, oggi Teatro dell'Opera) intitolato all'imperatore romano Tito Flavio Vespasiano, di origini sabine.
- 8 Si riporta la descrizione del tipo di operazione effettuata; Regolamento ENAC per Mezzi aerei a pilotaggio remoto, (pag. 9). Operazione svolta in VLOS (Visual Line of Sight): operazione condotta entro un distanza, sia orizzontale che verticale, tale per cui il pilota remoto è in grado di mantenere il contatto continuo con il mezzo aereo, senza aiuto di strumenti per aumentare la vista, tale da consentirgli un controllo diretto del mezzo per gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni.

BIBLIOGRAFIA

- PAOLO CAVALLARI, EDOARDO CURRÀ (2014), *Architetture Industriali Dismesse. Rieti, Conoscenza e Recupero dei Siti Produttivi di Viale Maraini*. EdicomEdizioni, Gorizia.
- DE VITA M. (2015), *Architettura nel tempo. Dialoghi della materia, nel restauro*. Firenze: Firenze University Press.
- GREGOTTI V. (2014), *Il Possibile Necessario*. Bompiani, Milano.
- HOLL S. (2004), *Parallax. Architettura e Percezione*. Postmedia, Milano.

- JODIDIO P. (2018), *Chipperfield*. Taschen, Hohenzollernring, Germania.
- JODIDIO P. (2016), *Renzo Piano*. Taschen, Hohenzollernring, Germania.
- ROBERTO LORENZETTI, NICOLA RAVAIOLI (1995), *Storia dell'Industria nel Reatino*. Associazione degli industriali della provincia di Rieti, Rieti.
- MARINI S. (2008), *Architettura Parassitaria. Strategie di riciclaggio per la città*. Quodlibet, Milano.
- MOLINARI L. (2005), *Massimiliano Fuksas. Opere e Progetti 1970-2005*. Skira, Milano.
- PIEMONTESE F. (2008), *Aree dismesse e progetto urbano*. Gangemi, Roma.
- PREMIER A. (2014), *Innovazione sostenibile per l'architettura. Materiali, tecnologie e prodotti*. Maggioli Editore, Rimini.
- CONSIGLIO RENZO (1990), *Rieti. Evoluzione di una struttura urbana*. Mondadori Electa, Napoli.
- RAVIOLI N. (1994), *La Fabbricazione dello Zucchero in Rieti*. Amministrazione comunale, Rieti.
- SPOSITO C. (2012), *Sul Recupero delle Aree Industriali Dismesse. Tecnologie materiali impianti ecosostenibili e innovativi*. Maggioli Editore, Milano.

RIVISTE

- Architetture in acciaio, Fondazione Promozione Acciaio, Numero 16, 2016
- Area n. 152, Maggio/Giugno 2017
- Arketipo n. 100, Marzo 2016
- Arketipo n. 123, Ottobre 2018
- Detail, Gennaio/Febrero 2001
- Domus, Milano Italia, Dicembre 2019
- L'industria delle costruzioni n. 465, Gennaio/Febrero 2019

WEB

- Comune di Rieti, <http://www.comune.rieti.it/urbanistica>
- Tuttitalia, <https://www.tuttitalia.it/lazio/provincia-di-rieti>
- ISTAT, <https://www.istat.it>
- Saccarifera, <http://www.saccarifera.it>
- Latz+Partner, <https://www.latzundpartner.de>
- Steven Holl Architects, <https://www.stevenholl.com>
- Sabina Universitas - Polo Universitario di Rieti, <https://www.sabinauniversitas.org>

Relazioni empiriche tra parametri strumentali del moto del suolo e l'Intensità MCS per i terremoti di magnitudo moderata della sequenza in Pianura Padana (2012)

Relazioni empiriche tra parametri strumentali del moto del suolo e l'Intensità MCS per i terremoti di magnitudo moderata della sequenza in Pianura Padana (2012)

Parole chiave: pericolosità sismica, intensità MCS, parametri del moto del suolo
Key words: seismic hazard, MCS intensity, ground motion parameters

Tatiana Ioppolo
Dottoressa in Scienze Geologiche

Francesca Funicello
Università degli Studi "Roma Tre",
Dipartimento di Scienze

Claudia Piromallo
INGV - Sezione di Roma

Alessandro Nicola Pino
INGV - Osservatorio Vesuviano, Napoli

1. INTRODUZIONE

Il punto chiave delle stime di pericolosità sismica è la previsione del moto del suolo al verificarsi di un terremoto, propriamente detto scuotimento sismico. L'entità dello scuotimento sismico strumentale è usualmente fornita in termini di parametri di picco del moto del suolo (Peak Ground Motion - PGM) - intesi come picco di velocità del suolo (PGV) e picco di accelerazione del suolo (PGA) - calcolati dai sismogrammi. Il principale vantaggio nell'uso di questi parametri risiede nel loro carattere quantitativo e nella possibilità che offrono di analizzare da un punto di vista fisico le interazioni suolo-strutture. Tuttavia, la complessità di quest'ultimo processo rende impossibile stabilire una relazione biunivoca fra il danneggiamento atteso e lo scuotimento sismico descritto da questi parametri. Inoltre, la quantità dei dati disponibili è funzione della strumentazione presente nell'area interessata dal terremoto.

Un procedimento alternativo per la valutazione dello scuotimento sismico è l'analisi macrosismica. Questa metodologia, che stima la severità dello scuotimento del terreno attraverso l'osservazione degli effetti prodotti dal terremoto, tiene implicitamente conto del complesso processo d'interazione suolo-strutture e ha l'indubbio vantaggio di non richiedere alcuna strumentazione per poter essere definita, permettendo una densità di campionamento potenzialmente elevata. Inoltre, consente di caratterizzare lo scuotimento sismico

per i terremoti del passato, i cui effetti possono essere dedotti esclusivamente in modo non-strumentale sulla base delle fonti storiche disponibili. Tuttavia, i principali limiti di questo tipo di parametrizzazione dello scuotimento sismico risiedono nella sua natura qualitativa, più che quantitativa, e negli elementi di soggettività che la stessa classificazione contiene, rendendo in qualche modo arbitraria la quantificazione dello scuotimento. Un altro limite è il suo carattere "medio" infatti, mentre i parametri del moto del suolo permettono una stima puntuale dello scuotimento, l'intensità macrosismica rappresenta uno scuotimento medio del terreno su di un'area estesa. Inoltre, l'intensità macrosismica non è un parametro direttamente utilizzabile per la progettazione degli edifici in funzione antisismica. Le limitazioni insite in entrambe le stime di scuotimento possono essere superate individuando relazioni empiriche che correlino univocamente i parametri di moto del suolo al dato di intensità macrosismica. L'uso di tali relazioni è di fondamentale importanza per: a) l'analisi quantitativa dei terremoti storici, b) gli studi di attenuazione sismica, c) l'identificazione di scenari di pericolosità sismica. In particolare, tali relazioni empiriche sono alla base della realizzazione di "Mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale", fondamentali per la valutazione del rischio sismico di un'area e della valutazione rapida di scenari di danno attraverso le mappe di scuotimento (*Shake maps*).

Originariamente, le relazioni empiriche tra i parametri di moto del suolo e le intensità macrosismiche sono state prodotte per la costa occidentale degli Stati Uniti e per il Giappone (Wald *et al.*, 1999; Kaka e Sonley, 2000; Yih-Min *et al.*, 2003; Atkinson, 2004; Kaka e Atkinson, 2004; Atkinson e Kaka, 2007; Gomez Capera, 2007), utilizzando l'intensità macrosismica ottenuta tramite questionari in linea ("online") compilati da utenti sui siti internet dedicati. Per quanto riguarda l'Italia e l'area mediterranea (Turchia, Algeria, Francia e Slovenia) relazioni empiriche ad hoc sono state proposte da Margottini *et al.* (1987, 1992), Faccioli e Cauzzi (2006) e, recentemente, da Faenza e Michelini (2010). Tutti questi lavori sono tuttavia realizzati su scala nazionale e basati su dati d'intensità macrosismica reperiti in maniera tradizionale (i.e., tramite indagini macrosismiche sul campo), non consentendo quindi di investigare se non i gradi di intensità al di sopra della soglia del danno. Scopo di questa tesi è quello di definire una nuova legge empirica a carattere regionale per il territorio italiano, utilizzando per la prima volta dati di intensità reperiti "online" insieme ai parametri strumentali del moto del suolo ottenuti tramite l'analisi descritta in questo lavoro.

La sequenza emiliana del 2012 ha offerto una possibilità unica per il raggiungimento di tale obiettivo. La sequenza è stata infatti caratterizzata da numerosi eventi di magnitudo medio-bassa, circoscritti in uno specifico do-

minio geologico e ben registrati non solo dagli strumenti della Rete Sismica Nazionale (permanente e temporanea) ma anche dai dati macrosismici raccolti tramite i questionari compilati "online". Durante la sequenza emiliana infatti tramite il sito *INGV, haisentitoilterremoto* (www.haisentitoilterremoto.it, Tosi *et al.*, 2015), sono stati raccolti e analizzati numerosissimi questionari macrosismici che hanno permesso una valutazione in tempo quasi-reale dell'intensità risentita per ogni singolo evento (non cumulativa, come solitamente accade invece nel caso di indagini macrosismiche sul campo). Inoltre, poichè gran parte dei terremoti della sequenza oggetto di studio sono di magnitudo medio-bassa e quindi producono in genere scarsi effetti permanenti sulle strutture, i dati "online" sono risultati fondamentali per valutare la distribuzione dello scuotimento (dal momento che le indagini sul campo sono in grado di rilevare solo gli effetti permanenti).

2. DATA SET ED ELABORAZIONE DEI DATI

Scopo del presente lavoro è ricavare una relazione empirica tra parametri di moto del suolo e intensità per i terremoti della sequenza, che abbiamo visto essere caratterizzata da magnitudo moderata-

bassa e valori di intensità $MCS < 8$. Si è deciso pertanto di selezionare eventi di magnitudo $M_L \geq 4$ in modo da limitare, per quanto possibile, un campionamento troppo disomogeneo dell'intervallo d'intensità che caratterizza la sequenza. Infatti, l'eventuale utilizzo dei numerosissimi terremoti di magnitudo $M_L < 4$ porterebbe a un sovra-campionamento di un intervallo molto limitato di basse intensità (circa tra 4 e 2). Purtroppo, solo il 50% circa degli eventi di magnitudo $M_L \geq 4$ è stato utilizzabile in quanto, durante la sequenza sismica, gli eventi sono stati molto ravvicinati nel tempo, portando a sovrapposizioni delle relative forme d'onda che ne rendono complessa l'identificazione e, soprattutto, l'associazione con i risentimenti riportati dai corrispondenti di *INGV, haisentitoilterremoto* (per brevità HST d'ora in avanti). L'insieme degli eventi selezionati in questo studio consiste, quindi, in 17 terremoti tra i più forti della sequenza (magnitudo $M_L \geq 4$ secondo ISIDE, ISIDE Working Group, 2010) registrati dal 19 maggio al 12 giugno 2012 (tabella 1). Sono state analizzate solo le forme d'onda registrate dalle stazioni entro un raggio di 300 km dall'epicentro dell'evento principale del 20 maggio poichè, dai grafici di attenuazione delle intensità con la distanza epicentrale, risulta

che oltre i 300 km si ha generalmente solo un risentimento di grado 2 oppure non si ha alcun risentimento ('non-risentito').

Verranno ora descritte in sintesi le procedure utilizzate nelle tre fasi principali del lavoro.

2.1. ANALISI DELLE FORME D'ONDA E CORREZIONE PER LA RISPOSTA DELLO STRUMENTO

Sono stati analizzati i segnali digitali (forme d'onda) registrati sulle tre componenti di tutti gli strumenti considerati. Per eliminare dai sismogrammi le distorsioni introdotte dagli strumenti di registrazione e ricavare il reale moto del suolo, è indispensabile conoscere le funzioni di risposta dei diversi strumenti. Per isolare la parte di segnale di interesse e rimuovere il rumore ad alta e bassa frequenza, durante l'operazione di correzione per la risposta dello strumento è stato applicato un filtro passa-banda, con bande molto simili per i diversi tipi di strumenti: 0.40-25 Hz per i velocimetri (sia a larga banda che a banda allargata), 0.45-25 Hz per gli accelerometri.

Il risultato finale della deconvoluzione per la risposta strumentale, applicata a tutte e tre le componenti (N-S, E-W, Z), è il sismogramma in spostamento.

Tabella 1. Eventi di magnitudo $M_L \geq 4$, analizzati nel presente studio (coordinate e magnitudo da ISIDE, ISIDE Working Group, 2010)

ID	Data evento	LAT	LON	Profondità ipocentrale	M_L
7222911530	19/05/12 23:13:27	44.90	11.26	6.2	4.10
8222913230	20/05/12 02:03:52	44.89	11.23	6.3	5.90
8222913230	20/05/12 02:12:42	44.82	11.22	20.4	4.30
7222913550	20/05/12 02:35:37	44.88	11.55	10.0	4.00
7222913590	20/05/12 02:39:10	44.89	11.26	5.2	4.00
8222913820	20/05/12 03:02:50	44.86	11.10	10.0	5.20
7222919980	20/05/12 13:18:02	44.83	11.49	4.7	5.10
7222920010	20/05/12 13:21:06	44.88	11.38	2.4	4.10
7222922570	20/05/12 17:37:14	44.88	11.38	3.2	4.60
7222968210	23/05/12 21:41:18	44.87	11.25	4.8	4.30
7222991940	25/05/12 13:14:05	44.88	11.11	10.0	4.00
7223023780	27/05/12 18:18:45	44.88	11.16	4.7	4.00
7223045800	29/05/12 07:00:03	44.85	11.19	10.2	5.80
7223045870	29/05/12 07:07:21	44.85	10.99	10.0	4.00
7223046650	29/05/12 08:25:51	44.890	10.96	3.2	4.59
7223048200	29/05/12 11:00:02	44.87	10.95	11.0	5.00
7223079380	31/05/12 14:58:21	44.88	10.88	5.8	4.00
7223081840	31/05/12 19:04:04	44.89	10.98	8.7	4.20
7223125200	03/06/12 19:20:43	44.89	10.94	9.2	5.10
7223244280	12/06/12 01:48:36	44.88	10.89	10.8	4.30

2.2. CALCOLO DEI PARAMETRI DI PGM DALLE FORME D'ONDA

Il picco massimo, in valore assoluto, sul sismogramma in spostamento corrisponde al Peak Ground Displacement (PGD). Gli altri parametri di picco del moto del suolo vengono analogamente calcolati derivando il sismogramma in spostamento una (PGV) o due volte (PGA). Il calcolo dei PGM è stato effettuato su ogni forma d'onda di buona qualità dei 17 eventi selezionati per tutte le stazioni disponibili, ad esclusione degli accelerometri degli eventi presenti nel database di ITACA (The Italian Accelerometric Database <http://accel.mil.ingv.it/statistiche/RINA>), dal quale si possono ottenere direttamente i parametri del moto del suolo già calcolati. Per ogni stazione è stato scelto il valore massimo tra le due componenti orizzontali, sia di PGV che di PGA. A priori è stata scartata la componente Z, essendo noto che accelerazioni, velocità e spostamenti massimi si registrano sulle componenti orizzontali (Ardeleanu *et al.*, 2011).

2.3. ASSOCIAZIONE TRA PARAMETRI DI PGM E VALORI DI INTENSITÀ

La fase successiva ha visto l'assegnazione di un valore di intensità a ciascuna delle stazioni sismiche del dataset. In letteratura il criterio secondo il quale effettuare questa associazione risulta essere piuttosto soggettivo. La scelta più conservativa appare quella di Wald *et al.* (1999), in seguito adottata da altri autori (Faenza e Michelini, 2010), che attribuiscono alla stazione il più vicino valore d'intensità osservata, purché sia entro i 3 km di distanza. Altri autori, analizzando visivamente le mappe, si basano invece su una più generale prossimità a una o più osservazioni d'intensità, assegnando un valore d'intensità alla stazione solo qualora abbiano una ragionevole certezza che il valore reale al sito sia entro un'unità dal valore effettivamente assegnato (Kaka e Sonley, 2000; Atkinson, 2004; Kaka e Atkinson, 2004; Atkinson e Kaka, 2007).

La scelta di associare osservazioni entro i 3 km dalla stazione, nel caso della California rivelatasi un buon compromesso tra variabilità dei PGM con la distanza e numero adeguato di abbinamenti stazione-intensità (Wald *et al.*, 1999), nel presente studio risulta eccessivamente limitante per insufficiente densità di stazioni in zona epicentrale (anche dopo l'installazione della rete temporanea). A partire dai 3 km di di-

stanza, aumentando progressivamente di chilometro in chilometro il raggio massimo, si è cercato di individuare la distanza massima che rappresentasse un compromesso accettabile tra numero di coppie di osservazioni intensità-PGM e variabilità dei PGM con la distanza. Si è scelto quindi di associare il valore di intensità (anche se basato sulla compilazione di un solo questionario) riportato per la località più vicina alla stazione entro un raggio di 10 km di distanza. Per la sola zona epicentrale (in un raggio di circa 20 km dai due eventi principali) si è deciso di integrare i dati tramite analisi visiva delle mappe assegnando il valore d'intensità nell'intorno più vicino alla stazione. Essendo l'associazione basata su un criterio soggettivo, viene dedicata particolare attenzione al fine di minimizzarne l'errore e ridurre le ambiguità.

3. ELABORAZIONE DELLA RELAZIONE EMPIRICA TRA INTENSITÀ E PGM

È comunemente accettato che l'intensità macrosismica dipenda in maniera significativa dal logaritmo dell'accelerazione massima del suolo o dal picco di velocità (Gomez Capera *et al.*, 2007). Conseguentemente, maggiore è il valore di PGA o PGV, maggiore dovrebbe essere l'intensità macrosismica. L'ampia distribuzione dei parametri di picco di moto del suolo per ogni grado d'intensità rende piuttosto complesso il calcolo della regressione tra queste grandezze, soprattutto perché la grande quantità di dati in corrispondenza delle basse intensità tenderebbe a influenzare eccessivamente l'andamento della curva (Atkinson e Kaka, 2007). Per calcolare la curva di regressione si usa quindi raggruppare i dati per classi d'intensità macrosismica, in intervalli solitamente di un grado o mezzo grado (operazione denominata "binning"). Per ogni classe si calcolano poi la media geometrica e la deviazione standard dei parametri del moto del suolo. Questo passaggio intermedio consente di ottenere un risultato della regressione che sia stabile e ben vincolato per ogni livello d'intensità (Atkinson e Kaka, 2007).

Nel nostro caso, raggruppando i dati in intervalli di un grado d'intensità, sono stati elaborati i grafici per PGV (Fig. 1) e PGA (Fig. 2). Questi suggeriscono che i dati possano essere approssimati da una relazione in forma lineare tra intensità e logaritmo in base dieci dei parametri di picco del moto del suolo ($I_{MCS} = a + b \log PGM$). Abbiamo quindi trovato i coefficienti di questa retta

approssimando i dati con il metodo dei minimi quadrati e ottenendo le seguenti due nuove relazioni:

$$I_{MCS} = 5.39 + 2.00 \log PGV \quad (1)$$

$$I_{MCS} = 3.03 + 1.95 \log PGA \quad (2)$$

In Figg. 3 e 4 sono riportate le rette relative a queste due nuove relazioni empiriche e, per confronto, quelle ricavate da Faenza e Michelini (2010) determinate, per l'intera penisola italiana, da dati macrosismici tradizionali e parametri del moto del suolo del database di ITACA.

4. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Al fine di verificare similitudini e differenze delle relazioni empiriche ottenute nell'ambito di questo studio rispetto a relazioni utilizzate in letteratura, è stato preso come riferimento principale il lavoro di Faenza e Michelini (2010). Si tratta infatti di uno dei contributi più recenti finalizzati alla penisola italiana, sebbene in tale lavoro non siano stati utilizzati dati macrosismici "online" (trattati invece negli studi per alcune zone degli Stati Uniti da Wald *et al.*, 1999; Kaka e Atkinson, 2004; Atkinson e Kaka, 2006, 2007). Le leggi empiriche proposte da Faenza e Michelini (2010), quando confrontate con le relazioni ottenute nel presente studio, mostrano una buona coerenza pur nel limite di un sistematico minor valore del coefficiente angolare (Figg. 3 e 4).

La discrepanza tra le relazioni ottenute nel presente studio e quelle proposte da Faenza e Michelini (2010) non è stata una sorpresa. Diversi sono i fattori che possono averla determinata: primo fra tutti la scelta iniziale del dataset. Faenza e Michelini (2010) hanno elaborato le relazioni empiriche partendo da 266 eventi (dal 1972 al 2004), distribuiti in tutta Italia, di magnitudo $3.9 \leq M_W \leq 6.9$ e valori di intensità MCS medio-alti, ≤ 8 . Il dataset utilizzato nel presente studio è stato ottenuto dall'analisi di 17 eventi, localizzati in Pianura Padana, di magnitudo massima $M_L \leq 5.9$ e valori di intensità medio-bassi. Un altro fattore significativo che potrebbe aver causato queste differenze è l'uso di intensità macrosismiche determinate con metodi differenti: i dati derivati da questionari macrosismici (come i questionari "online" utilizzati nel presente studio) sono infatti maggiormente sensibili alle intensità medio-basse rispetto a quelli derivati dalle indagini classiche

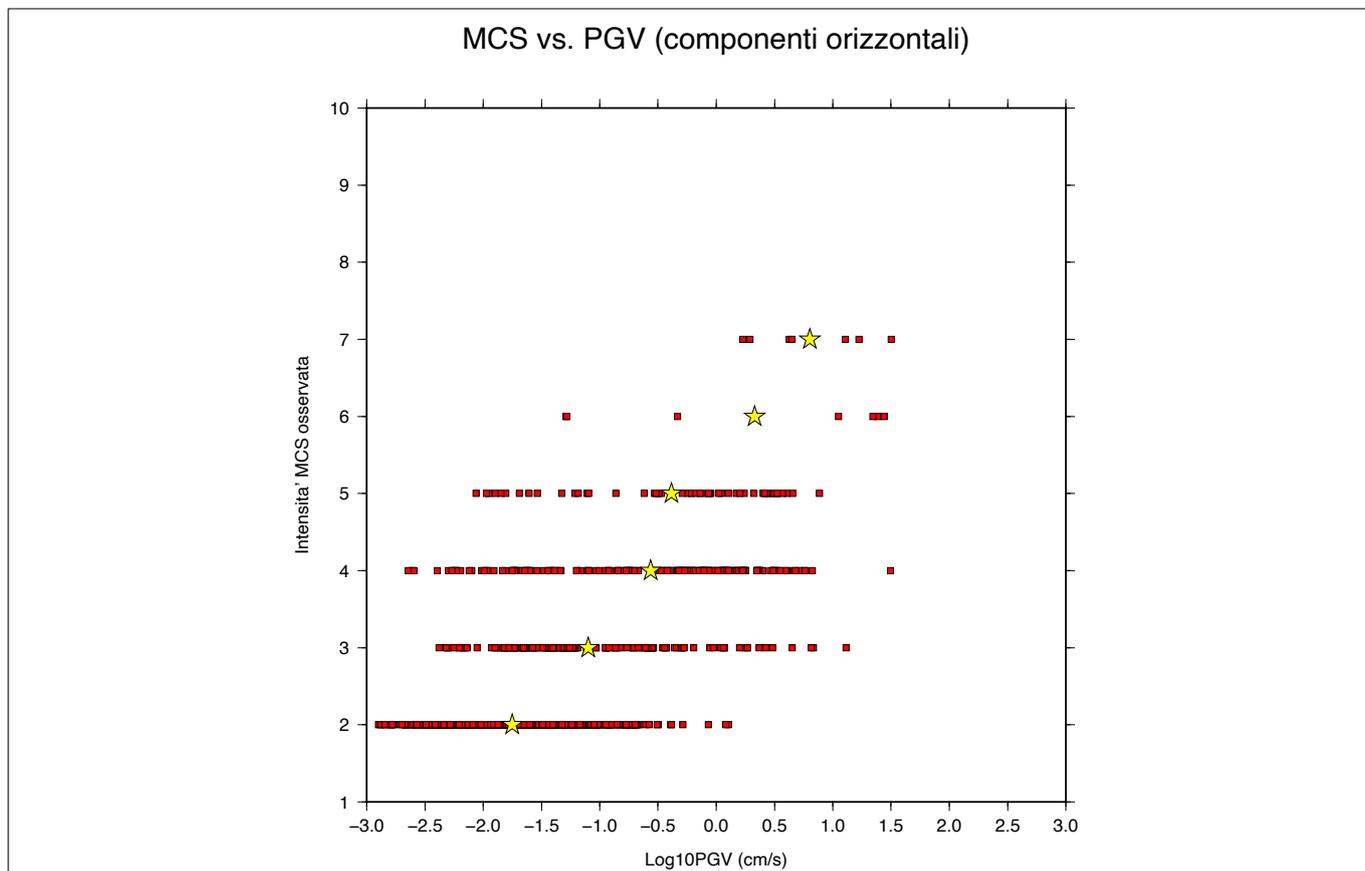


Figura 1. Grafico intensità MCS osservata - \log_{10} PGV relativo all'intero dataset. L'intensità è suddivisa in classi ripartite per grado. La media geometrica di PGV (stelle gialle) è calcolata per ogni classe di intensità MCS

basate sul danneggiamento (utilizzati in Faenza e Michelini, 2010). Ultima considerazione, ma non meno importante, l'attenuazione in Pianura Padana è ve-

rosimilmente diversa rispetto a quella media nazionale rappresentata dai dati di Faenza e Michelini (2010) e di conseguenza le intensità più basse danno

accelerazioni minori. Ulteriori elementi cui può essere imputata la variabilità riscontrata nei dati dei due lavori sono: i) le diverse condizioni geologiche di su-

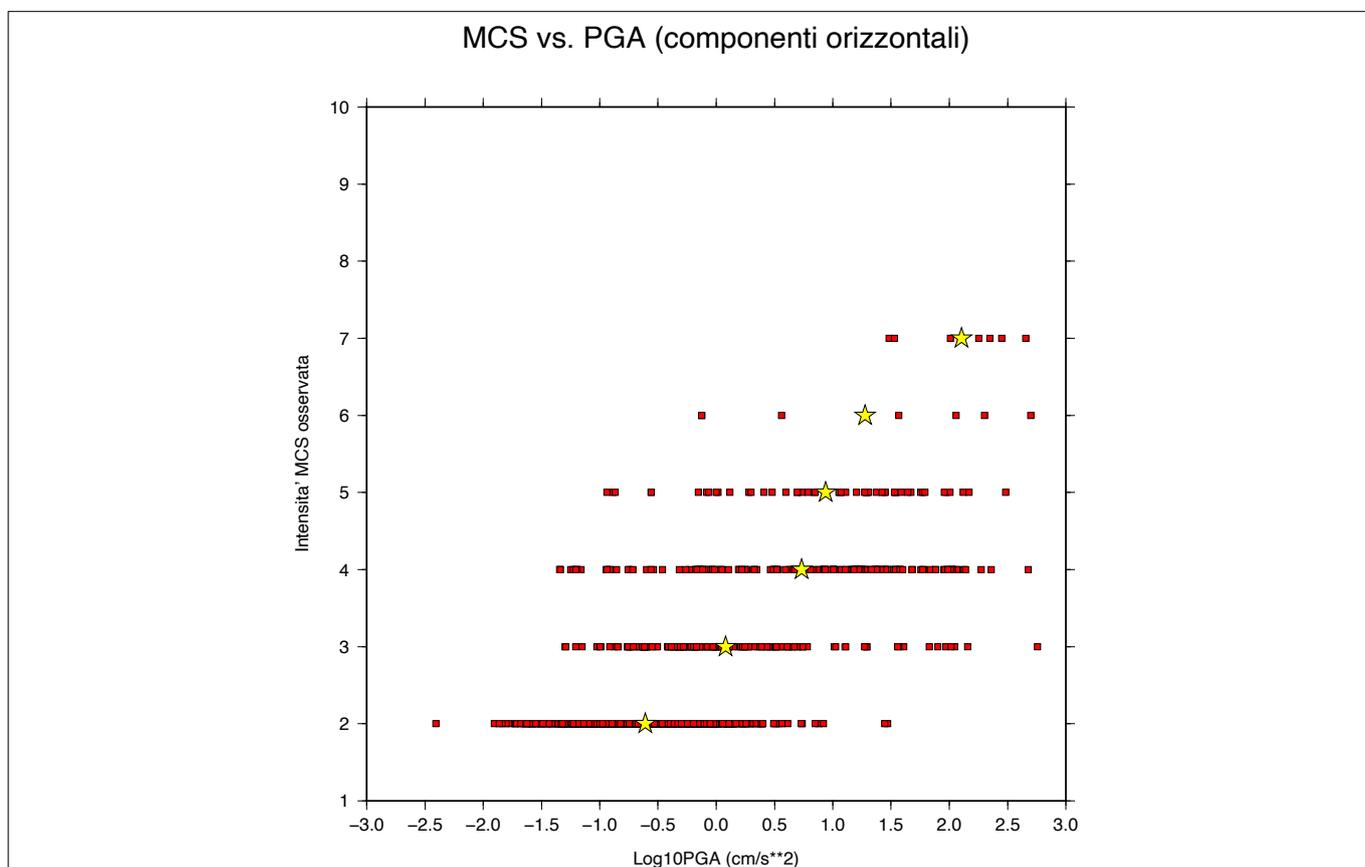


Figura 2. Grafico intensità MCS osservata - \log_{10} PGA relativo all'intero dataset. L'intensità è suddivisa in classi ripartite per grado. La media geometrica di PGA (stelle gialle) è calcolata per ogni classe di intensità MCS

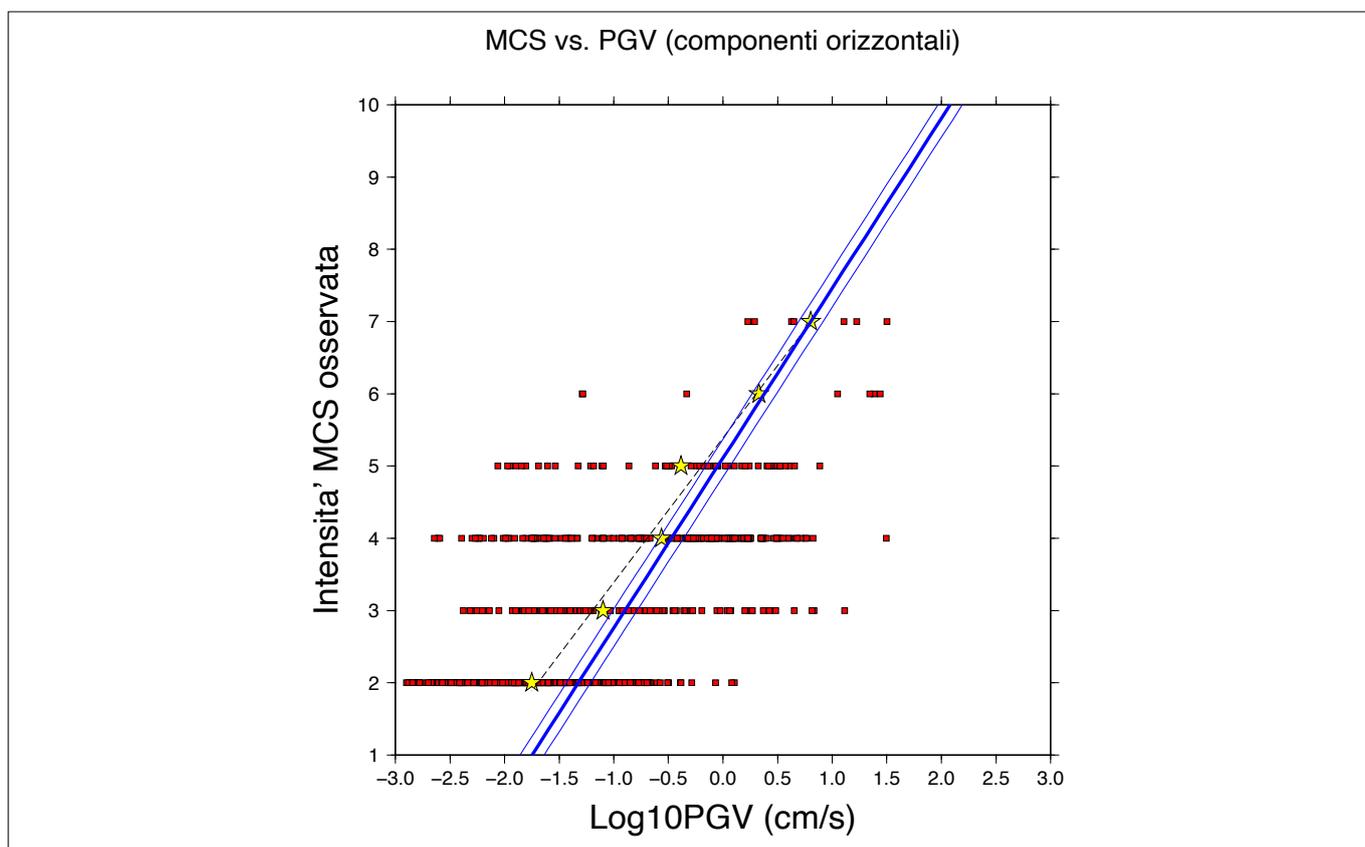


Figura 3. Grafico dell'intensità MCS osservata - $\log_{10}PGV$ (cm/s). La linea tratteggiata rappresenta la retta di regressione calcolata in questo studio dalle medie dei valori di PGV per le classi di intensità MCS (eq. 1). La retta blu rappresenta la regressione di Faenza e Michelini (2010), le due linee più sottili indicano l'errore associato (deviazione standard 1σ)

perficie ai siti delle stazioni considerate (dati registrati dalle stazioni in Pianura Padana potrebbero aver risentito maggiormente del rumore sismico nei ter-

reni poco consolidati), ii) la scelta meno conservativa di utilizzare un raggio di 10 km come distanza massima per l'associazione stazione-intensità, rispetto ai

3 km considerati nei lavori di Wald *et al.* (1999) e Faenza e Michelini (2010), iii) l'aver preso in considerazione stime di intensità basate sulla compilazione di

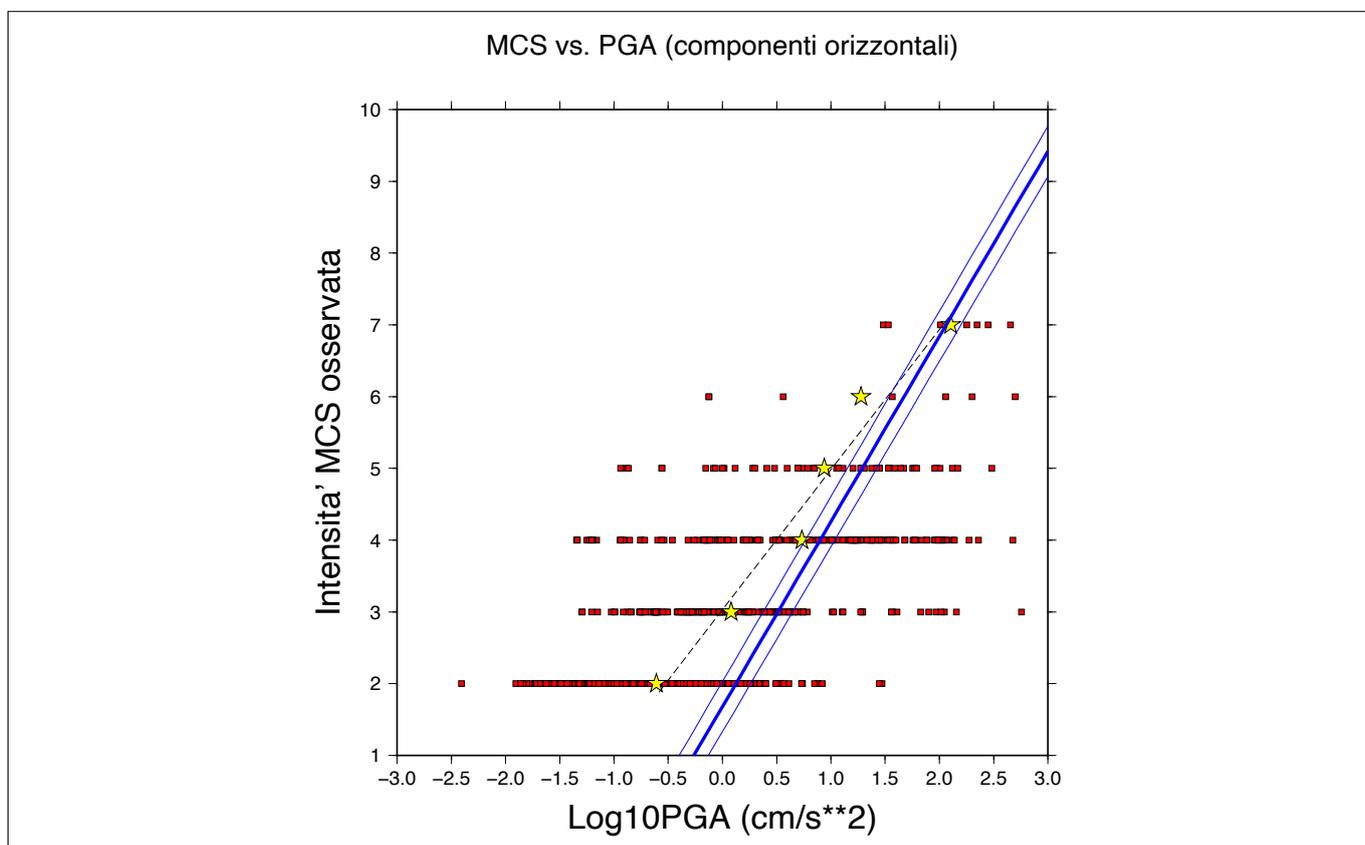


Figura 4. Grafico dell'intensità MCS osservata - $\log_{10}PGA$ (cm/s). La linea tratteggiata rappresenta la retta di regressione calcolata in questo studio dalle medie dei valori di PGA per le classi di intensità MCS (eq. 2). La retta blu rappresenta la regressione di Faenza e Michelini (2010), le due linee più sottili indicano l'errore associato (deviazione standard 1σ)

anche solo un questionario. In assenza di altri lavori di riferimento per il territorio italiano, è possibile speculare sul fatto che le relazioni empiriche ottenute nel presente studio conferiscano un maggior dettaglio nell'intervallo di I-PGM medio-basso. Sebbene la maggior parte degli autori accetti la possibilità di una relazione tra intensità e il logaritmo di PGV o PGA (Cancani, 1904; Gutenberg e Richter, 1942; Kawasumi, 1951; Hershberger, 1956; Ambraseys, 1975; Margottini *et al.*, 1992; Wald *et al.*, 1999a; Faccioli *et al.*, 2006; Gomez Capera *et al.*, 2007; Faenza e Michellini, 2010), non è stata ancora proposta una relazione fisica capace di spiegare la natura di tali relazioni che sono principalmente basate su analisi statistiche (Faenza e Michellini, 2010). Inoltre, essendo l'intensità basata su una scala di osservazioni e non su valori strumentali non è garantito che relazionarla al logaritmo di PGV o PGA sia efficacemente applicabile (Faenza e Michellini, 2010). Diversi autori (Hershberger, 1956; Ambraseys, 1975) raccomandano quindi prudenza nell'utilizzo di queste relazioni.

5. CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente studio è stato l'elaborazione di relazioni empiriche tra l'intensità macrosismica MCS e i parametri di picco del moto del suolo (i.e., PGV e PGA) dedotte utilizzando i dati della sequenza sismica emiliana occorsa nel 2012. L'uso di dati macrosismici "online" ottenuti dal database di HST e il carattere regionale dello studio, relativo all'Appennino Settentrionale, hanno conferito un carattere innovativo al presente lavoro. La procedura di derivare le leggi empiriche da dati "online" era stata proposta e realizzata per gli USA (Wald *et al.*, 1999; Kaka e Atkinson, 2004; Atkinson e Kaka, 2006, 2007) ma mai applicata per il territorio italiano.

Le relazioni empiriche ottenute nel presente studio sono state confrontate con quelle attualmente usate come riferimento per il territorio italiano (Faenza e Michellini, 2010) mostrando una robusta congruenza. Ciò ha innanzitutto permesso di confermare la fattibilità e l'opportunità di usare, anche per il territorio italiano, i dati macrosismici "online" per l'elaborazione di relazioni empiriche tra l'intensità MCS e i parametri PGM. Inoltre, le relazioni empiriche ottenute nel presente studio completano le relazioni ricavate da Faenza e Michellini (2010) nell'intervallo delle medie-basse intensità.

È in preparazione, per la pubblicazione su una rivista internazionale, un articolo che presenta l'evoluzione dei risultati di questo lavoro di tesi a seguito dell'integrazione con un maggior numero di dati e di un'analisi più approfondita.

L'uso delle relazioni che si otterranno dall'approfondimento del presente lavoro potrà assumere un ruolo di fondamentale importanza per: a) l'analisi quantitativa degli scuotimenti prodotti da terremoti storici, b) gli studi di attenuazione sismica, c) l'identificazione di scenari di pericolosità sismica per l'Appennino Settentrionale. In particolare, tali relazioni empiriche potranno essere utilizzate per la realizzazione di "Mappe di pericolosità" e mappe di scuotimento ("Shake maps") caratterizzate da un maggior dettaglio rispetto a quelle attualmente disponibili per l'Appennino Settentrionale, strumenti potenzialmente utili per la Protezione Civile, sia durante un'emergenza sismica per le attività di pronto intervento, sia come strumenti di previsione e prevenzione.

BIBLIOGRAFIA

- AMBRASEYS N. (1975), *The correlation of intensity with ground motion*, in *Proc. 14th Conf. Europ. Seism. Comm.*, Trieste, Bull. Europ. Comm. Earthq. Eng., Vol. 1, 335-341.
- ARDELEANU L., GRECU B., RAILEANU V. (2012), *Peak Ground Acceleration, Velocity and Displacement from moderate magnitude undercrustal earthquakes of Vrancea Region*. *Romain Reports in Physic*, 64, n.2, 555-570.
- ATKINSON G. (2004), *Empirical attenuation of ground motion spectral amplitudes in southeastern Canada and the northeastern United States*, Bull. Seism. Soc. Am. 94, 1079-1095.
- ATKINSON G., KAKA S.L. (2007), *Relationships between felt intensity and instrumental ground motions for earthquakes in the central United States and California*. Bull. Seism. Soc. Am., 97, 497-510.
- ATKINSON G., KAKA S.L. (2006), *Implementation of ShakeMap in Ontario: Challenges of detection and location in a sparse network*, Seismological Research Letters, 77, 780-792.
- CANCANI C. (1904), *Sur l'emploi d'une double échelle sismique des intensités, empirique et absolue*, Gerlands Beitrage Geophysik, 2, 281-283.
- FACCIOLI E., CAUZZI C. (2006), *Macroseismic intensities for seismic scenarios, estimated from instrumentally based correlations*, in *Abstract Book 1st ECEES*, http://www.ecees.org/abstracts_book.pdf, 125.
- FAENZA L., MICHELINI A. (2010), *Regression analysis of MCS intensity and ground motion parameters in Italy and its application in ShakeMap*. *Geophys. J. Int.* 180, 1138-1152.

- GÓMEZ CAPERA A.A., MELETTI C., REBEZ A., STUCCHI M. (2007), *Mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica ottenute utilizzando lo stesso impianto metodologico di MPS04*, Progetto INGV-DPC S1, Deliverable D7, <http://esse1.mi.ingv.it/d7.html>.
- GUTENBERG B., RICHTER C.F. (1942), *Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration*, Bull. seism. Soc. Am., 32(3), 163-191.
- HERSHBERGER J. (1956), *A comparison of earthquake accelerations with intensity ratings*, Bull. seism. Soc. Am., 46(4), 317-320.
- ISIDE WORKING GROUP (2010), *Italian Seismological Instrumental and parametric database*, <http://iside.rm.ingv.it>.
- ITACA, *The Italian Accelerometric Database* <http://accel.mi.ingv.it/statistiche/RINA>.
- KAKA S., ATKINSON G. (2004), *Relationships between instrumental intensity and ground motion parameters in eastern North America*, Bull. Seism. Soc. Am. 94, 1728-1736.
- KAKA S., SONLEY E. (2000), *Empirical relationships between Modified Mercalli Intensity and response spectra*. Bull. Seism. Soc. Am., 90, 537-544.
- KAWASUMI H. (1951), *Measures of earthquake danger and expectancy of maximum intensity throughout Japan as inferred from the seismic activity in historical times*, Bull. Earthq. Res. Inst., 1951.10.5, 469-482.
- MARGOTTINI C., MOLIN D., NARCISI B., SERVA L. (1987), *Intensity vs. acceleration: Italian data. Proceedings of the Workshop on Historical Seismicity of Central-Eastern Mediterranean Region*. ENEA-IAEA, Roma, 213-226.
- MARGOTTINI C., MOLIN D., SERVA L. (1992), *Intensity versus ground motion: a new approach using Italian data*, Eng. Geol., 33(1), 45-58.
- TOSI P., SBARRA P., DE RUBEIS V., AND FERRARI C. (2015), *Macroseismic intensity assessment method for web-questionnaires*. *Seismological Research Letters*, 86, 985-990, doi: 10.1785/0220140229
- WALD D.J., QUITORIANO, V., DENGLER, L., DEWEY, J.W. (1999a), *Utilization of the Internet for rapid Community Atkinson G. e Sonley E., 2000. Empirical relationships between Modified Mercalli Intensity and response spectra*. Bull. Seism. Soc. Am., 90, 537-544. *Intensity Maps*. Seism. Res. Lett., 70, 680-697.
- WALD D.J., QUITORIANO V., HEATON T.H., KANAMORI H. (1999b), *Relationship between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California*. *Earthquake Spectra*, 15, no. 3, 557-564.
- WALD D.J., QUITORIANO, V., HEATON, T.H., KANAMORI, H., SCRIVNER, C.W., WORDEN, B.C. (1999c), *TriNet "ShakeMaps": Rapid generation of peak ground-motion and intensity maps for earthquakes in southern California*. *Earthquake Spectra*, 15, no. 3, 537-556.
- YIH-MIN W., TA-LIANG T., TZAY-CHYN S., NAI-CHI H. (2003), *Relation between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity and Intensity in Taiwan*, Bull. Seismol. Soc. Amer., 93, 1, 386-396.

Il sisma dell'Aquila. Le frazioni di Paganica e Onna 10 anni dopo

Cristina Orlandi

Architetto

Specializzanda in Beni Architettonici

e del Paesaggio

Politecnico di Torino

E-mail: cristina.ori@live.it

L'Aquila earthquake. The hamlets of Paganica and Onna 10 years later

Parole chiave: vulnerabilità sismica, strategie di ricostruzione, identità locali
Key words: seismic vulnerability, reconstruction strategies, local identities

STORIA DI UNA TESI

Nel 2009 avevo 16 anni e quello del 6 aprile è stato il primo terremoto che ho sentito nella mia vita. Mi ricordo il fracasso provocato dall'armadio che ballava sul pavimento alle 3.32 e poche altre cose. Non molto tempo fa, il racconto di un ex compagno di classe mi ha ricordato come la nostra principale preoccupazione del mattino seguente, nel teatino, fosse quella di aver scampato il compito di matematica. Alla successiva scossa notturna, sono saltata dalla finestra della mia camera direttamente in giardino. Dunque tanta paura, ma pochissima consapevolezza. Nel 2016, quando tutto il centro Italia è stato colpito da una nuova serie di eventi sismici, frequentavo già il Politecnico di Torino e da diversi anni tornavo nella mia regione in pochissime occasioni. Tuttavia, il caso volle che mi trovassi in Abruzzo sia il 24 agosto, giorno in cui si è verificato il terremoto con epicentro ad Accumoli, che il 18 gennaio dell'anno successivo, quando una valanga ha travolto l'hotel Rigopiano, causando la morte di 29 persone, contestualmente ad una nuova serie di scosse che hanno riguardato ancora l'Abruzzo, le Marche, il Lazio e l'Umbria.

Posso dire con cognizione di causa che quello del 2016 è stato per gli abruzzesi un gennaio infinito, in cui sembrava che non avrebbe mai smesso di nevicare: i paesini del teatino che confinano con quello in cui vivo si prestavano gli spazi a vicenda per riuscire in qualche modo a sopperire all'emergenza. Da diversi giorni, in molti di questi centri abitati mancava la luce e le reti telefoniche sembravano impazzite: sia il telefono fisso che i cellulari funzionavano a fatica. Una mattina, una scossa di terremoto più forte delle altre mi ha fatta sentire talmente in trappola da desiderare di scappare fuori, ma fuori continuavano a cadere fiocchi di neve senza sosta. C'erano momenti di sconforto e frustrazione in cui le amiche d'infanzia mi domandavano: "Tu che studi architettura, mi dici come faccio a capire se casa mia è sicura?". Io una risposta non ce l'avevo, ma percepivo che non era normale sentirsi in trappola in casa propria. Sapevo bene che il mio amato Abruzzo è una regione ad altissimo rischio sismico e, quando all'inizio della mia vita in Piemonte mi chiedevano da dove venissi, notavo sempre la stessa reazione semplicistica: "Ah, l'Abruzzo... non so bene dove si trovi, però L'Aquila è in Abruzzo, giusto? E

come va dopo il terremoto?". Eppure io stessa, così lontana e così protetta da quella realtà, mi rendevo sempre più conto che di quel 6 aprile ne sapevo veramente poco. Delle sue innumerevoli conseguenze a livello umano, sociale, urbano, architettonico, avevo solo una vaga idea. Nel frattempo, però, man mano che studiavo per laurearmi in restauro architettonico si facevano spazio sempre più domande, tutte orbitanti intorno ad una principale: "Cosa sarà successo davvero a L'Aquila dal 2009?". Quando finalmente è arrivato il momento di poter cercare qualche risposta, ho scelto come relatrice la professoressa Carla Bartolozzi perché sapevo che nel corso degli anni aveva condotto degli Atelier di Restauro aventi come oggetto proprio la ricostruzione de L'Aquila. Nel corso del nostro primo colloquio mi ha parlato per la prima volta del ricordo che aveva di Onna, trasmettendomi col suo racconto anche una certa suggestione rispetto alle transenne che delimitavano tutta la zona rossa, coincidente con l'intera frazione, su cui erano e sono ancora affisse tante fotografie rappresentanti la sua storia e i suoi abitanti (Fig. 1). Sono bastati pochi secondi nei motori di ricerca per capire che nel 2009 Onna aveva avuto



Figura 1. A sinistra della strada, le transenne che dal 2009 delimitano la zona rossa di Onna. A destra, è visibile uno scorcio del villaggio M.A.P.



Figura 2. Panoramica di Onna nel 2019. A sinistra è visibile la chiesa di San Pietro restaurata

un'eco mediatica non da poco a causa dell'altissima percentuale di vittime, ma del suo stato attuale faticavo a reperire notizie attendibili. Poche settimane dopo ero lì, a camminare tra le stradine della frazione cercando di immaginare come fosse prima del terremoto (Fig. 2). Onna mi ha colpito subito per le sue dimensioni esigue, che mi ricordano tanto quelle della frazione in cui sono cresciuta, ma anche e soprattutto perché man mano che mi addentravo nelle ricerche veniva fuori un senso di comunità e di appartenenza non percepibile dalle macerie, ma di cui testimone prezioso è stato, per il prosieguo del mio lavoro, il giornalista onnese Giustino Parisse. Dopo Onna ho scoperto Paganica, dove l'impatto con la zona rossa è stato ancora più violento per via delle tante abitazioni dalle cui porte spalancate si poteva vedere un numero incalcolabile di frammenti di vita rimasti fermi alle 3.32. Le immagini di distruzione che tutti abbiamo avuto modo di vedere nei telegiornali, dieci anni dopo erano ancora lì, in tutta la loro crudezza. Camminando tra le macerie del centro storico era evidente persino a me, studentessa di architettura ancora in erba, quanto fosse

immenso il patrimonio architettonico e artistico perduto per sempre a causa del terremoto (Fig. 3). Dal pungente desiderio di comprendere davvero cosa fosse successo in queste due frazioni - così diverse tra loro per storia, impianto urbano e dimensioni, ma così egualmente penalizzate da una ricostruzione lunga e complessa - è nata infine la tesi di ricerca con la quale mi sono aggiudicata la VII edizione del premio AVUS.

INTRODUZIONE AL TEMA

L'Italia è da sempre, notoriamente, una nazione ad alto rischio sismico e dunque la sua storia è inscindibile da quella dei terremoti che nel corso dei secoli ne hanno profondamente influenzato le sorti dal punto di vista architettonico e urbano: un territorio particolarmente fragile su cui costruire, per il quale la prevenzione sismica dovrebbe essere, considerando le possibilità offerte dall'avanzare del progresso tecnologico, una priorità all'ordine del giorno e non un argomento che salta fuori prepotentemente solo in seguito ad eventi sismici dalle conseguenze disastrose. Da questo punto di vista, due dei terremoti più radicati nella memoria

storica, da un lato quello del Belice del 1968 e dall'altro quello del Friuli del 1976, rappresentano risposte profondamente diverse ed opposte all'emergenza e all'approccio ricostruttivo. La mia tesi di ricerca si è proposta di indagare se e come siano cambiate rispetto al passato le dinamiche che si innescano in caso di terremoto in un territorio caratterizzato da una così elevata pericolosità sismica. Quali sono i fattori - territoriali, politici, economici, culturali e sociali - che entrano in gioco o si ripetono in luoghi già profondamente segnati nella loro identità dai terremoti del passato? Cosa li porta a scomparire del tutto o viceversa a rinascere con nuovi presupposti?

Circoscrivendo queste domande a livello regionale, non si può non tenere presente che la storia del territorio abruzzese è costellata delle ferite causate dai numerosi terremoti che di volta in volta hanno dato drammatica concretezza al motto "Abruzzo forte e gentile", dal momento che il settore di Appennino centrale che comprende questa regione è caratterizzato dalla presenza di tre importanti aree sismogenetiche, corrispondenti rispettivamente ai settori geografici dell'aquilano, del Fucino e della Maiella. Il primo terremoto di cui si hanno notizie più attendibili risale al 13 dicembre 1315, seguito da quello del 1349 che viene considerato in un certo senso "gemello" di quello del 2009 dal punto di vista degli effetti disastrosi e quindi delle zone maggiormente colpite, poiché anche in quel caso i danni a L'Aquila furono molto estesi. Non potendo presentare un quadro esaustivo dei successivi eventi sismici più significativi, per comprenderne almeno in parte l'entità si possono prendere in considerazione due parametri fondamentali: i valori di Intensità sismica I_0 (indicante gli effetti potenziali sulla base dei danni prodotti sulla superficie terrestre) espressi nella scala Mercalli



Figura 3. Via degli Angeli di Paganica, fotografata nel 2019

MCS, e la magnitudo del momento sismico M_w (misurante le dimensioni di un terremoto in termini di energia liberata). Per quanto riguarda l'area dell'aquilano nello specifico, si evidenziano il terremoto del 1461 avente caratteristiche molto simili al sisma del 2009, quello del 2 febbraio 1703 con $I_0 = X$ grado MCS e $M_w = 6.72$ e infine quello del 1762, la cui particolarità è stata l'elevata Intensità, tra il IX e il X grado (classificato tra "scossa disastrosa" e "disastrosissima"), nelle zone di Castelnuovo e Poggio Picenze rispetto a quelle limitrofe. La zona del massiccio montuoso della Maiella è stata interessata da un forte terremoto il 5 novembre 1706 ($I_0 = X - XI$ grado MCS e $M_w = 6.83$) mentre l'area del Fucino è stata duramente colpita dal terremoto del 1915 con $I_0 = X$ grado MCS e $M_w = 7.00$ e successivamente nel 1933 ($I_0 = XI$ grado MCS e $M_w = 5.85$). L'ultimo terremoto di cui si dà nota è quello del 24 giugno 1958, con una M_w all'incirca di 5 e effetti di Intensità pari al VII grado, in particolare ad Onna.

Il 6 aprile 2009, alle ore 3.32 locali, si è verificato nella provincia dell'Aquila un terremoto di Magnitudo M_w 6.3 (5.9 della scala Richter) con una intensità epicentrale tra il IX e il X grado MCS e ad una profondità di 8.8 km. Il bilancio dei danni provocati dalla scossa risulta drammatico: in totale sono stati colpiti 57 comuni, quelli del cosiddetto cratere sismico, di cui 42 in provincia de L'Aquila, 8 in quella di Teramo e 7 in quella di Pescara. Le vittime sono state in totale 309 e i feriti circa 1500. Quello del 6 aprile, registrato da 57 stazioni sismiche nel raggio di 280 km dall'epicentro, è stato solo l'evento sismico principale di una sequenza durata in realtà alcuni mesi, il cui precedente più significativo è avvenuto il 30 marzo 2009 con una M_w di 4.4. Nelle settimane successive si sono susseguite più di 40 scosse di assestamento con epicentri localizzati tra gli 8 e i 12 km di profondità, di cui le due più rilevanti il 7 e il 9 aprile.

La carrellata di numeri di cui sopra dà un'idea di quanto il sisma del 6 aprile 2009 abbia offerto un nuovo drammatico campo di prova per tutto l'apparato nazionale preposto alla gestione della fase di emergenza ed in quella immediatamente successiva di pianificazione delle politiche e strategie adottate in merito alla ricostruzione. Il termine *ricostruzione* in questo frangente fa riferimento non solo agli aspetti puramente materici di un luogo, ma anche a quelli, egualmente complessi e sfaccettati, della memoria storica e dell'identità, tutti



Figura 4. Alcuni ingressi di abitazioni abbandonate situate nel centro storico di Paganica, fotografati nel 2019

elementi messi gravemente a rischio di fronte alla desolante constatazione di interi paesi rasi al suolo, in alcuni casi letteralmente cancellati (Fig. 4).

A distanza di dieci anni dal terremoto dell'Aquila, ho cercato di delineare lo scenario delle scelte fatte e delle strategie di ripartenza messe in atto all'epoca, col fine ultimo di mettere a fuoco quali di esse siano state realmente propedeutiche e funzionali ad una futura rinascita del territorio abruzzese e quali invece potrebbero aver ostacolato, paradossalmente, gli auspicati fenomeni di ripopolamento e "riappropriazione" dei suoli colpiti. Quando si parla delle suddette strategie, oltre che alla ricostruzione dei luoghi si fa riferimento in particolare alla messa a punto di un nuovo modello ricostruttivo, sfociato nell'ambizioso

progetto C.A.S.E. (Complessi Antisismici Sostenibili Ecocompatibili) e alla nascita dei villaggi M.A.P. (Moduli Abitativi Provvisori). Più che la ricostruzione de L'Aquila in senso stretto, sulla quale andrebbe fatto un discorso a parte oltremodo complesso, considerandone le dimensioni rilevanti, il ruolo di capoluogo regionale e quindi di contenitore di funzioni sociali e amministrative significative, ciò che ho voluto indagare è l'esistenza o meno di un rapporto tra la preesistenza costituita dalle numerose piccole e grandi frazioni disseminate su tutto il territorio comunale, del quale rappresentavano la linfa vitale (basti pensare, a questo proposito, alla storia della fondazione dell'Aquila stessa), e le nuove aree urbanizzate, sia della tipologia C.A.S.E. che M.A.P. (Fig. 5).



Figura 5. La fotografia mostra la convivenza all'interno della stessa area di alcuni edifici di un insediamento C.A.S.E. con le casette in legno del progetto M.A.P. È evidente la differente configurazione architettonica e spaziale (anche nelle dimensioni e nel numero di piani) delle due soluzioni abitative scelte per far fronte all'emergenza

STRUTTURA E CONTENUTI DELLA RICERCA

La prima parte dell'elaborato si sviluppa tracciando un quadro generale di ciò che è stato il terremoto del 6 aprile 2009 sia dal punto di vista geologico che in termini di entità del danno, attraverso un sunto degli aspetti sismologici principali, quali la sismicità delle aree colpite, la classificazione sismica territoriale ed un inquadramento sismotettonico. Allo stesso modo, ho voluto riassumere le diverse procedure di stima e mappatura del danno (schematizzandole in rilievi macrosismici, studi di microzonazione sismica e classificazione di agibilità) al fine di poter comprendere tutti i fattori concorsi nel causare l'emergenza abitativa a cui bisognava far fronte, nonché tutti gli aspetti di quest'ultima che sono stati approfonditi successivamente, dalla sua gestione iniziale alla scelta di strumenti normativi e modalità attraverso cui si è scelto di porvi rimedio sia sul breve che sul lungo termine.

Entrando nel merito degli aspetti indagati nella tesi, va evidenziato come tra le motivazioni alla base del progetto C.A.S.E. ci sia stato il fatto che in questo caso ad essere colpito sia stato un territorio davvero molto esteso e con una conformazione particolare: la ricostruzione dei borghi del cratere sismico, e in particolare le numerose frazioni del territorio comunale, non poteva e non può essere considerata marginalmente rispetto al capoluogo, in quanto le suddette frazioni costituivano una rete, un sistema di nuclei fisicamente separati ma strettamente connessi dal punto di vista dell'identità culturale e territoriale, indispensabili al corretto funzionamento e allo sviluppo del capoluogo stesso che di tale sistema rappresentava il cuore pulsante.

Le principali criticità a cui far fronte erano l'orografia e la natura del territorio, di fatto fragile, di elevata pericolosità sismica e che non si presta ad un consumo di suolo elevato; le condizioni climatiche, poiché il terremoto è avvenuto in primavera ma gli inverni nella zona d'interesse sono molto rigidi; i tempi realisticamente molto lunghi previsti per la ricostruzione dei centri storici sia della città che delle frazioni. Da queste considerazioni è nata l'idea di dare vita, parallelamente alla ricostruzione del preesistente, ad un progetto che potesse sopperire all'emergenza abitativa con soluzioni ulteriori rispetto a quelle sperimentate in precedenza (strutture alberghiere, roulotte e camper, baracche metalliche, moduli prefabbricati) rivelatesi molto limitanti sotto numerosi

aspetti. Sottoforma di tipologie abitative plurifamiliari e con numeri in grado di coprire l'intero territorio aquilano, è stato messo a punto il progetto C.A.S.E., a cui sono stati affiancati i villaggi M.A.P. Il primo è stato applicato esclusivamente all'interno del comune di L'Aquila e ha coperto più del 50 % del fabbisogno di alloggi mediante la costruzione di 19 aree che si estendono su una superficie totale di 1.820.248 m² (comprese le opere di urbanizzazione) formate da una serie di piastre modulari isolate sismicamente e composte da campate di 6 m x 6 m, di cui 3 lungo il lato trasversale e 9 lungo il lato longitudinale, per un totale di 18 x 54 metri. Le tre campate trasversali si presentavano alla realizzazione di autorimesse nel piano tra la fondazione e la piastra, il corridoio centrale di 6 metri è stato pensato come corsello di distribuzione e le campate laterali di 6 m x 6 m per ospitare ognuna due stalli sufficientemente ampi per la sosta. I villaggi M.A.P., invece, costituiti dall'insieme di alloggi prefabbricati, monofamiliari e ad un solo piano fuori terra, realizzati in legno massello oppure con strutture a pannelli, sono stati adottati principalmente per piccoli paesi, e in seguito a piccole frazioni del comune su specifica richiesta degli abitanti, dal momento che implicano una grande consumo di suolo.

I dieci anni trascorsi dal terremoto costituivano, se guardati nell'ottica dei complessi processi post sisma, un lasso di tempo auspicabilmente ragionevole per poter osservare cambiamenti sufficientemente significativi da poter fare alcune considerazioni e valutazioni postume in merito all'efficacia reale degli strumenti di governo del territorio messi a punto a partire dal 2009, sia a livello urbano che sociale.

Ho già in parte evidenziato come la decisione di costruire dei nuovi insediamenti, dalle dimensioni notevoli e dal carattere sì provvisorio (nel senso che ancor prima della loro costruzione si guardava già oltre i primi destinatari, ossia gli sfollati delle abitazioni crollate o inagibili) ma comunque irreversibile dal punto di vista urbanistico e dell'impatto sul territorio, rappresenti senza dubbio un elemento di eccezionalità rispetto alla gestione delle ricostruzioni post-sisma messe in atto fino ad allora in altre zone d'Italia. D'altra parte, era anche la prima volta nella storia sismica italiana che un capoluogo di regione veniva danneggiato così gravemente da un terremoto: questo suo ruolo amministrativo e la considerazione del vasto patrimonio culturale e architettonico

di cui L'Aquila è costituita, hanno reso ulteriormente necessario un approccio diverso rispetto ai grandi eventi sismici del passato. Alla luce di queste premesse, la prima domanda da cui si è snodata la mia ricerca è stata se le nuove aree del Progetto C.A.S.E. potessero aver distolto, per certi versi, l'attenzione dalla ricostruzione dei centri storici minori. Tra questi ultimi, sono state scelte le frazioni di Paganica e Onna come casi studio da cui partire per sviscerare alcuni aspetti rilevanti ed estendibili al resto del territorio colpito; fermo restando, naturalmente, che alcune considerazioni restano valide solo se applicate alle specificità dei due paesi. In secondo luogo, quindi, ho cercato di tratteggiare quali siano stati – e come si siano evoluti nei dieci anni trascorsi – gli strumenti di pianificazione e gestione messi a punto per restituire un'identità e un futuro a tali realtà di dimensioni più contenute. In tal senso, uno degli elementi di riflessione emersi riguarda senza dubbio l'inadeguatezza degli strumenti amministrativi vigenti al momento del sisma, sia di pianificazione e gestione territoriale (uno su tutti il PRG del 1975) sia normativi, quali i vincoli indiretti esistenti sugli edifici meritevoli di tutela, che si sono rivelati in seguito al terremoto del tutto insufficienti ed inefficaci a preservarli, in un susseguirsi di provvedimenti contraddittori, in un braccio di ferro tra le amministrazioni succedutesi e la Soprintendenza ai beni culturali durato anni, ma soprattutto i cui effetti sono riscontrabili in un ulteriore rallentamento dei cantieri attivabili ed una diffusa ambiguità degli interventi possibili (Fig. 6).



Figura 6. Ottobre 2018. Una delle viuzze di Paganica invasa dalla vegetazione cresciuta dal sisma in poi. A distanza di quasi un anno, ho avuto modo di scattare la stessa fotografia, a dimostrazione del fatto che non fosse cambiato ancora nulla



Figura 7. La "casa Gotica" di Paganica. Il soffitto ed i pavimenti di questo edificio trecentesco situato in via degli Angeli sono crollati a marzo 2011 a causa del maltempo e dell'incuria, dal momento che in seguito al sisma l'edificio non presentava puntellamenti adeguati. La facciata esterna, col caratteristico portale ogivale, è l'unica cosa rimasta in piedi dell'edificio, probabilmente grazie ad un lavoro di restauro conservativo effettuato prima del 2009

La scelta dei casi studio è ricaduta in primo luogo sulla frazione di Paganica in quanto racchiude una serie di elementi imprescindibili per la direzione delle ricerche, quali:

- 1) un centro storico che aveva al suo interno un elevato numero di elementi di pregio - nonché diversi monumenti architettonici dichiarati beni culturali - oggi ancora quasi totalmente inabitato e con una ricostruzione a macchia di leopardo;
- 2) la presenza di una fascia più esterna di edificato recente e di qualità architettonica minore (il sub-ambito1), che è stata trattata con strumenti normativi diversi rispetto al nucleo antico;
- 3) la nascita dell'omonimo lotto "Paganica 2", il più grande del Progetto C.A.S.E., che presenta attualmente una serie di problematiche riscontrabili anche in altre aree analoghe. Contestualmente allo sviluppar-

si della ricerca, ho realizzato degli elaborati grafici svolti sottoforma di percorsi fotografici che hanno riguardato sia il centro storico sia il sopracitato insediamento C.A.S.E. di "Paganica 2", allo scopo di verificare lo stato attuale e reale di conservazione ed utilizzo. All'interno del nucleo più antico, invece, sono state scattate foto sia di porzioni della cosiddetta zona rossa ritenute significative per cogliere il reale stato di avanzamento della ricostruzione sia dei monumenti architettonici più importanti, alcuni dei quali danneggiati dal terremoto in maniera irreversibile (Fig. 7). Se da un lato sono emersi i tanti fattori concorrenti nella ricostruzione di tessuti urbani storici, riassumibili in una complessità di azioni non sempre in grado di dialogare con le dichiarazioni d'intenti iniziali e che in parte spiegano il dilatarsi della durata dei cantieri

interessati, dall'altro è emerso che i differenti attori chiamati in causa non sono sempre stati in grado di prevedere, prima, e di controllare, poi, l'andamento dei processi innescati con l'insediamento di tipologie edilizie e modelli abitativi quali sono quelli del Progetto C.A.S.E. Per quanto si è potuto riscontrare fino ad aprile 2019, sembrano esserci diversi problemi nella gestione delle aree comuni, le quali presentano più di un'incongruenza. Nei sopralluoghi ho riscontrato l'assenza di manutenzione delle aree verdi, ma anche casi di elementi di arredo urbano costituiti dall'accorpamento di panchine e strutture di sostegno per piante rampicanti decorative in cui queste ultime si presentavano talmente invase dai rovi da rendere impossibile la fruizione delle panchine stesse (Figg. 8 e 9). Nonostante la crescita incontrollata della vegetazione infestante renda difficile, in alcuni casi, la fruizione delle aree verdi da parte dei bambini, questi ultimi sembrano essere la fascia di popolazione meno penalizzata, attraverso la presenza di elementi quali parchi giochi e campi sportivi. Tuttavia, come è avvenuto anche nella scelta delle specie vegetali da piantare, si è tenuta poco in considerazione l'elevata escursione termica tra l'inverno e l'estate di questa zona montana e i residenti del C.A.S.E. hanno infatti evidenziato che nella stagione più calda i bambini possono usufruire delle attrezzature a loro dedicate soltanto nelle ore serali, in cui la temperatura più bassa lo permette, data l'assenza di coperture. Gli abitanti dei lotti, specialmente i più anziani, hanno lamentato la carenza di luoghi di aggregazione sociale nelle immediate vicinanze. Tra i punti di forza dei quartieri del C.A.S.E. al momento della loro nascita c'erano gli orti ur-



Figure 8 e 9. Elementi di arredo urbano in una delle aree verdi che fanno parte di Paganica 2. Nella prima immagine, si può vedere come l'assenza di manutenzione impedisca la fruizione della panchina. Nella seconda, invece, è il contesto circostante ad essere cambiato rispetto alla pianificazione iniziale di questo spazio: al di là della rete, che in origine probabilmente non c'era, è presente un'altra area comune degradata



Figure 10 e 11. Confronto pre e post sisma degli edifici situati in piazza Umberto I ad Onna, uno dei luoghi principali per i momenti di aggregazione della comunità onnese. Nella stessa piazza si trova anche l'antica chiesa di San Pietro, oggi restaurata

bani (in collaborazione con l'Ente Parco), ma passati l'entusiasmo e l'attenzione iniziali l'iniziativa non ha ricevuto ovunque la spinta necessaria per proseguire in maniera spontanea. Nel 2010 a Paganica è stato ripristinato il mercato settimanale in piazza, decisione che va nella direzione di una "riconquista" degli spazi profondamente segnati dal sisma. Attivare lo stesso tipo di mercato a cadenza settimanale a "Paganica 2" poteva essere un modo per incentivare, tramite il ripristino di abitudini consolidate e familiari che costituivano anche momenti di socialità, un atteggiamento positivo nei confronti dei nuovi quartieri, specie da parte della fascia di popolazione anziana che improvvisamente si è vista privata della propria casa di una vita.

La seconda parte dell'elaborato di tesi è stata dedicata interamente ad Onna. All'epoca del sisma l'altissima percentuale di decessi aveva immediatamente reso questo borgo un simbolo della tra-

gedia avvenuta. In seguito, per l'estensione notevole dei danni riscontrati al suo interno, ma anche per le dimensioni contenute del centro abitato, la frazione era stata assunta a "progetto pilota" dei piani di ricostruzione del terremoto dell'Aquila. Difatti, possedeva un suo carattere rurale ben definito e delle specificità da tutelare e preservare, tenute in vita nel tempo anche dal fatto che gli onnesi, come ho potuto constatare in seguito, sono fortemente legati alle proprie tradizioni. L'identità di questo borgo era costituita da una serie di elementi - ad esempio i numerosi ingressi voltati a botte, per citarne uno - la cui salvaguardia all'interno del complesso iter della ricostruzione avrebbe potuto rappresentare, nelle intenzioni iniziali, un esempio virtuoso da estendere a tutte le altre frazioni (Figg. 10 e 11; figg. 12 e 13). Il 18 aprile 2009 si è costituita l'associazione Onna ONLUS avente come obiettivi "l'aiuto alla popolazione, la vigilanza e lo stimolo delle fasi di ricostruzione del borgo e l'aiuto ad altre popolazioni che si fossero trovate nelle

stesse condizioni" (tratto dalla presentazione di casa Onna sul sito www.onna-onlus.org). In seguito, la sorte di Onna è stata presa a cuore dall'Ambasciata tedesca in Italia, a causa della volontà della Germania di dimostrarle la propria solidarietà a dispetto dei drammatici eventi della Seconda Guerra Mondiale. La frazione, che all'epoca era sede di una compagnia di sussistenza nazista, l'11 giugno 1944 subì una rappresaglia passata alla storia come "strage di Onna". In poco tempo, grazie al coinvolgimento e ai fondi di questa nazione ed in collaborazione con la Onna ONLUS che fungeva da portavoce delle esigenze primarie della comunità, sono stati inaugurati Casa Onna, centro civico polifunzionale (Fig. 14), e la Casa della cultura e sono iniziati i lavori di restauro della chiesa di San Pietro Apostolo, situata nella piazza principale e rappresentante uno dei cardini del genius loci onnese. Contestualmente, è sorto il villaggio M.A.P. costituito di alloggi prefabbricati in legno (47 edifici per un totale di 94 appartamenti) costruiti dalla



Figure 12 e 13. Ingresso di uno dei caratteristici cortiletti di Onna, con ingressi voltati a botte e arricchiti da arcate in pietra tipiche dell'architettura locale, prima e dopo il sisma del 2009



Figura 14. Casa Onna, costruita con i fondi donati dalla Germania affinché gli onnesi potessero avere nuovamente un luogo di aggregazione e di incontro prima che iniziasse la ricostruzione vera e propria

Provincia Autonoma di Trento e montati dalla Protezione Civile del Trentino. All'interno del villaggio sorgono anche l'asilo "Giulia Carnevale", realizzato con donazioni pubbliche seguendo il progetto che l'omonima studentessa di Onna, vittima del terremoto, aveva redatto per sostenere l'esame di composizione alla facoltà di Ingegneria edile

dell'Aquila, e una chiesa in legno per sostituire temporaneamente quella storica di San Pietro (Fig. 15). Il 6 aprile 2011, esattamente due anni dopo il sisma, è stato siglato un protocollo d'intesa tra l'Ambasciata, il comune di L'Aquila e l'associazione Onna ONLUS, per la redazione del Masterplan e del Piano di ricostruzione sviluppati in collaborazio-

ne con tutti gli abitanti della frazione. Tuttavia, le analisi preliminari svolte all'epoca dai tecnici incaricati, funzionali alla successiva stesura del masterplan di progetto, hanno fatto emergere un dato significativo: prima del sisma era già in atto un lento ma inesorabile processo di dispersione dei caratteri più autentici del borgo, attribuibile in parte alla particolare collocazione geografica (insolita anche perché nessuna delle altre frazioni della zona si sviluppa su un sito pianeggiante) nascosta tra il fiume Aterno, la ferrovia e la Strada Statale 17. A ciò vanno aggiunte le ricerche svolte nel 2009 dal Dipartimento della Protezione Civile di Perugia sulla correlazione tra i meccanismi di collasso verificatisi ad Onna e la sua vulnerabilità sismica, risultato della commistione tra le tecniche costruttive locali (principalmente muratura a sacco), eseguite non seguendo la regola dell'arte, e interventi di consolidamento, riparazione o adeguamento successivi al sisma del 1915 e consistenti nell'inserimento di presidi antisismici (ad esempio cordoli in cls armato) in sostituzione di quelli più obsoleti, ma senza tenere conto della conseguente variazione dei carichi.

Come avvenuto per Paganica, anche nel caso di Onna è stata propedeutica e



Figura 15. Scorcio del villaggio M.A.P. di Onna in cui è visibile la chiesa in legno costruita per sostituire provvisoriamente quella di San Pietro che rappresenta la parte più antica del borgo



Figure 16 e 17. Confronto tra due fotografie raffiguranti uno degli aggregati di Onna attigui alla chiesa di San Pietro, prima del sisma e dopo la ricostruzione.



Figure 18 e 19. Confronto tra due fotografie raffiguranti la via principale di Onna: lì dove prima del terremoto sorgeva la scuola gestita dalle suore della Conciliazione, oggi è visibile la Casa della Cultura

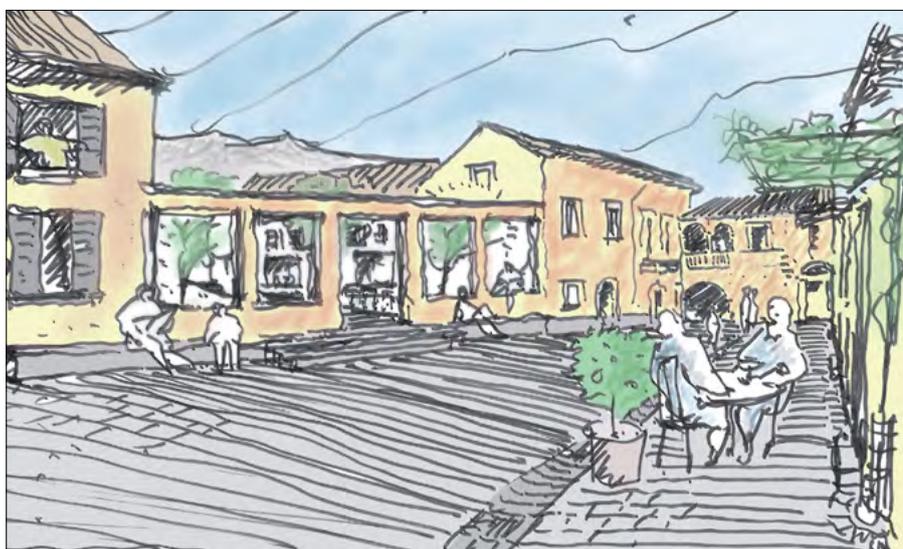
funzionale alle mie ricerche una comparazione fotografica tra le immagini risalenti al 2009 (ed in alcuni casi anche degli anni precedenti) e quelle degli stessi luoghi, dai medesimi punti di vista, ripresi dieci anni dopo (Figg. 16 e 17; Figg. 18 e 19) (riscontrabile anche nelle Figg. 9 e 10). Questo lavoro di comparazione è stato integrato da alcuni elaborati grafici, rappresentanti l'intero abitato in pianta, volti ad una più immediata e facile lettura dell'avanzamento della ricostruzione fino a luglio 2019 (Fig. 20). Se si esclude la chiesa di San Pietro, la prima ricostruzione terminata è stata quella dell'aggregato denominato "Ciancone 1". Prima del sisma era il più antico del borgo, situato non a caso nelle immediate vicinanze della chiesa che è stata il nucleo fondante di tutto il centro abitato, e in stretta relazione con essa (per approfondimenti sulle interessanti e numerose scoperte archeologiche contestuali al restauro della chiesa, che ne hanno totalmente riscritto la storia, si veda Antonini O., (2018) *San Pietro a Onna. Architettura e vicende costruttive*, Creazione Soc. Coop, L'Aquila). Con le sue tre corti interne, gli ingressi voltati a botte, le aperture evidenziate dalle ar-

cate in pietra e la composizione di strutture portanti di collegamento adiacenti e solidali, il "Ciancone" rappresentava bene alcuni degli aspetti che pre sisma conferivano ad Onna una sua ricono-

scibilità architettonica. Sulla chiave di volta in pietra di una delle arcate d'ingresso era incisa la data 1702: il concio in questione è stato salvato, asportandolo dalla muratura pericolante dopo



Figura 20. Esempio di elaborato grafico della tesi, in questo caso raffigurante la conformazione planimetrica di Onna prima e dopo il sisma.



il terremoto, ma non è stato ricollocato nella sua posizione originaria. Per la sua ricostruzione, l'aggregato è stato suddiviso in 8 sub-ambiti corrispondenti ai giunti tecnici strutturali e ricostruito con una spesa di 6 milioni di euro. Come previsto dalle Norme Tecniche d'Attuazione contenute nel Piano di ricostruzione di Onna, il cantiere è stato condotto rispettando la sagoma dell'edificio originale così come si presentava prima del 2009, compresi sia gli affacci interni che sugli spazi pubblici. Nello specifico, sono stati riprodotti formalmente quasi tutti gli allineamenti, la forma e le proporzioni delle aperture, con interventi mirati nei casi di ampliamenti necessari per rispettare la normativa igienico-sanitaria (Figg. 21, 22 e 23). Le finestre sono state realizzate in legno per cercare di richiamare almeno in parte i materiali tradizionali del luogo. Ad oggi, questo aggregato rappresenta un primo esempio di approccio e modus operandi su una frazione già esistente nel XII secolo, come testimoniato da fonti storiche. Lungi dall'esprimere giudizi sulla qualità architettonica di quanto costruito, non si può negare che, nonostante la scelta di riproporre fedelmente la conformazione esterna degli edifici crollati, sia andata irrimediabilmente persa la consistenza materica originaria, mettendo forse a rischio parte del carattere rurale originario di questa frazione. Nel 2019 risultava completato circa il 30-40% della ricostruzione di Onna.

CONCLUSIONI

Il decennio trascorso dal terremoto ha dato vita a differenti scenari a seconda dei casi: dal punto di vista sociologico, in alcuni contesti ha favorito la disgregazione e la perdita del tessuto sociale originario; questo fenomeno, seppure in minima parte, è visibile anche ad Onna, nonostante il persistere del villaggio M.A.P., accanto al borgo originario, che consente la prosecuzione di relazioni sociali tra gli abitanti, ancora fortemente legati alla tradizione e alla storia onnesi. Anche gli abitanti di Paganica, quantunque smistati nelle aree del Progetto C.A.S.E., restano ancorati alla propria storia e cercano di farla rivivere nonostante la ricostruzione stia procedendo molto lentamente e soprattutto nonostante le condizioni disastrose del cuore del centro storico, in cui le impalcature di sostegno montate per proteggere le architetture storiche non possono molto contro i degradi causati dalla vegetazione infestante, dall'umidità e dalle condizioni climati-

Figure 21, 22 e 23. Ricostruzione dell'aggregato Ciancone. La prima immagine mostra l'omonimo cortile prima del sisma, la seconda è stata prodotta nel 2011 dal gruppo di lavoro per la stesura del Masterplan, coordinato da Wittfrida Mitterer per conto dell'Ambasciata della Repubblica Federale di Germania in Roma. I progetti sono dello studio Schaller/Theodor Architects and Urban Planners con la cooperazione dello Studio di architettura Mar di Venezia. La terza immagine mostra il cortile com'è realmente in seguito alla sua ricostruzione



Figura 24. Una signora di Paganica lava degli indumenti al lavatoio della storica fontana nel rione medievale Fontevecchia, luglio 2019

che. Costituisce un esempio lampante di questo attaccamento alle radici l'utilizzo della fontana del rione medievale Fontevecchia che si trova a pochi metri dalla distruzione causata dal terremoto, venne costruita nel XV secolo, ma oggi viene ancora usata dagli abitanti di Paganica per lavare i panni (Fig. 24). Questo monumento nella situazione attuale rappresenta un simbolo di normalità in un contesto ancora drammaticamente

anormale e che difficilmente riuscirà mai a tornare allo spessore storico che aveva prima del sisma.

Per ciò che concerne i nuovi insediamenti, in genere definiti impropriamente *New Towns*, il "modello L'Aquila" - inteso come insieme di politiche e strategie per la ricostruzione confluite nelle presunte innovazioni del Progetto C.A.S.E. - non sembrerebbe essere riuscito nell'intento di controllare le evolu-

zioni innescate, o quantomeno auspicate al momento della sua pianificazione, di ricucitura del tessuto urbano e sociale spaccato dal sisma. Ciò è avvenuto principalmente a causa di una serie di debolezze progettuali che si sono ripercosse sugli sviluppi della pianificazione originaria sia a livello urbanistico che sociale (Fig. 25). Per quanto riguarda i villaggi M.A.P., invece, nonostante essi appaiano totalmente privi dei caratteri



Figura 25. Una delle aree verdi facenti parte del lotto "Paganica 2": abbandonata a se stessa, invasa dai rifiuti e dalle erbacce



Figura 26. Questo scorcio di Onna è stato fotografato all'inizio di luglio 2019, in concomitanza con la tradizionale festa della Madonna delle Grazie. La ricorrenza è stata festeggiata principalmente nel villaggio M.A.P. attiguo, ma la luminaria appesa nonostante il contesto ancora fortemente danneggiato simboleggia l'attaccamento della comunità ai propri luoghi d'origine

architettonici e urbanistici locali, naturalmente a causa del fatto che i moduli abitativi nascono per definizione come prefabbricati e provvisori, in alcuni casi sono risultati essere la soluzione adeguata per mantenere intatta almeno la rete relazionale delle piccole comunità delle frazioni, in molti casi ancora ben lontane dal poter tornare a vivere nelle loro abitazioni originarie (Fig. 26). Ciò è emerso sia nel caso di Onna, come detto, che di villaggi analoghi, come quello di San Lorenzo a Fossa che ha una piazza centrale, un parco giochi, una chiesa, una farmacia con ambulatorio, un centro polifunzionale, un bar, un negozio di alimentari, un campetto di calcetto e bocce. I moduli in questo contesto sono stati ribattezzati M.A.D. in cui la D sta per definitivi, poiché si prevede che quando gli abitanti potranno rientrare nelle loro case del centro storico, gli alloggi in legno costituiranno un villaggio turistico o un mini campus universitario. Un altro caso emblematico è riscontrabile a Villa Sant'Angelo (L'Aquila), in cui il terremoto del 2009 ha causato 17 morti e 230 persone rimaste senza una casa. Anche in questo caso la pianificazione sulla lunga durata ha fatto la differenza, dal momento che il villaggio M.A.P. crea una continuità con la frazione di Tussillo ed è provvisto di sala parrocchiale e chiesa, farmacia, ambulatorio ed asilo, bar e negozio di generi alimentari come nel caso precedente, con in più un centro estetico, una tabaccheria ed un centro aggregativo, unico edificio in muratura.

DODICI ANNI DOPO

Quando ho cominciato ad addentrarmi nelle mille tematiche correlate al sisma del 2009, l'intento era quello di trovare quante più risposte verosimili ai tanti nodi formati nel corso dei dieci anni trascorsi; con l'amara consapevolezza, però, che il mio contributo non fosse più che un granello di sabbia in un oceano. A quell'oceano mi sono avvicinata con l'ingenuità di chi sa che l'analisi ed il coinvolgimento emotivo non vanno d'accordo e cerca per questo di mantenere un approccio scientifico e distaccato. Più volte ho avuto bisogno di fermarmi per cercare di creare un posto sicuro in cui tenere le tante emozioni che rischiavano di inficiare il risultato finale. Per fortuna non ci sono mai riuscita. Dico per fortuna dal momento che entrare in contatto col premio AVUS e con ciò che rappresenta, con *chi* rappresenta, ha dato un senso al lavoro svolto che ha superato le mie aspettative: alla volontà di comprendere il passato per non ripetere gli stessi errori, di conoscere per potere finalmente prevenire anziché curare, di svolgere un lavoro di ricerca quanto più accurato possibile per rispetto di tutti coloro a cui la notte del 6 aprile ha cambiato la vita o gliel'ha tolta, si è aggiunta quella di portare avanti le domande (e le risposte) sulla ricostruzione come se appartenessero un po' anche a tutti gli studenti vittime del sisma; con la stessa serietà e tenacia che senza dubbio avrebbero messo nel prosieguo dei propri studi ed interessi.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONINI O. (2018), *San Pietro a Onna. Architettura e vicende costruttive*, Creazione Soc. Coop, L'Aquila.
- PARISSE G. (2017), *L'Aquila e Amatrice. La tragedia del terremoto, la commedia della ricostruzione*, s.l.
- GALADINI F., VARAGNOLI C. (2016), *Marsica 1915 - L'Aquila 2009: un secolo di ricostruzioni*, Gangemi, Roma.
- ROLLI G. L. (2014), *Conoscenza, rappresentazione, recupero urbanistico dei centri storici minori: un riferimento regionale: l'Abruzzo, un caso di studio: Paganica (L'Aquila)*, Alinea, Firenze.
- MITTERER W., SCHALLER C., TOMBACCINI M. (2013), *Un masterplan per Onna. Ricostruiamo Onna bella com'era. Costruire sostenibilità: crisi ambientale e bioarchitettura*, Franco Angeli, s.l.
- BANTI F., GIORNETTI A., SANCASSIANI F. (2012), *Onna: cronache da un paese che rinascerà*, Editori Internazionali Riuniti, Roma.
- BULSEI G. L., MASTROPAOLO A. (2011), *Oltre il terremoto. L'Aquila tra miracoli e scandali*, Viella e Imes, Roma.
- GRUPPO DI LAVORO MICROZONAZIONE SISMICA - AQ (2010), *Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area aquilana, Regione Abruzzo*, s.l., Regione Abruzzo, Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila.
- PARISSE G. (2010), *Onna. Anno 1000 - 6 aprile 2009*, Graphitype, s.l.
- TURINO R. (2010), *L'Aquila: il progetto C.A.S.E.: Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili*, IUSS Press, Pavia.
- FIORDIGLI G. (1991), *Paganica (storia - società - costume - arte)*, Editoriale Eco, Teramo.
- IOVENITI E. (1973), *Paganica attraverso i secoli. Dalla Paganica Vestinorum alla fine della Paganica comunale*, Tip. Labor, Sulmona.

La Rocca di Cefalù: modello geomeccanico e condizioni di rischio per la cittadina normanna

The “Rocca” of Cefalù: geomechanical modelling and risk conditions for the norman town

Parole chiave: modello geomeccanico, crolli sismo-indotti, mitigazione del rischio, traiettorie di blocchi lapidei, back-analysis
Key words: geomechanical model, seismic induced rockfall, risk mitigation, trajectories of rock blocks, back-analysis

Fabio Cafiso

Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo
E-mail: fabio.cafiso@unipa.it

Cipriano Di Maggio

Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo
E-mail: cipriano.dimaggio@unipa.it

Roberta Santoro

Geologo libero professionista
E-mail: robisantoros5@gmail.com

1. INTRODUZIONE

La cittadina di Cefalù, ubicata a circa 70 km da Palermo, è una delle perle del Mediterraneo, per la bellezza dei luoghi, dominati dalla Rocca, imponente rupe carbonatica alta circa 250 m s.l.m., e per i beni architettonici (Figg. 1 e 2).

come Tempio di Diana. Sul ciglio della Rocca e per il suo intero sviluppo si snoda la cinta muraria di tipo megalitico risalente alla fine del V secolo a.C. (periodo pre-ellenico), in parte ricostruita nel periodo bizantino (VII-IX secolo d.C.). Nel periodo normanno (secolo

ai fenomeni di crollo che, spesso, si verificano in concomitanza di eventi sismici o meteorici particolarmente intensi. Tali crolli determinano condizioni di rischio molto elevato per gran parte dell'abitato, compresa la Cattedrale, ubicata ad alcune decine di metri dalla Rocca, e posso-

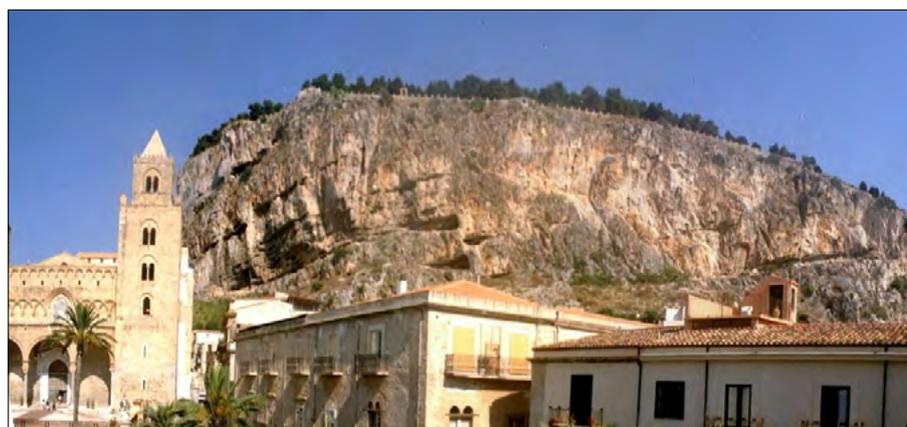


Figura 1. Vista panoramica della Rocca di Cefalù incombente sul centro storico con la cattedrale normanna sulla sinistra



Figura 2. Dettaglio sulla cattedrale normanna (fonte: Wikipedia)

Fondata dai greci con il nome di Κεφαλοῦδιον tra il XIV e il XIII a.C., conserva sulla Rocca il palazzo-santuario ciclopico-megalitico, noto

XII d.C.) furono costruiti i principali monumenti, tra i quali la cattedrale, sito UNESCO dal 2015 (Fig. 2). La Rocca è caratterizzata da un'elevata suscettibilità

no coinvolgere le sovrastanti preesistenze storico-archeologiche. In ogni caso inibiscono lo sviluppo socio-economico della cittadina normanna, ad evidente vocazione turistica.



Figura 3. Area studiata (coordinate geografiche del punto centrale 38°02'14"N; 14°01'35"E - fonte: Google Earth).

2. L'AREA STUDIATA

L'area studiata comprende la Rocca, rilievo isolato che sovrasta Cefalù, e il settore costiero pianeggiante che lo delimita. Essa ricade lungo la parte centrale della costa settentrionale siciliana e costituisce l'estrema propaggine nord delle Madonie (Fig. 3).

3. MODELLO GEOLOGICO

L'area di Cefalù è un segmento della catena appenninico-maghrebide siciliana, costituito da successioni carbonatiche e silico-clastiche mesozoico-terziarie profondamente deformate, facenti parte di un edificio tettonico a pieghe, faglie e

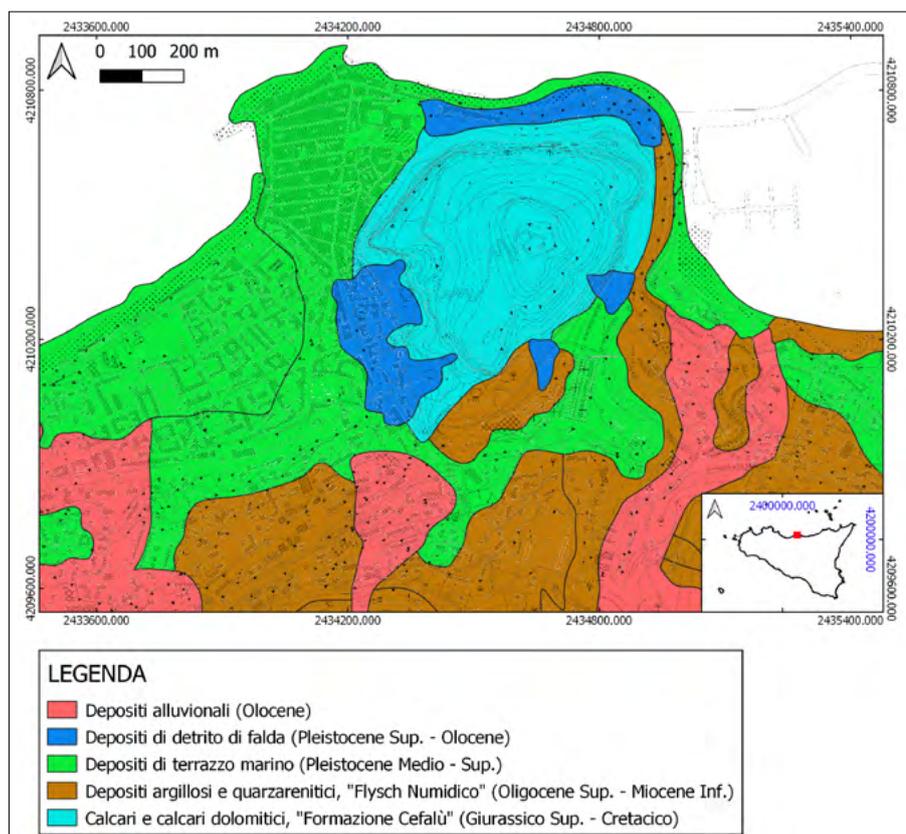


Figura 4. Schema geologico semplificato dell'area di Cefalù, in scala 1:10.000 (Fonte: ISPRA, 2012)

falde di ricoprimento. Nell'area studiata, tale edificio è formato da: unità di catena (Panormidi; Numidiche; Sicilidi); unità di bacino di wedge-top; depositi più recenti (Fig. 4 - ISPRA, 2012).

Le unità Panormidi sono costituite da successioni carbonatiche di mare basso del Triassico sup. - Oligocene. Esse affiorano nell'area della Rocca, costituita da calcari e calcari dolomitici a rudiste e coralli e da laminiti algali della *formazione di Cefalù*, di età Giurassico sup.- Cretacico. Questa formazione si

presenta stratificata in banchi sub-orizzontali con spessore 0,5- 4,0 m (Fig. 5), attraversati da sottili filoni sedimentari, mantenendo una struttura monoclinale immergente verso NE.

Le unità Numidiche, ricoprenti le unità Panormidi e affioranti a sud e a sud-est della Rocca, sono costituite da prevalenti argilliti con intercalazioni di banchi quarzosi (*Flysch Numidico*, rappresentato in Fig. 4 dalla litologia denominata "FYN"), di ambiente di avanfossa, di età Oligocene sup.- Miocene inf.



Figura 5. Calcari e calcari dolomitici della formazione Cefalù, stratificati in grossi banchi

Le unità Sicilidi si trovano sovrascorse sulle unità Numidiche e Panormidi e sono formate da alternanze di arenarie, marne, calcari marnosi e calcareniti, di ambiente di scarpata continentale, di età Oligocene sup.- Miocene inf.; sono presenti nei settori posti a sud e a sud-ovest dalla Rocca. Le unità di bacino di wedge-top sigillano le precedenti unità; sono costituite da alternanze di arenarie, argilliti e marne, di ambiente di scarpata, del Miocene inf.-medio e affiorano a sud e a sud-ovest della Rocca, al di fuori dell'area studiata. I depositi più recenti sono formati da: sabbie e conglomerati costieri (Pleistocene medio-sup.) e detriti stratificati e cementati (Pleistocene sup.); ghiaie, sabbie e limi fluviali (Olocene), detriti di falda (Olocene), colluvi (Olocene), sabbie e ghiaie di spiaggia (Olocene).

4. MODELLO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area studiata è caratterizzata dall'insieme di un paesaggio: costiero pianeggiante (costa); "montuoso" articolato e aspro (la Rocca); "collinare" ondulato e dolce (rilievo interno). La Rocca mostra: un'area sommitale estesa oltre 2 km² e a debole rilievo (tra le quote di circa 100 m s.l.m. e 268 m s.l.m.); pareti rocciose alte decine di metri, fortemente inclinate (circa 60°), che delimitano l'area sommitale; versanti basali mediamente inclinati (25°÷35°), che collegano le brusche pareti rocciose alle superfici pianeggianti costiere. Il rilievo interno è contrassegnato da piccole dorsali N-S, con cime arrotondate che sfiorano i 600 m s.l.m., separate da un sistema di corsi d'acqua a sviluppo N-S.

Lo studio geomorfologico ha mostrato: la presenza di forme attuali (spiagge, spiagge con falesie arretrate e falesie attive lungo la costa) e di forme relitte (superfici di terrazzo marino sollevate nella fascia più interna) nell'area costiera; l'esistenza di un paesaggio carsico sospeso (area sommitale della Rocca), di grandi falesie abbandonate e degradate (pareti rocciose della Rocca) e di falde e coni di detrito (alla base della parete rocciosa) lungo l'area montuosa; profonde valli a V, con versanti fluviali in argilla interessati da forme di frana e di ruscellamento, in corrispondenza delle aree collinari più interne.

Dall'analisi dei dati geologici e geomorfologici, i processi che hanno generato l'attuale assetto topografico e geomorfologico sono riconducibili a: fagliazione a blocchi avvenuta nel Qua-



Figura 6. Planimetria con indicazione delle stazioni di rilievo

ternario (Di Maggio *et al.*, 2017), che ha isolato la Rocca, ribassando le zone marginali, e prodotto grandi scarpate di faglia lambite dal mare; azione del moto ondoso, che ha determinato l'arretramento delle falesie impostatesi sulle preesistenti scarpate di faglia e la formazione della superficie di terrazzo marino policiclica; approfondimento della rete fluviale lungo gli affioramenti argillosi (rilievo interno), conseguente allo stesso sollevamento tettonico; sviluppo di processi carsici nelle rocce carbonatiche della Rocca, che amplia le discontinuità strutturali ivi presenti; degradazione meteorica delle rocce, particolarmente

evidente lungo il costone roccioso; sviluppo di processi di caduta di detrito e di movimenti franosi (crolli, scivolamenti e ribaltamenti), ancora attivi lungo le pareti rocciose della Rocca, che alimentano le falde e i coni di detrito posti al loro piede.

5. MODELLO GEOMECCANICO

5.1 RILIEVI GEOSTRUTTURALI

Per individuare la struttura orientata dell'ammasso roccioso sono stati effettuati rilievi geostutturali (Fig. 6) in corrispondenza dei vari fronti che incombono sul centro storico con la cattedrale

(NO), sul centro abitato (SO), su edifici e viabilità (N), sulla via del Faro, di accesso al porto (NE) e sul cimitero (SE).

Complessivamente sono state rilevate n°515 discontinuità, delle quali sono state misurate le grandezze codificate dall'ISRM (*International Society of Rock Mechanics*) secondo le prescrizioni indicate in "Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses" (Int. J. Rock Mech., 1978), quali orientazione, spaziatura, persistenza, apertura, rugosità, ed infine, terminazione. Le prime tre definiscono la configurazione geometrica della "struttura" caratterizzante l'ammasso roccioso, intesa come il network costituito dall'insieme delle discontinuità presenti; le altre caratteristiche forniscono, unitamente alle precedenti, elementi fondamentali per la caratterizzazione meccanica dell'ammasso roccioso stesso.

5.2 ELABORAZIONE DEL COMPLESSO DEI DATI

Dopo una verifica preliminare che la struttura orientata è pressoché identica nei vari fronti, è stata effettuata l'analisi statistica del complesso delle misure, ed è risultato che la Rocca è interessata da n°5 famiglie principali (Figg. 7 e 8).

Con riferimento alle discontinuità appartenenti a ciascuna famiglia, è stata effettuata l'elaborazione statistica delle misure delle grandezze codificate dall'ISRM. Per motivi di spazio, a titolo di esempio si riporta soltanto un paio di istogrammi di frequenza relativi alla famiglia 3, che comprende n°144 discontinuità (Figg. 9 e 10).

In generale, è possibile dedurre che la spaziatura varia poco con la famiglia di appartenenza; infatti, almeno il 53,8% dei valori della spaziatura delle superfici di discontinuità in corrispondenza di tutti i raggruppamenti è risul-

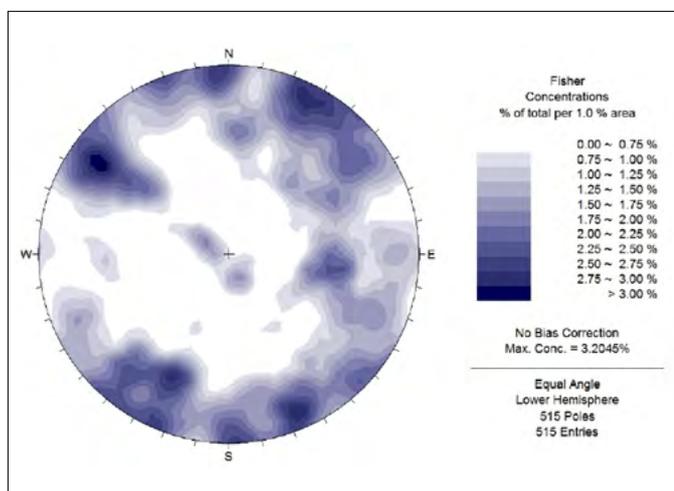


Figura 7. Curve isofrequenziali delle superfici di discontinuità derivanti dall'elaborazione statistica dell'orientazione

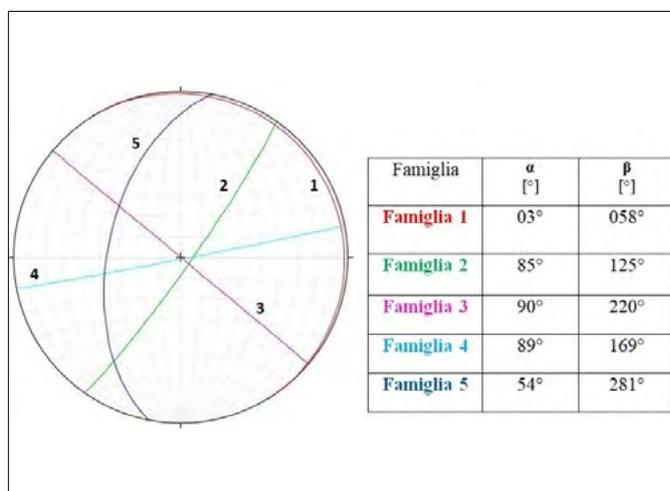


Figura 8. Meridiani rappresentativi delle principali famiglie di discontinuità derivanti dall'elaborazione statistica dell'orientazione e valori medi statistici degli angoli α e β

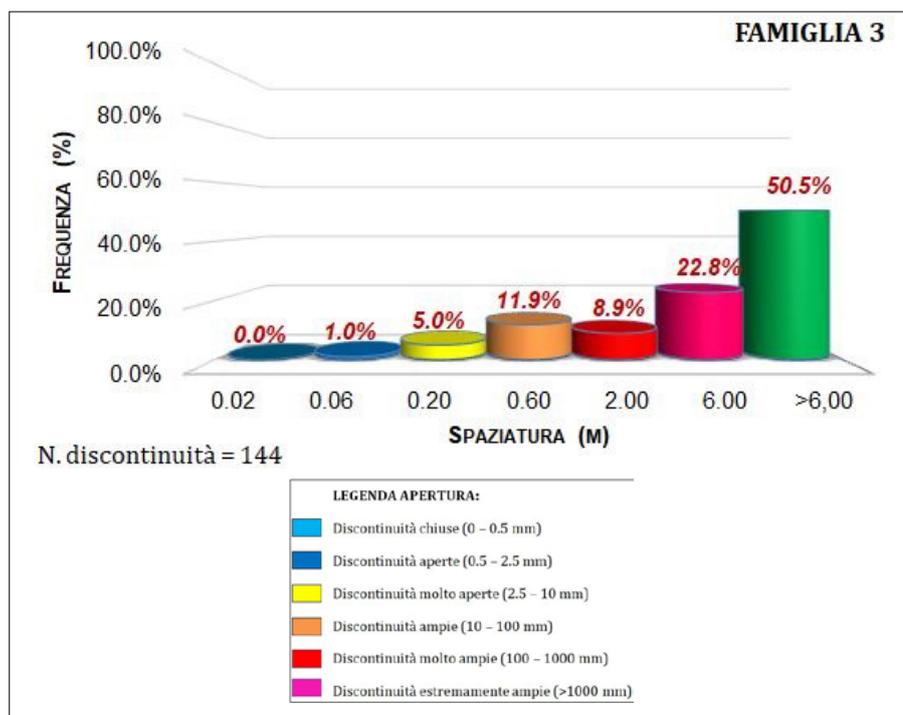


Figura 9. Istogramma di frequenza rappresentativo dell'apertura relativo alla famiglia 3 e classificazione ISRM delle discontinuità in funzione del detto parametro

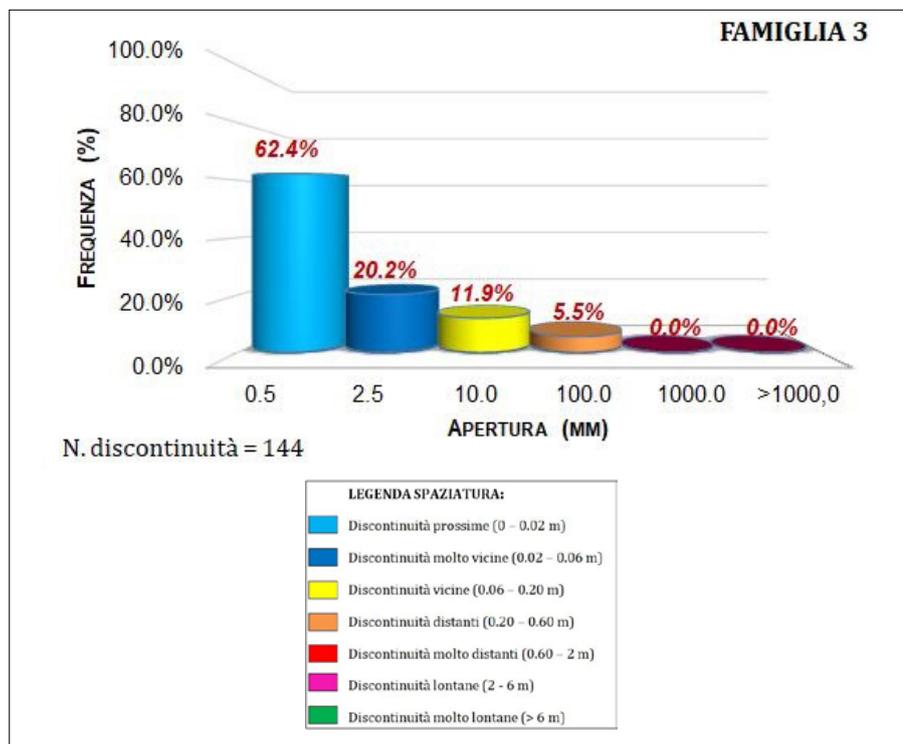


Figura 10. Istogramma di frequenza rappresentativo della spaziatura relativo alla famiglia 3 e classificazione ISRM delle discontinuità in funzione del detto parametro

tato superiore a 6 m. Tuttavia, è evidente una spiccata dipendenza dalla posizione del rilievo sui fronti rocciosi: infatti, tale parametro si riduce sensibilmente in corrispondenza della fascia alta circa 20 m a partire dal coronamento dei fronti, dove raramente supera 1 m. I valori di persistenza più ricorrenti sono compresi tra 1 m e 3 m, con i valori più bassi nella fascia sommitale della Rocca. L'apertura varia poco con le famiglie e le discontinuità presentano, in generale, aperture molto basse e, comunque, inferiori allo

spessore delle asperità presenti nel relativo profilo. I valori maggiori, dell'ordine di alcuni centimetri, sono stati misurati in corrispondenza di alcuni blocchi che hanno già subito spostamenti e/o rotazioni. In questi casi è stato rinvenuto materiale pelitico di riempimento. Dall'elaborazione statistica della scabrezza sono risultati valori di JRC in genere compresi tra 12 e 14 mentre il valore dell'indice di terminazione T_r è pari al 15,57%, a conferma che le superfici di discontinuità interagiscono le une con le

altre, isolando singoli elementi lapidei disarticolati gli uni dagli altri e ciascuno dall'ammasso roccioso.

5.3 DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOMECCANICO

Le n°5 famiglie di discontinuità principali che caratterizzano la struttura orientata della Rocca ne individuano una configurazione a singoli blocchi disarticolati gli uni dagli altri e ciascuno dalla roccia retrostante. Le discontinuità, infatti, interagiscono tra loro, in quanto caratterizzate in generale da terminazioni di tipo "d" o "x". Le dimensioni dei massi variano con la posizione nella Rocca in quanto, nella parte sommitale della rupe, persistenza e spaziatura delle discontinuità superano raramente il metro, e, pertanto, gli elementi lapidei hanno volume dell'ordine del metro cubo. Al di sotto della cresta, già circa 20 m dalla sommità, spaziatura e persistenza si incrementano raggiungendo valori anche di diversi metri. Ne deriva che il volume dei blocchi è mediamente dell'ordine di alcuni metri cubi, raggiungendo localmente anche valori dell'ordine delle centinaia di metri cubi. In particolare, in corrispondenza del fronte Nord, per la grande spaziatura assunta dai piani di stratificazione (dell'ordine delle decine di metri), si rinvengono blocchi colonnari, talora di altezza quasi prossima a quella dell'intera Rocca.

I raggruppamenti 2, 3 e 4, caratterizzati da inclinazioni elevate, interessano l'ammasso in studio con orientazione rispettivamente NE-SO, NO-SE e circa E-O (Fig. 6). Tali famiglie sono strettamente correlate ai principali lineamenti tettonici dominanti nell'area. Infatti, la Rocca è solcata da due faglie di carattere distensivo, che formano una "V" rivolta verso meridione, grosso modo ortogonali tra loro e rispettivamente orientate l'una NE-SO e l'altra NO-SE, che rappresentano il contatto tettonico tra i "Calcarei della formazione di Cefalù" e i depositi terrigeni flyschoidi sovrastanti (Grasso *et al.*, 1978; ISPRA, 2012 con bibliografia). Inoltre, l'area in studio è dominata da un altro lineamento tettonico, anch'esso subverticale, orientato circa E-O e da faglie secondarie N-S (ISPRA, 2012 con bibliografia); tale orientazione coincide con quella della famiglia 5. I sistemi geostrutturali innanzi indicati, raggruppando discontinuità di natura tettonica, molto inclinate e visibilmente continue lungo le pareti principali, sarebbero responsabili della conformazione ripida rispettivamente delle pareti nord-occidentale e

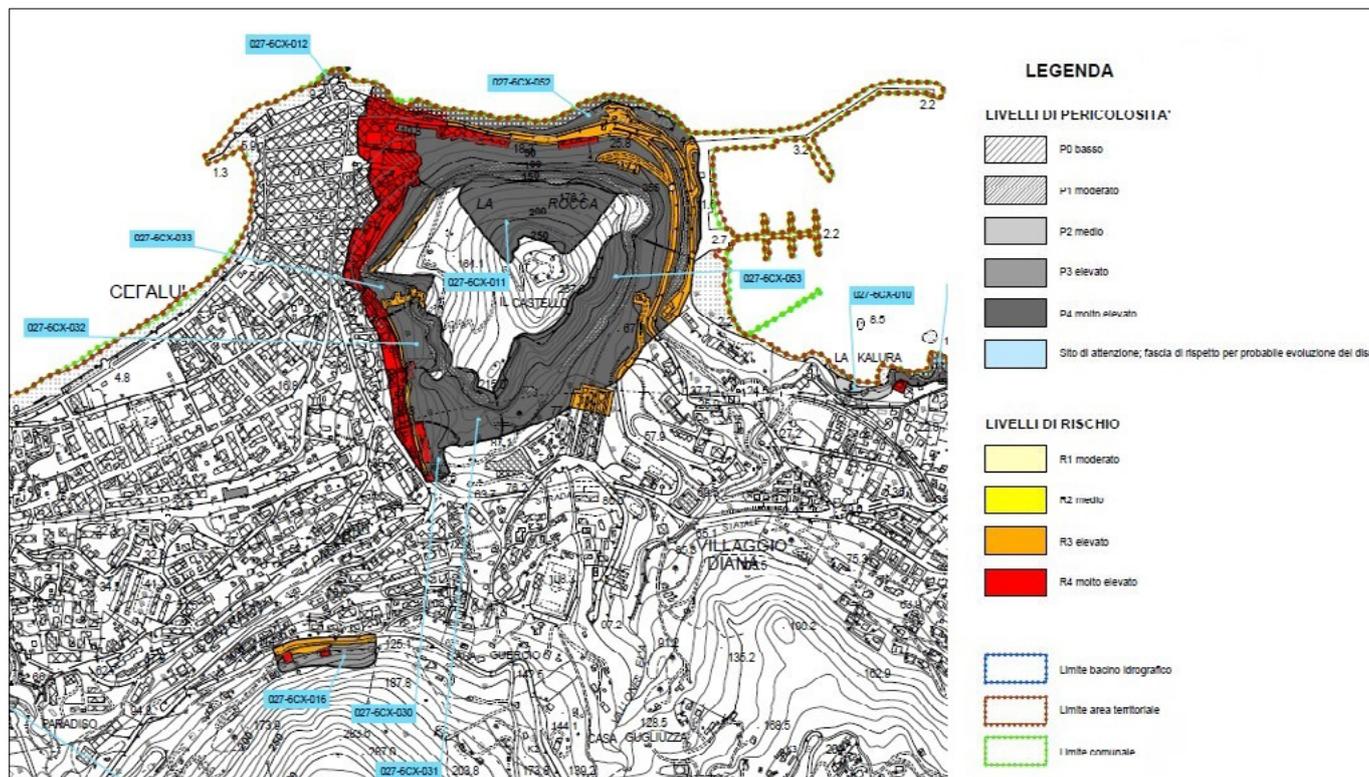


Figura 11. Stralcio della Carta P.A.I. relativa a Pericolosità e Rischio Idrogeologico con legenda (Regione Siciliana, Dipartimento Territorio e Ambiente, “Assetto del Territorio e Difesa del Suolo”, 2014)

sud-orientale (direttrice NE-SO), della parete sud-occidentale (direttrice NO-SE), e della parete nord (direttrice E-O), relitti, con molta probabilità, di specchi di faglia. La presenza di tali sistemi tettonici nella Rocca è responsabile dell’indebolimento di tutto il complesso strutturale. Infatti, il processo di fagliazione a blocchi ha determinato l’isolamento del promontorio, ribassandone le zone marginali e producendo grandi scarpate di faglia lambite dal mare (Di Maggio *et al.*, 2017).

6. ANALISI E VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

6.1 DISSESTO IDROGEOLOGICO, PERICOLOSITÀ E RISCHIO CARTOGRAFATI DAL PAI

Nel Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) relativo all’area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Pollina e il bacino del Fiume Lascari o Torrente Piletto (n° 027), in cui ricade il Comune di Cefalù, comprensivo della sua Rocca, vengono individuati n° 7 dissesti di crollo insistenti sulla Rocca e le zone a pericolosità e rischio evidenziate in Fig. 11.

6.2 POSSIBILI CINEMATISMI E MECCANISMI DI ROTTURA

Al fine di individuare i possibili cinematismi dei blocchi nella Rocca di Cefalù sono state confrontate le orien-

Fronte	α	β	Cinematismi
Nord	80°	358°	Toppling
Nord-Est	80°	110°	Sliding (planar failure)
			Toppling
Sud-Est	80°	139°	Falling
			Toppling
Sud-Ovest	80°	245°	Falling
			Sliding (planar failure)
			Sliding (wedge failure)
			Toppling
Nord-Ovest	80°	310°	Falling
			Sliding (planar failure)
			Sliding (wedge failure)
			Toppling
			Falling

Figura 12. Orientazione dei principali fronti della Rocca e cinematismi possibili

tazioni delle famiglie individuate nel modello geomeccanico con quelle dei singoli fronti della rupe. In Fig. 12 sono, altresì, indicati i possibili cinematismi nei singoli fronti.

Alcuni dei blocchi in equilibrio instabile per i cinematismi sopra indicati sono visibili nelle Figg. 13, 14, 15 e 16 (Cafiso F., 2007).

In conclusione, in corrispondenza di tutti i fronti della Rocca risultano cinematicamente e, sotto particolari condizioni di carico, anche meccanicamente possibili, fenomeni di instabili-

tà di blocchi lapidei soggetti a sliding, toppling e falling per mancanza del piede alla base. La condizione meccanica si verifica per incremento delle forze squilibranti (sliding, falling) o dei loro momenti rispetto all’asse istantaneo di rotazione (toppling) causato dal sisma o dalla spinta idraulica esercitata dal materiale pelitico di riempimento delle discontinuità saturatosi a seguito di precipitazioni intense e continue, come risulta dagli ultimi crolli documentati. È stato, pertanto, confermato il livello di pericolosità P4 indicato nel P.A.I.

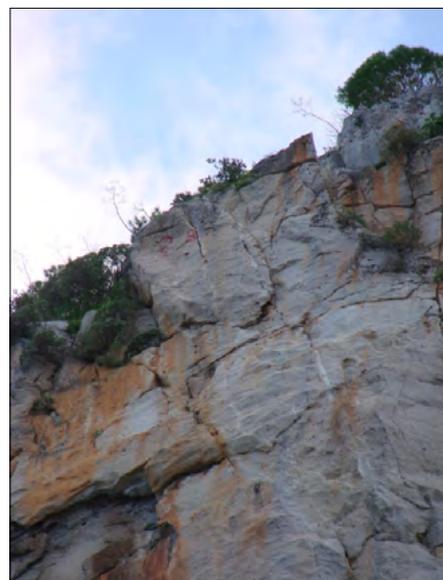
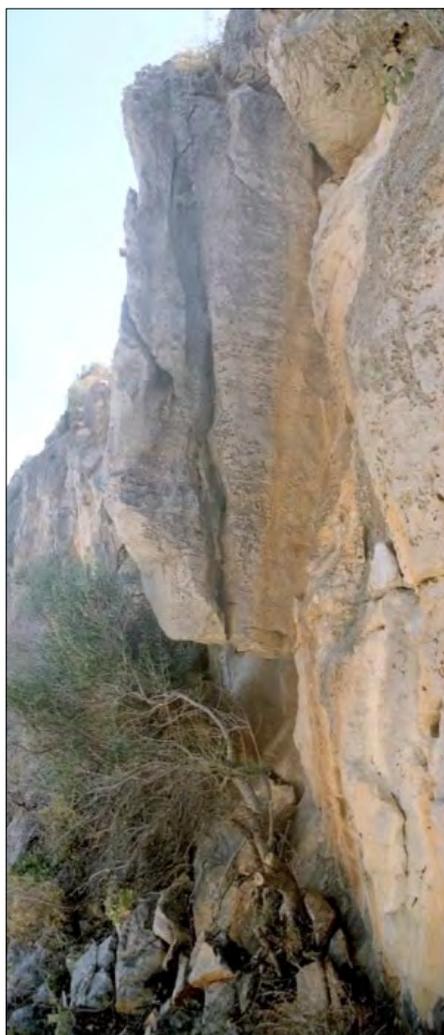


Figura 15. Esempio di ribaltamento (Cafiso, 2007)

Figura 16. Esempio di scivolamento (Cafiso, 2007)

stinguendo le caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche dei terreni in affioramento nel pendio ove si esplica il moto dei blocchi, al fine di effettuare una prima valutazione dei coefficienti di restituzione energetica da letteratura (Azzoni e De Freitas, 1995). Il modello di calcolo è stato, quindi, ottimizzato mediante back-analysis di due crolli

(2002, 2007) di cui si conoscono la nicchia di distacco, il percorso seguito e il punto di arresto. L'elaborazione è stata sviluppata simulando complessivamente 2.250 scendimenti, che si dipartono dalla cresta della Rocca (Fig. 17).

Si rileva che all'interno dell'area delimitata dalla linea azzurra a contorno, che individua la massima espansione dei

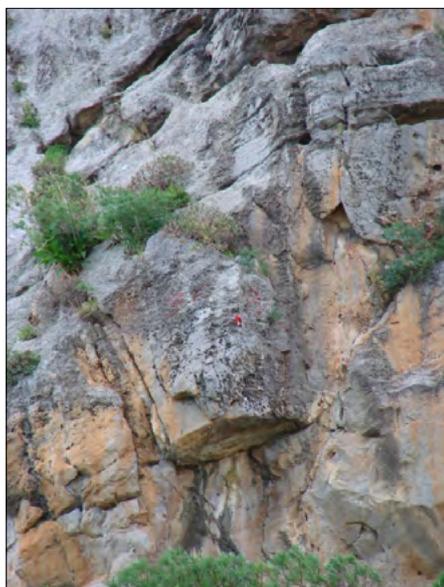


Figure 13 e 14. Esempi di crollo (Cafiso, 2007)

6.3 VULNERABILITÀ DEL CENTRO ABITATO NEI CONFRONTI DELLA CADUTA MASSI DELLA ROCCA

Per definire gli effetti di eventuali crolli di massi dalla Rocca sulle zone urbanizzate sottostanti è stato effettuato lo studio delle traiettorie dei blocchi mediante un codice di calcolo 3D che utilizza il modello "lumped mass". A tal fine è stato preliminarmente eseguito un rilievo geologico di superficie, di-



Figura 17. Traiettorie dei blocchi lapidei in caduta dalla Rocca e delimitazione dell'area vulnerabile presente a valle dei fronti rocciosi, in scala 1:5.000



Figura 18. Mappa del rischio di caduta massi della Rocca di Cefalù, in scala 1:5.000: si evidenzia con colorazione arancione il livello di rischio elevato R3 e con colorazione rossa il livello di rischio molto elevato R4

blocchi, ricadono l'intero centro storico di Cefalù con la Cattedrale normanna e gli altri monumenti medioevali e barocchi, nonché le zone di nuova espansione a Sud-Est con il cimitero e la strada di accesso al porto a Nord-Est.

6.4 RISCHIO IDROGEOLOGICO PER CADUTA MASSI DALLA ROCCA

Utilizzando i dati acquisiti sulla pericolosità della Rocca e sulla interferenza delle traiettorie dei blocchi con le zone urbanizzate a valle, è stata effettuata la mappatura del rischio di caduta massi (Fig. 18), che evidenzia i seguenti livelli di rischio:

- *elevato R3* per la via Candeloro, che si sviluppa alle pendici della parete Nord della Rocca, e *molto elevato R4* per le case ivi presenti;
- *elevato R3* per la via del Faro, che si snoda alla base del fronte Nord-Est della Rocca;
- *elevato R3* per il cimitero presente a valle del fronte Sud-Est della Rocca;
- *molto elevato R4* per la zona urbanizzata di Cefalù presente alla base del fronte Sud-Ovest della Rocca;
- *molto elevato R4* per il tratto del centro storico di Cefalù, con la Cattedrale, che insiste al piede del versante Nord-Ovest della Rocca.

Dal confronto tra le carte del rischio di Fig. 11 e di Fig. 18, emerge che le aree a rischio di caduta massi dalla Rocca risultano più ampie di quelle indicate nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), ed in particolare:

- in corrispondenza del fronte Sud-Est gran parte del cimitero ricade in un'area a rischio *elevato R3* non indicata nel P.A.I.;
- in corrispondenza dei fronti Sud-Ovest e Nord-Ovest l'area a rischio *molto elevato R4* risulta più ampia e costeggia il Corso Ruggero, strada principale di Cefalù.

7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Negli anni Sessanta del secolo scorso sono stati realizzati interventi di mitigazione del rischio di caduta massi di tipo passivo, costituiti da barriere paramassi rigide interposte tra la Rocca e il centro storico.

Dagli anni Novanta sino alla data attuale si è proceduto con interventi di tipo misto comprendenti, cioè, barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia (M.E.L. = 2.000 kJ) e interventi di consolidamento in parete. Questi ultimi sono di carattere esteso, in corrispondenza della fascia sommitale della Rocca, ove la roccia si presenta più fratturata (Fig. 19), ma anche puntuale, in quanto riguardano singoli blocchi lapidei in equilibrio instabile (Fig. 20).



Figura 19. Intervento di consolidamento di carattere esteso della fascia sommitale della Rocca con pannelli di funi (Cafiso, 2007)

La strategia di intervento individua le opere di difesa passiva efficaci nei confronti della mitigazione del rischio di crollo determinata dai numerosissimi blocchi in equilibrio instabile di dimensioni in generale inferiori a circa 3 m³ che, infatti, in caso di crollo verranno arrestati dalle barriere ad elevato assorbimento di energia.

Quelli di volumetria maggiore in equilibrio instabile, in numero decisamente minore, vengono stabilizzati con imbracature e/o placcaggi. La fascia superiore della Rocca va consolidata con pannelli di funi al fine di garantire le condizioni di sicurezza delle maestranze impegnate nei sottostanti interventi di consolidamento dei grossi blocchi. Allo stato attuale sono stati realizzati



Figura 20. Pannelli di funi in acciaio zincato con diametro di 8 mm armati con funi di maggiore diametro (Cafiso, 2007)

interventi in corrispondenza dei fronti Sud-Ovest e Nord-Ovest (Cafiso F., 1996÷1998, 2007), mentre sono in corso nei fronti Nord e Nord-est. Le conclusioni del presente studio hanno come finalità quella di attivare ulteriori interventi, finora non previsti, in corrispondenza del fronte Sud-Est.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente lavoro è stato sviluppato al fine di individuare le effettive condizioni di rischio per caduta massi per la cittadina di Cefalù. In particolare, è stato ricostruito il modello geomeccanico dell'ammasso roccioso, mediante cui sono state accertate condizioni di pericolosità molto elevata per la Rocca, in cui sono presenti numerosi blocchi per i quali risultano cinematicamente e meccanicamente possibili fenomeni di sliding, toppling e falling. Sono state, quindi, studiate le possibili interferenze tra i massi eventualmente crollati dalla Rupe e la zona urbanizzata esposta che, di fatto, è distribuita intorno all'intero perimetro della Rocca. Infine, coniugando la pericolosità della Rocca, "sorgente" di crolli, e la vulnerabilità della zona urbanizzata potenziale "bersaglio", è stata effettuata la mappatura delle aree a rischio, che sono più estese di quelle indicate nel vigente P.A.I. Il risultato è particolarmente significativo, in quanto ottenuto con uno studio di dettaglio basato sui risultati di ispezioni dirette in parete con metodi di progressione su corda, rilievi con sistema SRFA, analisi probabilistica delle traiettorie con modello 3D tarato effettuando back-analysis di due crolli di cui sono note le caratteristiche cinematiche. Di conseguenza, si propone un aggiornamento della carta di rischio idrogeologico del

Progetto P.A.I., nel rispetto delle sue linee guida che ne evidenziano l'aspetto dinamico nella sua rimodulazione sulla base di studi di dettaglio. In particolare, si segnalano le condizioni di rischio molto elevato per la periferia Sud-Est di Cefalù, non considerate nel P.A.I. e, quindi, la necessità di interventi di mitigazione quali quelli già realizzati o in corso in corrispondenza degli altri fronti della Rocca.

BIBLIOGRAFIA

- AZZONI A., DE FREITAS M.H. (1995), *Experimentally gained parameters, decisive for rockfall analysis*. Rock Mechanics and Rock Engineering 28 (2), cit., pp. 111÷124.
- CAFISO F. (1996÷1998), *Progetto Esecutivo degli interventi per il consolidamento dell'elipporto e del costone roccioso sovrastante l'abitato di Cefalù*, Palermo.
- CAFISO F. (2007), *Progetto Esecutivo degli interventi di Mitigazione del rischio idrogeologico della Rocca di Cefalù*, Palermo.
- DI MAGGIO C., MADONIA G., VATTANO M., AGNESI V., MONTELEONE S. (2017), *Geo-morphological evolution of western Sicily, Italy*, Geologica Carpathica, 68(1), cit., pagg. 80÷93.
- GRASSO M, LENTINI. F. & VEZZANI L. (1978), *Lineamenti stratigrafico-strutturali delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*, Geol. Romana, vol. 17, cit., pagg. 45-69, 1 Tab, 1 carta geol, ft, Roma.
- INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS (ISRM) (1978) *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 15, cit., pagg. 319÷368.
- ISPRA (2012) *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 597 Cefalù - 610 Castelbuono*, Servizio Geologico d'Italia, Regione Siciliana.
- REGIONE SICILIANA, DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE, "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO" (2014), *Carta della pericolosità e del rischio idrogeologico P.A.I.*



ALBO DEI VINCITORI DEL PREMIO “AVUS 6 APRILE 2009”

EDIZIONE	VINCITORI
2014	Rocco Morrone e Flavio Savorelli
2015	Francesca Pallone
2016	Tatiana Ioppolo
2017	Vincenzo d’Oriano e Marco Zanini
2018	Ilaria Capanna
2019	Giulia De Cunto
2020	Cristina Orlandi
2021	Giulia Chiussi



AVUS 6 Aprile 2009 ONLUS (Associazione Vittime Universitarie Sisma 6 aprile 2009)
Via Maragona 13 65029 Torre dei Passeri (PE)

Umberto Braccili

Nicola Bianchi

Daniela Bortoletti

Tonino Colonna

Martina Benedetta Di Battista

Gabriele Di Silvestre

Carmelina Iovine

Ivana Lannutti

Maurizio Natale

Sara Persichitti

Michele Strazzella

Enza Terzini

Maria Urbano

Roberta Zavarella

MACERIE dentro e fuori

**interviste ai genitori
degli universitari vittime
a L'Aquila**

**Associazione A.V.U.S.
6 Aprile 2009**

*Nicola Bianchi
Daniela Bortoletti
Tonino Colonna
Martina Benedetta Di Battista
Gabriele Di Silvestre
Carmelina Iovine
Ivana Lannutti*

"Le domande che meritavano risposta erano: siamo in una zona con alta densità abitativa, 70mila persone? Il patrimonio edilizio analizzato anche da studi ha delle pecche come scritto nei rapporti "Abruzzo engineering" e "Barbari"? Perché questa ripetizione continua di scosse? Perché L'Aquila è zona sismica? La storia lo dimostra? Ogni 300 anni accade o no un terremoto devastante? Rimischi i quesiti, approfondisco gli argomenti e cerco di dare una risposta. Potavano solo dire che esisteva una percentuale di rischio magari bassa, più ognuno avrebbe agito secondo coscienza e convenienza. In purtroppo non ho avuto sentore di quello che poteva succedere. Se ne avessi preso coscienza, potevo salvare mia figlia. La responsabilità è di chi stava monitorando la situazione. Hanno detto che erano scosse benefiche... hanno sbagliato".

ANGELO

"L'associazione vittime universitarie sisma 6 aprile 2009" vuole con questa pubblicazione intervenire nel dibattito intorno al terremoto del sei aprile 2009 che troppo velocemente ha dimenticato le vittime e ha oscurato le cause e le responsabilità di un dramma che i familiari pagheranno per tutta la vita. Il ricavato di questo libro sarà utilizzato per la battaglia legale e per un progetto che prevede l'istituzione di borse di studio per studenti universitari meritevoli.

il presidente A.V.U.S. SERGIO BIANCHI

*Maurizio Natale
Sara Persichitti
Michele Strazzella
Enza Terzini
Maria Urbano
Roberta Zavarella*

La **SIGEA - Società Italiana di Geologia Ambientale - APS** si occupa dello studio e della diffusione della geologia ambientale, materia che può essere definita come “applicazione delle informazioni geologiche alla soluzione dei problemi ambientali”. È un’associazione scientifica e culturale senza fini di lucro, riconosciuta come “associazione di protezione ambientale a carattere nazionale” con decreto ministeriale del 24 maggio 2007 ai sensi dell’art. 13 della legge 8 luglio 1986, n. 349.

Ha sottoscritto un protocollo d’intesa con l’Arma dei Carabinieri, il 20/12/2017, per la collaborazione a svolgere attività di monitoraggio al fine di segnalare criticità in materia di dissesto idrogeologico e di impatto ambientale. Agisce per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell’uomo, nella salvaguardia della qualità dell’ambiente naturale e antropizzato e nell’utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse. È aperta a tutte le persone e gli Enti (persone giuridiche) che hanno interesse alla migliore conoscenza e tutela dell’ambiente.

La SIGEA - APS

- **Favorisce** il progresso, la valorizzazione e la diffusione della geologia ambientale con l’organizzazione di eventi in ambito nazionale e locale mediante corsi, convegni, escursioni di studio, interventi sui mezzi di comunicazione.
 - **Promuove** il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive e applicative rivolte alla conoscenza e tutela ambientale; per questo scopo ha costituito le **Aree tematiche** “Patrimonio geologico”, “Dissesto idrogeologico”, “Geoarcheologia”, “Educazione ambientale”, “Caratterizzazione e bonifica dei siti inquinati”, “Protezione civile”, “Aree protette”.
 - **Opera** sull’intero territorio nazionale nei settori dell’educazione e divulgazione scientifica, della formazione professionale, della ricerca applicata, della protezione civile, occupandosi di varie tematiche ambientali, quali previsione, prevenzione e riduzione dei rischi geologici, bonifica siti contaminati, studi d’impatto ambientale, tutela delle risorse geologiche e del patrimonio geologico, geologia urbana, pianificazione territoriale, pianificazione del paesaggio, geoarcheologia, e in altri settori. Opera in ambito locale con i gruppi e le Sezioni regionali.
 - **Informa** attraverso il periodico trimestrale “Geologia dell’Ambiente”, che approfondisce e diffonde argomenti di carattere tecnico-scientifico su tematiche geoambientali di rilevanza nazionale e internazionale. La rivista è distribuita ai soci e a Enti pubblici e privati. L’informazione e la comunicazione avviene anche attraverso il sito web, la newsletter e la pagina facebook.
 - **Interviene** sui mezzi di comunicazione attraverso propri comunicati stampa affrontando problemi attuali che coinvolgono le componenti ambientali.
 - **Collabora con gli Ordini professionali, con il mondo universitario e con altre Associazioni** sulle tematiche riguardanti l’educazione, l’informazione e la formazione. In particolare coopera con CATAP (Coordinamento delle associazioni tecnico-scientifiche per l’ambiente e il paesaggio) cui SIGEA - APS aderisce, Associazione Idrotecnica Italiana, Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali, Italia Nostra, Legambiente, WWF, ProGEO (International Association for Geological Heritage), Alta Scuola, Società Geografica Italiana, Società Geologica Italiana, Accademia Kronos, ecc.
 - **Collabora anche a livello internazionale**, in particolare con ProGEO, con la quale ha organizzato nel maggio del 1996 a Roma il 2° Symposium internazionale sui geositi e nel settembre 2012 a Bari il 7° Symposium sullo stesso argomento. Inoltre è attiva per svolgere studi, ricerche, censimenti e valorizzazione del patrimonio geologico.
-

I soci SIGEA - APS

- Ricevono la rivista trimestrale “Geologia dell’Ambiente” in formato cartaceo o digitale e altre eventuali pubblicazioni dell’Associazione.
- Ricevono mediante newsletter informazioni sulle attività della SIGEA - APS e di altre Associazioni.
- Ricevono gratuitamente, a seconda della disponibilità e in formato pdf, numeri arretrati della rivista e gli atti di convegni organizzati dalla SIGEA - APS. L’elenco dei numeri della rivista e dei suoi supplementi con i relativi articoli si trovano nel sito web.
- Partecipano ai convegni, ai corsi e altre iniziative a pagamento organizzati dall’Associazione, con lo sconto applicato ai soci.
- Disponibilità per candidature, in rappresentanza di SIGEA - APS, in Comitati e Commissioni di studio presso Enti pubblici nazionali e locali.
- Disporre di condizioni vantaggiose per l’acquisto dei volumi della “Collana SIGEA di Geologia Ambientale” (sconto del 30% sul prezzo di copertina) dell’Editore Dario Flaccovio di Palermo.

Volumi pubblicati: 1. *Difesa del territorio e ingegneria naturalistica*; 2. *Ambiente urbano. Introduzione all’ecologia urbana*; 3. *Le cave. Recupero e pianificazione ambientale*; 4. *Geotermia. Nuove frontiere delle energie rinnovabili*; 5. *Geologia e geotecnica stradale. I materiali e la loro caratterizzazione*; 6. *Contratti di fiume. Pianificazione strategica e partecipata dei bacini idrografici*; 7. *Le unità di paesaggio. Analisi geomorfologica per la pianificazione territoriale e urbanistica*; 8. *Difesa delle coste e ingegneria naturalistica. Manuale di ripristino degli habitat lagunari, dunari, litoranei e marini*; 9. *Il paesaggio nella pianificazione territoriale. Ricerche, esperienze e linee guida per il controllo delle trasformazioni*; 10. *Il dissesto idrogeologico. Previsione, prevenzione e mitigazione del rischio*; 11. *Calamità naturali e coperture assicurative*.
