



MISCELLANEA INGV

Progetto “Sale Operative Integrate e Reti di monitoraggio del futuro: l’INGV 2.0”.
Report finale



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA.

57



Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (luigi.cucci@ingv.it)
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)
Mario CASTELLANO (mario.castellano@ingv.it)
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)
Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)
Milena MORETTI (milena.moretti@ingv.it)
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)
Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)
Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Redazione e Produzione editoriale

Francesca DI STEFANO - Coordinatore
Rossella CELI
Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Patrizia PANTANI
Tel. +39 06 51860068
redazione@ingv.it

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale
di Geofisica e Vulcanologia
Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

MISCELLANEA INGV

Progetto “Sale Operative Integrate e Reti di monitoraggio del futuro: l’INGV 2.0”. Report finale

Editors: Lucia Margheriti¹, Francesca Cirillo², Francesco Guglielmino³, Milena Moretti¹

¹INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

²INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

³INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo

Accettato 6 ottobre 2020 | Accepted 6th October 2020

Come citare | *How to cite* AA. VV., (2020). Progetto “Sale Operative Integrate e Reti di monitoraggio del futuro: l’INGV 2.0”. Report finale.

Editors: L. Margheriti, F. Cirillo, F. Guglielmino, M. Moretti. Misc. INGV, 57: 1-186, <https://doi.org/10.13127/misc/57>

In copertina Le Sale Operative INGV di Roma, Catania e Napoli | Cover INGV Operating Rooms in Rome, Catania and Naples

INDICE

Introduzione	9
<i>Introduction</i>	10
WPO GOVERNANCE	11
Il progetto “Sale Operative Integrate e Rete di monitoraggio futuro”: organizzazione e gestione	15
Lucia Margheriti, Salvatore Stramondo, Francesca Bianco, Eugenio Privitera, Stefano Branca, Milena Moretti, Sofia Mariano, Ulisse Eleonora, Daniela Fucilla, Mario Caprio, Antonio Bianchi, Simona Mennella https://doi.org/10.13127/misc/57/1	
WP1 SALE OPERATIVE INTEGRATE	21
<i>Cloud multiregion INGV: la Sala Operativa Virtuale</i>	25
Alex Barchiesi, Aldo Benincasa, Ivano Carluccio, Alberto Colla, Marcello D'Agostino, Emiliano Della Bina, Alessandro Di Filippo, Massimo Fares, Pietro Ficeli, Placido Montalto, Stefano Pintore, Fabrizio Pistagna, Michele Prestifilippo, Giovanni Scarpato, Gianpaolo Sensale, Mario Torrisi, Orazio Torrisi, Francesco Zanolin https://doi.org/10.13127/misc/57/2	
Il sistema di videoconferenza tra Sale Operative	30
Michele Prestifilippo, Francesco Zanolin, Giovanni Scarpato, Rosario Peluso, Placido Montalto, Lucia Margheriti https://doi.org/10.13127/misc/57/3	
Un nuovo sviluppo <i>open source</i> per un moderno sistema di monitoraggio sismico basato su <i>Earthworm</i>	33
Andrea Bono, Matteo Quintiliani, Valentino Lauciani https://doi.org/10.13127/misc/57/4	
Lo sviluppo dei nuovi sistemi integrati di Sala, il sistema WESSEL ed i suoi simbiotici	37
Rosario Peluso, Aldo Benincasa, Francesca Cirillo, Alessandro Di Filippo, Giovanni Scarpato https://doi.org/10.13127/misc/57/5	
Manualistica di riferimento per la Sala di Monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano: Procedure Operative per i Comunicati e Utilizzo del nuovo <i>Software</i> WESSEL	41
Francesca Cirillo, Rosario Peluso https://doi.org/10.13127/misc/57/6	
Il <i>database</i> sismico SERENADE: un sistema REST per la gestione delle localizzazioni sismiche	46
Rosario Peluso https://doi.org/10.13127/misc/57/7	

INGV SwiftApp: Un caso d'uso di Object Storage	49
Fabrizio Pistagna, Mario Torrisi, Michele Prestifilippo, Placido Montalto, Marcello D'Agostino https://doi.org/10.13127/misc/57/8	
WP2 RETE MULTIPARAMETRICA	55
Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti	59
Sandro Rao, Salvatore Claudio Alparone, Valentina Cannelli, Ezio D'Alema, Antonino D'Alessandro, Sergio Di Prima, Marco Massa, Milena Moretti, Massimo Orazi, Antonio Piersanti, Grazia Pietrantonio https://doi.org/10.13127/misc/57/9	
La rete multiparametrica dell'Osservatorio Nazionale Terremoti	64
Sandro Rao, Christian Bignami, Valentina Cannelli, Adriano Cavaliere, Ezio D'Alema, Antonino D'Alessandro, Roberto D'Anna, Alberto Delladio, Fabio Di Gangi, Stefano Farroni, Gianfranco Galli, Lucian Giovani, Mirko Iannarelli, Leonardo Martelli, Marco Massa, Angelo Massucci, Milena Moretti, Debora Pantaleo, Giuseppe Passafiume, Massimo Perfetti, Ulderico Piccolini, Antonio Piersanti, Grazia Pietrantonio, Leonardo Salvaterra, Salvatore Scudero, Stefano Speciale, Giovanni Vitale https://doi.org/10.13127/misc/57/10	
La rete di monitoraggio geodetico	69
Grazia Pietrantonio, Antonio Avallone, Adriano Cavaliere, Gianpaolo Cecere, Nicola D'Agostino, Ciriaco D'Ambrosio, Roberto Devoti, Alessandra Esposito, Alessandro Galvani, Mirko Iannarelli, Leonardo Martelli, Angelo Massucci, Giulio Selvaggi, Vincenzo Sepe, Enrico Serpelloni https://doi.org/10.13127/misc/57/11	
La ridondanza di trasmissione di una stazione multiparametrica	73
Stefano Farroni, Leonardo Salvaterra, Sandro Rao https://doi.org/10.13127/misc/57/12	
Stazioni multiparametriche di competenza dell'Osservatorio Etno	76
Sergio Di Prima, Paolo Rossi, Salvatore Claudio Alparone https://doi.org/10.13127/misc/57/13	
Una stazione multiparametrica per il monitoraggio delle aree vulcaniche	81
Massimo Orazi, Francesco Liguoro, Lucia Nardone https://doi.org/10.13127/misc/57/14	
La rete di monitoraggio radon IRON all'interno del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro": integrazione con la Rete Sismica Nazionale	86
Valentina Cannelli, Gianfranco Galli, Sandro Rao, Stefano Farroni, Leonardo Salvaterra, Antonio Piersanti https://doi.org/10.13127/misc/57/15	

La rete di monitoraggio radon IRON: trasmissione dei dati su rete TCP/IP	91
Stefano Farroni, Catello Acerra, Gianfranco Galli, Leonardo Salvaterra, Sandro Rao, William Thorossian https://doi.org/10.13127/misc/57/16	
WP3 SVILUPPO DI PROCEDURE AUTOMATICHE PER L'INTEGRAZIONE NELLE SALE OPERATIVE DI MISURE, MODELLI PREDITTIVI E PRODOTTI DI RICERCA DELL'INGV	95
Sistema FLOWSAT per la caratterizzazione dei flussi lavici dallo spazio	99
Ciro Del Negro, Giuseppe Bilotta, Annalisa Cappello, Veronica Centorrino, Claudia Corradino, Gaetana Ganci https://doi.org/10.13127/misc/57/17	
Dati accelerometrici INGV in tempo reale: processamento automatico e verifica di qualità del dato	104
Marco Massa, Ezio D'Alema, Sandro Rao, Alfonso Giovanni Mandiello, Milena Moretti, Lucia Margheriti https://doi.org/10.13127/misc/57/18	
Uno strumento <i>software</i> per l'inversione rapida di dati di deformazione	109
Mahak Singh Chauhan, Flavio Cannavò https://doi.org/10.13127/misc/57/19	
Procedure automatiche per la rilevazione e la stima dei parametri delle nubi vulcaniche da satellite	114
Dario Stelitano, Stefano Corradini, Luca Merucci, Lorenzo Guerrieri https://doi.org/10.13127/misc/57/20	
Procedure per la stima della temperatura superficiale e generazione di mappe di colate durante eruzione da satellite	118
Malvina Silvestri https://doi.org/10.13127/misc/57/21	
Attività sui dati, metadati e prodotti per le stazioni GNSS in area Mediterranea	122
Sergio Bruni, Daniele Randazzo, Adriano Cavaliere, Antonio Avallone, Enrico Serpelloni, Roberto Devoti, Nicola D'Agostino, Grazia Pietrantonio, Federica Riguzzi, Gianpaolo Cecere, Ciriaco D'Ambrosio, Luigi Falco, Leonardo Martelli https://doi.org/10.13127/misc/57/22	
SISTEM - Integrazione dati SAR e GNSS dell'area etnea	127
Alessandro Bonforte, Francesco Guglielmino https://doi.org/10.13127/misc/57/23	
Mt. Etna SAR - Il WEB-GIS interferometrico dell'area etnea	131
Carmelo Cassisi, Francesco Guglielmino https://doi.org/10.13127/misc/57/24	

Utilizzo preliminare del <i>failure forecast method</i> sui dati GPS di spostamento orizzontale registrati nella caldera dei Campi Flegrei dal 2011 al 2020	135
Andrea Bevilacqua, Abani Patra, E. Bruce Pitman, Marcus Bursik, Prospero De Martino, Flora Giudicepietro, Giovanni Macedonio, Stefano Vitale, Franco Flandoli, Barry Voight, Augusto Neri https://doi.org/10.13127/misc/57/25	
WP4 FORMAZIONE DEL PERSONALE DELLE SALE OPERATIVE	141
La formazione del Personale delle Sale Operative INGV	145
Ornella Cocina, Concetta Nostro, Mario Castellano, Pietro Bonfanti, Rosa Anna Corsaro, Massimo Crescimbene, Walter De Cesare, Domenico Di Mauro, Federica La Longa, Anna Nardi, Luca Pizzino, Patrizia Ricciolino https://doi.org/10.13127/misc/57/26	
La formazione del Personale della Sala di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami di Roma	150
Concetta Nostro, Anna Nardi, Luca Pizzino, Lucia Margheriti, Alessio Piatanesi, Laura Graziani, Fabrizio Romano, Francesco M. Mele, Anna Maria Lombardi, Daniele Cheloni, Paola Baccheschi https://doi.org/10.13127/misc/57/27	
La formazione del Reperibile informatico per i sistemi di Analisi Dati della Sala Operativa di Roma	156
Matteo Quintiliani, Stefano Pintore, Valentino Lauciani, Andrea Bono, Fabrizio Bernardi, Francesco Mele, Lucia Margheriti https://doi.org/10.13127/misc/57/28	
La condivisione di esperienza e conoscenza nel percorso formativo dei Turnisti dell'Osservatorio Etneo	161
Pietro Bonfanti, Ornella Cocina, Rosa Anna Corsaro https://doi.org/10.13127/misc/57/29	
Cambiamenti tecnologici e fattore umano: specifiche necessità degli Operatori di Sala	166
Gala Avvisati, Francesca Cirillo https://doi.org/10.13127/misc/57/30	
WP5 COMUNICAZIONE DEI PRODOTTI DELLE SALE AL PUBBLICO	171
Progettazione e realizzazione di una nuova interfaccia di comunicazione per i <i>blog</i> INGVterremoti, INGVvulcani e INGVambiente	175
Maurizio Pignone, Lili Cafarella, Maddalena De Lucia, Concetta Nostro, Emanuele Casarotti, Marco Neri, Boris Behncke, Domenico Di Mauro, Barbara Angioni, Vincenzo Arena https://doi.org/10.13127/misc/57/31	
Raccontare le Sale Operative dell'INGV attraverso infografiche	179
Micol Todesco, Maddalena De Lucia, Vincenza Maiolino, Marco Neri, Concetta Nostro https://doi.org/10.13127/misc/57/32	

Introduzione

Il progetto “Sale Operative Integrate e Rete di monitoraggio futuro” (indicato nel volume come “S.O.I.R. monitoraggio futuro”) è finalizzato alla integrazione del sistema di monitoraggio sismico, vulcanico e di allerta tsunami che all'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Centro di Competenza del Sistema Nazionale di Protezione Civile, viene svolto presso le Sale Operative dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) di Roma, dell'Osservatorio Vesuviano (OV) di Napoli e dell'Osservatorio Etneo (OE) di Catania.

Il progetto, finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) attraverso il Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca (FISR) con un co-finanziamento INGV, è stato approvato alla fine del 2017 ricevendo diverse proroghe, l'ultima delle quali, a causa dell'emergenza sanitaria COVID-19, ha portato la sua durata fino al 31 dicembre dello stesso 2020.

In questi anni, una migliore integrazione tra le tre Sale Operative di Roma, di Napoli e di Catania è stato indubbiamente il risultato più ambizioso perseguito e raggiunto dal progetto; numerosi altri obiettivi tecnici e scientifici hanno coinvolto, tecnici, tecnologi, ricercatori e personale amministrativo di tutte le sezioni dell'INGV.

A tutti i partecipanti al progetto va il più sentito ringraziamento per l'impegno e l'interesse mostrato, per la professionalità e serietà che hanno consentito, nonostante i tanti imprevisti, di portare a termine molti degli obiettivi prefissati.

Un sincero grazie anche al Presidente INGV Prof. Carlo Doglioni e alla Dott.ssa Maria Siclari, Direttrice Generale dell'INGV, che ci ha sostenuti sin dall'inizio di questo viaggio e che il 15 giugno 2020 ha lasciato l'INGV per ricoprire il prestigioso incarico di Vice Capo del Dipartimento della Protezione Civile.

L'idea di questa Miscellanea nasce a gennaio 2020 prima che l'emergenza sanitaria COVID-19, diventasse una pandemia mondiale, stravolgendo le dinamiche personali e lavorative di tutti noi. A giugno 2020 era previsto il *meeting* finale del progetto che non potendo essere svolto, fa diventare questo Miscellanea ancora più significativo. Questo volume sostituisce di fatto la riunione finale che ci avrebbe consentito la presentazione e la condivisione di tutti i risultati raggiunti.

Ci teniamo quindi a ringraziare gli autori e i revisori che hanno contribuito al presente volume. In ultimo, ma non in ordine di importanza, desideriamo esprimere la nostra gratitudine ai colleghi della Redazione CEN, che hanno dimostrato grande professionalità, passione e pazienza, consentendoci di pubblicare il report nei tempi previsti.

Lucia Margheriti, Francesca Cirillo, Francesco Guglielmino and Milena Moretti

Introduction

The project “Sale Operative Integrate e Rete di monitoraggio futuro” (Integrated Control Rooms and Future Monitoring Network, “S.O.I.R. future monitoring”) is aimed at integrating the seismic, volcanic and tsunami monitoring systems. The Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (National Institute of Geophysics and Volcanology INGV), is Center of Competence for the National Civil Protection System, and carries out these services in three Control rooms: one at the Osservatorio Nazionale Terremoti (National Earthquake Observatory - ONT) in Rome, the second at the Osservatorio Vesuviano (Vesuvian Observatory - OV) in Naples and the third at the Osservatorio Etneo (Etna Observatory - OE) in Catania.

The project, financed by the Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (Ministry of Education, University and Research -MIUR) through the Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca (Special Integrative Fund for Research - FISR) was approved at the end of 2017 and received several extensions. The final deadline of the project is now fixed at 31st December 2020, the last 10 months of the project suffer from the COVID-19 health emergency.

Undoubtedly, achieving a better integration between the three operating rooms in Rome, Naples and Catania was the most ambitious goal pursued and by the project, but numerous other technical and scientific objectives had been addressed thanks to all the participants to the working packages and tasks of the project. The project was organized in six working packages (WP), briefly described in the following

Thanks to the technicians, technologists, researchers and administrative staff participating in the project, their commitment allowed, despite many unforeseen events, to achieve many of the goals.

A sincere thanks to the INGV President Prof. Carlo Doglioni and to Dr. Maria Siclari, Director General of the INGV, who supported us since the beginning of this journey and who left the INGV on 15 June 2020 to fill the prestigious position of Deputy Head of the Department of Civil Protection.

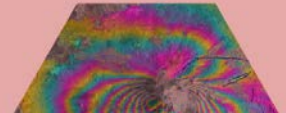
The idea of this Miscellaneous was born before the awareness that the COVID-19 health emergency would become a global pandemic. The final meeting of the project was planned to be held in June 2020 but unfortunately it was impossible to realize, consequently this Miscellaneous replaced the meeting and gathered most of the results achieved by the project.

We would therefore like to thank the authors and reviewers involved in the drafting of this volume. Last but not least, we wish to express our gratitude to the CEN Editorial staff, their professionalism, passion and patience, allowed us to publish the report on schedule.

Lucia Margheriti, Francesca Cirillo, Francesco Guglielmino and Milena Moretti

WPO - GOVERNANCE

RETE
IPARAMETRICA



Il progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro” è stato pensato per migliorare l’integrazione del sistema di monitoraggio sismico, vulcanico e di allerta tsunami che viene svolto presso diverse sedi dell’INGV dislocate sul territorio nazionale. Il progetto si prefiggeva l’obiettivo di rendere operative alcune delle decisioni prese nell’ambito del Tavolo Tecnico “Sale Operative” istituito il 20 giugno 2017 (Decreto del Presidente INGV n. 295/2017).

La principale attività del WPO *Governance* è stata quella di garantire il coordinamento delle diverse tematiche, la definizione dei responsabili, la distribuzione dei fondi nelle Sezioni dell’INGV. Inoltre si è occupato di individuare i profili dei contratti a tempo determinato e seguire l’espletamento dei bandi di concorso, di coordinare gli acquisti, e di mettere insieme la rendicontazione tecnico-scientifica ed economica annualmente.

Durante gli anni del progetto 2018-2020, sono stati organizzati diversi incontri di confronto e verifica delle attività in corso di svolgimento.

Hanno fatto parte della *Governance* di questo progetto, oltre alla sottoscritta nella veste di responsabile, il Direttore dell’Osservatorio Nazionale Terremoti, Salvatore Stramondo, la Direttrice dell’Osservatorio Vesuviano, Francesca Bianco, il Direttore dell’Osservatorio Etneo, Eugenio Privitera prima e poi Stefano Branca, Sofia Mariano come responsabile del Centro Servizi Progetti di Ricerca e Sviluppo, e il personale amministrativo dell’Amministrazione centrale INGV delle segreterie di Sezione.

Lucia Margheriti

The main purpose of WPO Governance was to ensure the coordination of activities: organization of activities and definition of responsibilities, distribution of funds to the different offices, identification of the profiles of fixed-term contracts and completion of calls for tenders, coordination of purchases, annual technical-scientific and economic reporting.

During the years of the project 2018-2020, several meetings were organized to compare and verify all the activities in progress.

In the Governance of this project the P.I. was Lucia Margheriti, she was helped by Sofia Mariano, responsible of the Projects office at INGV together with the Directors of the Observatories ONT, OV and OE: Salvatore Stramondo, Francesca Bianco and Eugenio Privitera (2017-2019) Stefano Branca (2019-2020). Activities were carried on with the help of the administration staff of the different INGV offices.

Lucia Margheriti

Il progetto “Sale Operative Integrate e Rete di monitoraggio futuro”: organizzazione e gestione

Lucia Margheriti¹, Salvatore Stramondo¹, Francesca Bianco², Eugenio Privitera³, Stefano Branca³, Moretti Milena¹, Mariano Sofia⁴, Ulisse Eleonora⁴, Fucilla Daniela³, Mario Caprio⁴, Antonio Bianchi³, Simona Mennella⁴

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Amministrazione Centrale, Italia

Autore corrispondente: lucia.margheriti@ingv.it

Introduzione

Il progetto “Sale Operative Integrate e Rete di monitoraggio futuro” (da ora indicato come “S.O.I.R. monitoraggio futuro”) è finalizzato alla integrazione del sistema di monitoraggio sismico, vulcanico e di allerta tsunami che all’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) viene svolto presso diverse sedi dislocate sul territorio nazionale. L’integrazione tra le Sale Operative dell’Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) di Roma, dell’Osservatorio Vesuviano (OV) di Napoli e dell’Osservatorio Etneo (OE) di Catania, unitamente allo sviluppo armonico delle reti di monitoraggio sismico, accelerometrico, geodetico e geochimico e all’ingegnerizzazione di procedure automatiche per la visualizzazione nelle Sale Operative di dati nuovi e di modelli geodetici, geochimici, sismologici, geomagnetici, marini sono la base per migliorare i servizi e le conoscenze dei fenomeni sismici, vulcanici e ambientali che interessano il territorio italiano.

Il progetto, approvato nel dicembre 2017, è finanziato dal Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (MIUR) attraverso il Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca (FISR) con 2.800.000 euro e un co-finanziamento INGV di 560.000 euro. La responsabile del Progetto è stata nominata con Decreto del Presidente INGV¹. Le attività sono state intraprese a valle dell’accettazione della rimodulazione, avvenuta nel maggio 2018, con la Delibera CIPE 78/2017 (la richiesta iniziale dei fondi al MIUR era di 4.000.000 euro).

Organizzazione tecnico-scientifica

Il progetto è stato organizzato in 5 *Work Packages* (WP) più uno di *Governance* (WPO) (Figura 1). Ognuno ha un responsabile delle attività finalizzate al raggiungimento dei seguenti obiettivi scientifici e tecnologici:

WP1: per implementazione di un sistema di integrazione e interoperabilità delle Sale Operative per la sorveglianza sismica, di monitoraggio vulcanico e allerta tsunami dell’INGV;

WP2: per lo sviluppo di una rete di monitoraggio multiparametrica nazionale, con miglioramento tecnologico delle reti già esistenti, l’implementazione con sensori per la misura delle emissioni di radon e il test di sensoristica sperimentale;

WP3: per l’ingegnerizzazione di procedure automatiche per la visualizzazione di dati geodetici, geochimici, sismologici, geomagnetici, marini, relativi a ceneri e magma;

WP4: per la formazione e informazione del Personale Turnista;

¹http://editoria.rm.ingv.it/Documentazione_ProgettoFISRSOIR/DOCUMENTAZIONE/2018_NominaResponsabileProgetto.pdf

WP5: per l'implementazione armonica delle attività di comunicazione delle Sale Operative verso il DPC e verso il pubblico non specializzato.

Il piano esecutivo del progetto è stato definito nel maggio 2018 e ha subito previsto una estensione a 24 mesi dello stesso. Esso prevedeva l'acquisto di materiale per l'ammodernamento delle infrastrutture delle Sale Operative e l'assunzione di personale a tempo determinato (TD), specialmente mirato allo sviluppo informatico della interconnessione tra le Sale Operative e allo sviluppo tecnico della rete di monitoraggio a scala nazionale. Le attività relative a nuovi dati e nuovi modelli e prodotti da visualizzare nelle Sale Operative hanno portato a procedure che rendono disponibili importanti informazioni al servizio di sorveglianza sismica, vulcanica e di allerta tsunami.

Le attività di formazione turnisti hanno previsto lo svolgimento di corsi specifici coordinati tra i tre Osservatori. Inoltre, la pianificazione della informazione verso il pubblico dei prodotti delle sale ha previsto uno sviluppo comune dei *blog* INGVterremoti², INGVvulcani³, e INGVambiente⁴ e la realizzazione di infografiche che descrivono le sale operative.



Figura 1 Struttura organizzativa tecnico scientifica del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro".

Organizzazione amministrativa del progetto, personale coinvolto e tempi di realizzazione

Al progetto hanno lavorato circa 60 unità di personale INGV a tempo indeterminato (TI) e 44 a TD. Di queste, una decina di persone sono state assunte ex-novo per attività legate allo sviluppo informatico delle Sale Operative e per la manutenzione e il potenziamento delle reti sismiche, mentre per il resto si è trattato di personale già coinvolto in attività di potenziale interesse per lo sviluppo del monitoraggio. In "personale" è stato impegnato un totale di più di un milione di euro dei fondi MIUR. Nello specifico delle 44 posizioni finanziate dal progetto sono state: 14 presso l'ONT (circa 362.000 euro), 10 presso l'OE (circa 350.000 euro), 8 presso l'OV (circa

² <https://ingvterremoti.com/>

³ <https://ingvvulcani.com/>

⁴ <https://ingvambiente.com/>

280.000 euro), 6 presso la Sezione di Palermo (circa 43.000 euro), 2 presso la Sezione di Pisa (circa 40.000 euro), 2 presso la Sezione di Roma 2 (circa 32.000 euro), 1 presso la Sezione di Roma 1 (circa 11.000 euro), 1 presso la Sezione di Milano (circa 20.000 euro). Il cofinanziamento INGV è stato rendicontato come mesi persona del personale a TI che ha lavorato al progetto. I fondi del progetto sono stati stanziati nelle varie Sezioni INGV coinvolte costituendo per ognuna una Unità di Ricerca (UR) e assegnando loro un responsabile dei fondi⁵ (Figura 2). A causa della complessità di gestione del progetto, sono state richieste e concesse tre proroghe della iniziale scadenza:

1. maggio 2018 con Delibera CIPE 78/2017 con estensione al 30/11/2019.
2. febbraio 2019 è stata richiesta e approvata l'estensione al 30/06/2020.
3. maggio 2020 è stata fissata la scadenza definitiva a fine anno; attualmente la scadenza è fissata al 31 dicembre 2020. La documentazione è reperibile alla pagina dedicata⁶.

LISTA DELLE UNITA' DI RICERCA					
U.R.	Descrizione	Afferenza	Responsabile	Team	Totale
10	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - AC	Margheriti Lucia	0893.010	€ 1.127.983,00
11	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - CNT	Rao Sandro	0893.011	€ 496.896,00
12	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - OV	Scarpato Giovanni	0893.012	€ 428.735,00
13	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - CT	Montalto Placido Maria	0893.013	€ 437.686,00
14	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - RM1	<input checked="" type="checkbox"/> Piersanti Antonio	0893.014	€ 160.000,00
15	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - RM2	Di Mauro Domenico	0893.015	€ 50.000,00
16	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - PI	Esposti Ongaro Tomaso	0893.016	€ 20.000,00
17	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - BO	Todesco Micol	0893.017	€ 20.000,00
18	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - MI	Massa Marco	0893.018	€ 20.000,00
19	FISR 2017 : Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0	INGV - CNT	Margheriti Lucia	0893.019	€ 38.700,00

Figura 2 Tabella delle UR, una per ogni Sezione INGV coinvolta, con il relativo finanziamento assegnato. Fanno eccezione: l'ONT (ex CNT - Centro Nazionale Terremoti) dove è presente una UR legata alla Responsabile del progetto⁷ e la Sezione di Palermo che ha scelto di avere finanziamenti solo per il personale (estratto dal *database* dei progetti INGV "Magma").

Pertanto il progetto, originariamente avente durata annuale, è stato progressivamente esteso ad durata complessiva di 37 mesi. Ciò per consentire i tempi tecnici necessari allo sviluppo di tutte le attività previste: l'assunzione del personale dedicato, il coinvolgimento delle risorse umane che lavorano nelle Sale Operative, l'acquisto di beni necessari alla realizzazione delle nuove infrastrutture e quindi l'intervento logistico in varie sedi dell'INGV e presso le stazioni di monitoraggio delocalizzate in tutto il territorio nazionale. La formazione agli addetti ai compiti di monitoraggio delle Sale Operative viene somministrata a circa 300 unità di personale tra ricercatori, tecnologi e tecnici, non tutti direttamente coinvolti nel progetto. Va evidenziato che tutte le attività descritte richiedono tempi di realizzazione e di condivisione importanti in quanto le novità introdotte si devono innestare in un sistema di monitoraggio, sorveglianza ed allerta

⁵ http://editoria.rm.ingv.it/Documentazione_ProgettoFISR/SOIR/DOCUMENTAZIONE/2018_StrutturazioneFondiSezioni.pdf

⁶ http://editoria.rm.ingv.it/Documentazione_ProgettoFISR/SOIR/

⁷ http://editoria.rm.ingv.it/Documentazione_ProgettoFISR/SOIR/DOCUMENTAZIONE/2018_NominaResponsabileProgetto.pdf

che non può essere fermato o interrotto. A causa dell'emergenza sanitaria COVID-19, il progetto è stato ulteriormente prorogato a maggio 2020 fino al 31 dicembre 2020.

Attività di Governance: rendicontazione e riunioni

Nel marzo 2019 sono stati rendicontati i primi 13 mesi del progetto sia dal punto di vista tecnico scientifico che dal punto di vista economico. Nel marzo 2020 è stata quindi rendicontata l'attività svolta nel 2019 (Figura 3), mentre nel marzo 2021 si terrà la rendicontazione finale. Oltre alle spese per il personale TD dedicato e del personale INGV portato a cofinanziamento, circa un milione di euro sono stati spesi per irrobustire e migliorare le infrastrutture dell'INGV tra cui, in particolare, le Sale Operative e le reti di monitoraggio multiparametrico. Va sottolineato che i progetti FISR, dal punto di vista della rendicontazione, permettono un ammortamento del 100% delle spese per infrastrutture; gli altri capitoli di spesa hanno visto impegnate e spese cifre molto più basse.

I partecipanti ai vari WP sono stati inseriti in cinque mailing list:

WP1: firsor.wp1@ingv.it

WP2: firsor.wp2@ingv.it

WP3: firsor.wp3@ingv.it

WP4: firsor.wp4@ingv.it

WP5: firsor.wp5@ingv.it

Voci di spesa	Piano preventivo 2019	Piano preventivo 2020
Personale	1520000.00 €	1900000.00 €
Prestazioni di Terzi	55000.00 €	30000.00 €
Attrezzature	95000.00 €	5000.00 €
Infrastrutture	820000.00 €	1037000.00 €
Spese Generali	518000.00 €	118000.00 €
Altre Spese	352000.00 €	270000.00 €
TOTALE	3360000.00 €	3360000.00 €

Piano finanziario a 24 mesi					
Spesa/Semestre	Primo	Secondo	Terzo	Quarto	Totale
FISR	100000.00 €	1000000.00 €	1240000.00 €	460000.00 €	2800000.00 €
Propria	150000.00 €	130000.00 €	130000.00 €	150000.00 €	560000.00 €
Totale	250000.00 €	1130000.00 €	1370000.00 €	610000.00 €	3360000.00 €

Piano finanziario a 31 mesi						
Spesa/Periodo	Primo	Secondo	Terzo	Quarto	Quinto	Totale
FISR	100000.00 €	636634.00 €	800000.00 €	900000.00 €	363366.00 €	2800000.00 €
Propria	150000.00 €	180000.00 €	60000.00 €	100000.00 €	70000.00 €	560000.00 €
Totale	250000.00 €	816634.00 €	860000.00 €	1000000.00 €	433366.00 €	3360000.00 €

Piano finanziario a 37 mesi - 2020						
Spesa/Periodo	Primo	Secondo	Terzo	Quarto	Quinto (2020)	Totale
FISR	100000.00 €	636634.00 €	600000.00 €	782559.55 €	680806.45 €	2800000.00 €
Propria	150000.00 €	180000.00 €	60000.00 €	100000.00 €	70000.00 €	560000.00 €
Totale	250000.00 €	816634.00 €	660000.00 €	882559.55 €	750806.45 €	3360000.00 €

Figura 3 Tabelle della rendicontazione economica presentate a marzo 2020. Piano preventivo di spesa nei diversi capitoli fatto nel 2019 e poi aggiornato nel 2020; piano finanziario e sua ripartizione negli anni del progetto, come è stata modificato con la proroga prima a 31 mesi e poi a 37 mesi.

Sono state organizzate 5 riunioni generali del progetto per condividere lo stato di avanzamento delle attività relative ai vari obiettivi:

- 07/03/2018 per definire la rimodulazione del progetto
- 16 e 23/05/2018 per definire i progetti esecutivi
- 25 e 26/10/2018 per condividere lo stato di avanzamento delle attività
- 29 e 30/05/2019 per condividere lo stato di avanzamento delle attività
- 15 e 16 /01/2020 per presentare tutta l'attività svolta nel 2019

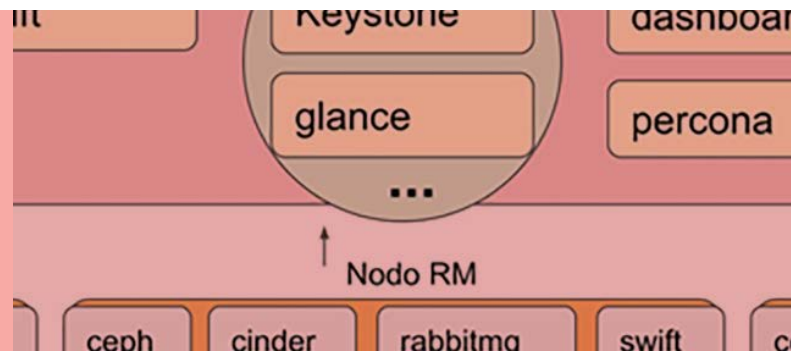
Il programma delle giornate e le presentazioni fatte sono disponibili alla pagina dedicata⁸.

Ringraziamenti

Grazie alla Direttrice Generale Dott.ssa Maria Siclari e al Presidente dell'INGV Prof. Carlo Doglioni; grazie ai tanti colleghi INGV che ricoprono diversi compiti in amministrazione centrale e nelle segreterie delle sezioni e che hanno contribuito alla realizzazione del progetto.

⁸ http://editoria.rm.ingv.it/Documentazione_ProgettoFISRSOIR/

WP1 - SALE OPERATIVE INTEGRATE



Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", ci si è posti l'obiettivo di realizzare un sistema che garantisca la massima affidabilità e resilienza possibile nell'erogare i servizi essenziali per il monitoraggio, la sorveglianza e l'allerta sia nell'ambito delle attività vulcaniche e dei loro processi, che nell'ambito dei fenomeni legati alla sismicità del territorio nazionale.

L'obiettivo del WP1 è quello di integrare al meglio le Sale Operative INGV di Roma, Napoli e Catania per migliorare il monitoraggio e la sorveglianza della sismicità e dello stato di attività delle aree vulcaniche e per l'allerta tsunami sul territorio nazionale. Per far questo è stato necessario lo sviluppo della connettività tra le Sale Operative ed anche della connettività tra le altre sedi INGV che forniscono le procedure utili ai servizi.

È stato acquistato, installato e messo in operatività un sistema di videoconferenza tra sale che permette ai turnisti di comunicare tra loro, con i responsabili dei servizi e con il Dipartimento di Protezione Civile e sono state allineate le sezioni INGV di Pisa, Milano e Bologna con gli stessi sistemi perimetrali.

È stato realizzato ed è in fase di ottimizzazione un sistema *cloud* basato su *OpenStack* i cui nodi principali della struttura sono distribuiti tra i CED delle sezioni di Roma, Napoli e Catania. Disporre di una infrastruttura distribuita in *cloud* permette, in caso di emergenza, di attivare procedure e di disporre dati da un qualunque punto remoto che abbia un accesso alla rete senza che quel punto debba necessariamente avere un completo CED o tutti i dati necessari. Una tale architettura consentirà di garantire il funzionamento di servizi essenziali per ognuna delle Sale Operative, opportunamente individuati, garantendo la detezione di eventi sismici, la loro localizzazione, il calcolo della magnitudo e la comunicazione delle informazioni ai terzi preposti. In questi anni in ognuna delle tre Sale Operative sono stati sviluppati *software* e servizi tecnologicamente avanzati che potranno essere installati nel *cloud* e armonizzati tra loro.

Hanno coadiuvato il sottoscritto responsabile del WP nel lavoro di coordinamento: Placido Montalto e Michele Prestifilippo per l'OE, Stefano Pintore per l'ONT, Rosario Peluso per l'OV, Luca Nannipieri per la Sezione di Pisa, Stefano Cacciaguerra per la Sezione di Bologna, Santi Mirena per la Sezione di Milano, Andrea Mastrolia e Giuseppe Messina della sezione di Palermo e Antonio Piersanti della Sezione di Roma 1, Francesco Zanolin, Pietro Ficeli e Gianpaolo Sensale per la Sezione AC.

Nelle Sezioni ONT, OV ed OE è stato reclutato del personale a tempo determinato appositamente per questo obiettivo.

Giovanni Scarpato

As part of the “S.O.I.R. future monitoring”, we have set ourselves the goal of creating a system that guarantees the maximum reliability and resilience possible in providing the essential services for monitoring, surveillance and alerting both in the context of volcanic activities and their processes, which in the context of the phenomena related to the seismicity of the national territory.

The goal of WP1 is to better integrate the INGV Operating Rooms in Rome, Naples and Catania to improve the monitoring and surveillance of seismicity and the state of activity of volcanic areas and for the tsunami alert on the national territory. To do this, it was necessary to develop connectivity between the Operating Rooms and also connectivity between the other INGV offices that provide the procedures useful for the services. A videoconferencing system between rooms was purchased, installed and put into operation which allows shift workers to communicate with each other, with the service managers and with the Civil Protection Department and the INGV sections of Pisa, Milan and Bologna aligned with the same perimeter systems.

A cloud system based on OpenStack has been created and is being optimized, the main nodes of the structure being distributed among the DPCs of the Rome, Naples and Catania sections. Having a distributed infrastructure in the cloud allows, in an emergency, to activate procedures and dispose of data from any remote point that has access to the network without that point necessarily having to have a complete CED or all the necessary data. Such an architecture will make it possible to guarantee the functioning of essential services for each of the Operating Rooms, appropriately identified, guaranteeing the detection of seismic events, their location, the calculation of the magnitude and the communication of information to third parties. In recent years, technologically advanced software and services have been developed in each of the three Operating Rooms that can be installed in the cloud and harmonized with each other.

The undersigned head of the WP in the coordination work assisted: Placido Montalto and Michele Prestifilippo for the Osservatorio Eolie (INGV-OE), Stefano Pintore for the Osservatorio Nazionale Terremoti (INGV-ONT), Rosario Peluso for the Osservatorio Vesuviano (INGV-OV), Luca Nannipieri for the Pisa section, Stefano Cacciaguerra for the Bologna Section, Santi Mirena for the Milan Section, Andrea Mastrolia and Giuseppe Messina from the Palermo Section, Antonio Piersanti from the Rome 1 Section and Francesco Zanolin, Pietro Ficeli, Gianpaolo Sensale for the AC Section. In the INGV-ONT, INGV-OV and INGV-OE sections, temporary staff have been recruited specifically for this purpose.

Giovanni Scarpato

Cloud multiregion INGV: la Sala Operativa Virtuale

Alex Barchiesi¹, Aldo Benincasa², Ivano Carluccio¹, Alberto Colla¹, Marcello D'Agostino⁴, Emiliano Della Bina³, Alessandro Di Filippo², Massimo Fares³, Pietro Ficeli⁵, Placido Montalto⁴, Stefano Pintore³, Fabrizio Pistagna⁴, Michele Prestifilippo⁴, Giovanni Scarpato⁵, Gianpaolo Sensale⁵, Mario Torrisi⁴, Orazio Torrisi⁴, Francesco Zanolin⁵

¹Consortium GARR, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

⁵Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Amministrazione Centrale, Italia

Autore corrispondente: giovanni.scarpato@ingv.it

Introduzione

Il WP1 del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" ha previsto la realizzazione di un *Cloud* multi-regione al servizio delle Sale Operative. Con la progettazione e realizzazione dell'infrastruttura multi-regione ci si pone l'obiettivo di garantire la continuità operativa delle sale preposte al monitoraggio e sorveglianza h24 dell'Istituto, tra i cui compiti istituzionali principali il monitoraggio e la sorveglianza sia della sismicità sia dello stato di attività dei distretti vulcanici nel territorio nazionale, oltre che l'allerta tsunami nel Mediterraneo. Tale obiettivo è praticamente irrealizzabile senza il supporto di una infrastruttura ICT affidabile e ad alte prestazioni. Per questo motivo il prerequisito necessario alla realizzazione del *Cloud* al servizio delle Sale Operative è stato il miglioramento della connettività tra le sedi di Roma, Napoli e Catania, anch'esso obiettivo del WP1.

Le tre Sale Operative - Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT), Osservatorio Vesuviano (OV), Osservatorio Etneo (OE) - sono basate su infrastrutture *hardware* e *software* che richiedono elevate *performance* in termini di affidabilità e disponibilità. Garantire la funzionalità di *business continuity* tra le tre sale significa assicurare la continuità operativa tra le stesse. L'infrastruttura *Cloud* realizzata dal progetto è una delle possibili soluzioni per la continuità operativa dei servizi di monitoraggio, ma non si propone come sistema per il *Disaster Recovery*, bensì come una caratteristica infrastrutturale (*facility*) da utilizzare all'interno di un più vasto piano per la continuità operativa. In informatica si ricomprende nel tema della Continuità Operativa l'insieme delle misure tecnologiche, logistiche e organizzative atte a ripristinare sistemi, dati e infrastrutture necessarie all'erogazione di servizi a fronte di emergenze che ne compromettano la regolare attività. Allo stato attuale, la tecnologia offre la possibilità di realizzare varie soluzioni di continuità e *Disaster Recovery*, fino alla garanzia di fatto di un'erogazione continua dei servizi IT, necessaria per i sistemi definiti critici (*mission critical*).

Dovendo assicurare il funzionamento continuo di tre Sale Operative, si sarebbe potuto scegliere di creare una struttura di *backup* per *disaster recovery* per ciascuna di esse. Questo continuando a mantenere separate le infrastrutture, sia a livello fisico che a livello organizzativo e progettuale. Con la realizzazione di un *Cloud* privato INGV distribuito tra le sedi monitoranti, ci si propone invece di mettere le basi per favorire la convergenza tecnologica delle Sale Operative, con il vantaggio di realizzare un'economia di esercizio anche a lungo termine.

Il *Cloud* è una soluzione architeturale che viene sempre più scelta sia nel campo della ricerca, sia nell'ambito generale della Pubblica Amministrazione come conseguenza del Piano Triennale per l'Informatica. Al fine di realizzare il *cloud* dell'INGV per le sale di monitoraggio, ci si è avvalsi

della collaborazione del personale del consorzio GARR⁹, con il quale è in corso un “Accordo quadro” per i servizi di connettività, per avere supporto alla realizzazione del progetto.

Obiettivi di progetto

L’obiettivo progettuale è quello di implementare un’architettura *Cloud Multiregion*, utilizzando la tecnologia *software OpenStack*¹⁰ per i servizi critici delle Sale Operative delle tre regioni, garantendo ridondanza geografica. Si avrà così, in casi di *fault*, un *backup* (clone) dei servizi essenziali su tutte le regioni, con un allineamento dello stato e delle configurazioni. Per il raggiungimento di tale obiettivo si è scelto di operare in due fasi: una prima fase propedeutica e di *testing*, ed una seconda di effettiva messa in produzione.

La prima fase implica una replica delle Macchine Virtuali (VM) che compongono i *workflow* dei servizi di Sala Operativa con i relativi *software*. Infine, dopo avere effettuato i necessari test di *performance*, oltre che di stress e carico dell’infrastruttura, si potrà pensare di accedere alla seconda fase che implicherà il totale trasferimento del livello applicativo dei servizi di Sala Operativa all’interno di *OpenStack*. In questa fase si deciderà di apportare le eventuali modifiche alle applicazioni per adattare alla tecnologia *Cloud* o, se ritenuto necessario, predisponendo le applicazioni in *containers*.

Le Sale Operative, situazione iniziale

Le Sale Operative delle sezioni monitoranti INGV basano i loro sistemi di acquisizione in tempo reale, di analisi e di *rendering* sia su architetture fisiche *hardware* e *software* sia su sistemi virtualizzati, come illustrato in Figura 1.

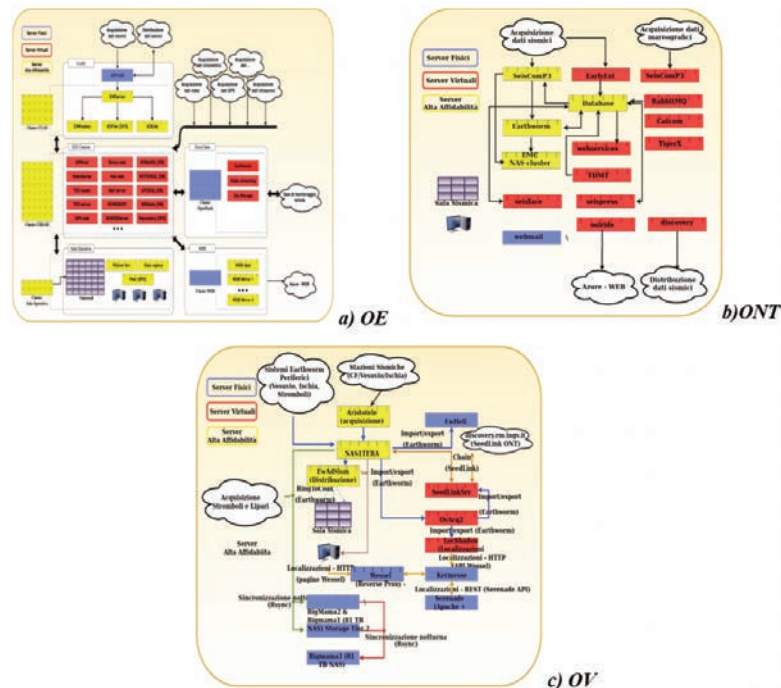


Figura 1 Schema logico dei sistemi di acquisizione dati delle Sale Operative: a) OE; b) ONT; c) OV.

⁹ <https://garr.it/>

¹⁰ <https://www.openstack.org>

Nella Sala Operativa dell'ONT, presso la sede di Roma, i sistemi in produzione sono di due categorie, con *server* fisici (Figura 1-b, blocchi gialli e blu) affiancati ad una infrastruttura di virtualizzazione (Figura 1-b, blocchi rossi). I *server* fisici realizzano alcuni servizi o procedure di difficile virtualizzazione a causa della relativa necessità di *performance* soprattutto nel comparto I/O. L'infrastruttura di virtualizzazione è un *cluster* VMWare, con attualmente poco meno di 100 macchine virtuali, ospitate su 4 *server* in *chassis blade*.

Nella Sala Operativa OV, il sistema di acquisizione dati sismici in tempo reale e relativo sistema di visualizzazione ed analisi, è basato su un'architettura mista di sistemi in Alta Affidabilità (HA) *hardware* e virtualizzati, dove il sistema di localizzazione degli eventi sismici automatici e rivisti ed il sistema di gestione degli eventi sismici localizzati sono costituiti da *server* fisici (Figura 1-c, blocchi blu e gialli). Il livello applicativo dedicato all'acquisizione in tempo reale dei segnali sismici prodotti dall'apposita rete di monitoraggio, allo scambio dati e *pre-processing* (come lo scambio dei dati acquisiti con il sistema di acquisizione ONT), è invece realizzato da *server* virtualizzati (Figura 1-c, blocchi rossi) in tecnologia KVM, implementati su 3 *server*.

Presso la Sala Operativa OE, il sistema di acquisizione è basato su un'architettura composta da 8 *blade server* configurati in *cluster* per garantire Alta Affidabilità (HA) *hardware* (Figura 1-a, blocchi gialli e blu), configurati con Microsoft Windows Server 2016 Datacenter Hyper-V garantendo un'erogazione continua dei servizi, il tutto per circa 200 VM di cui 70 dedicati al funzionamento della Sala Operativa (Figura 1-a, blocchi rossi), mentre la rimanente parte costituisce l'infrastruttura per il *desktop* virtuale degli utenti (VDI).

Il Cloud OpenStack INGV

OpenStack è il *software* standard-de-facto per la realizzazione di *cloud* pubblico e privato. Tramite OpenStack vengono realizzati sistemi *cloud* definiti *Infrastructure as a Service (IaaS)* e relativi servizi aggiuntivi basati su di essi. OpenStack è costituito da un insieme di servizi ed interfacce API REST che possono essere combinati in diverse configurazioni in base alle effettive necessità. La piattaforma OpenStack è sviluppata sotto l'egida della OpenStack Foundation, che si avvale della sponsorizzazione e dei contributi di alcune delle più importanti aziende del settore IT. L'implementazione di OpenStack realizzata è schematicamente rappresentata in Figura 2. Essa consiste in un *cloud* composta da tre regioni all'interno di ciascuna delle quali andranno poi replicati (e successivamente migrati) gli applicativi e i servizi forniti dalle tre Sale Operative. Per la gestione dell'*hardware* si è scelto di utilizzare il *software* MAAS¹¹ (*Metal as a Service*) di Canonical, che permette di amministrare i nodi di un *data center* (siano essi fisici o macchine virtuali), in maniera efficiente e rapida e la cui istanza è replicata in alta affidabilità geografica sulle tre regioni. Mentre per il *deployment* e la gestione dello *stack software* di OpenStack¹², la scelta è ricaduta sullo strumento Juju¹³, anch'esso sviluppato e mantenuto da Canonical, che ha come obiettivo quello di facilitare il *deployment*, la configurazione, lo *scaling* e l'integrazione di servizi, nonché la loro configurazione in Alta Disponibilità (HA). Il controllo dello *storage* è demandato al *software* Ceph¹⁴, che tramite algoritmi di distribuzione dei dati, permette di gestire lo spazio disco a disposizione in maniera condivisa (*shared area*) tra più nodi. Come descritto graficamente in Figura 2, il *deployment* multi-regione vede alcuni dei servizi di OpenStack (*Keystone*, *Glance*, *Percona* e *Swift-Proxy*) replicati in ridondanza tra le diverse regioni per garantire l'Alta Disponibilità (HA) e raggiungibili tramite *endpoint* unificati tramite il meccanismo di DNS-

¹¹ <https://maas.io>

¹² <https://docs.openstack.org/project-deploy-guide/charm-deployment-guide/latest/>

¹³ <https://jaas.ai>

¹⁴ <https://ceph.io>

HA (Figura 2, riquadro in alto). Per gli altri servizi di *OpenStack* come Nova Compute e Neutron per la gestione rispettivamente delle istanze virtuali (VM) e delle infrastrutture di rete virtualizzate, piuttosto che *Cinder* per la gestione dei dischi e device a blocchi, il *deploy* e la gestione avvengono invece localmente all'interno di ciascuna delle differenti sedi.

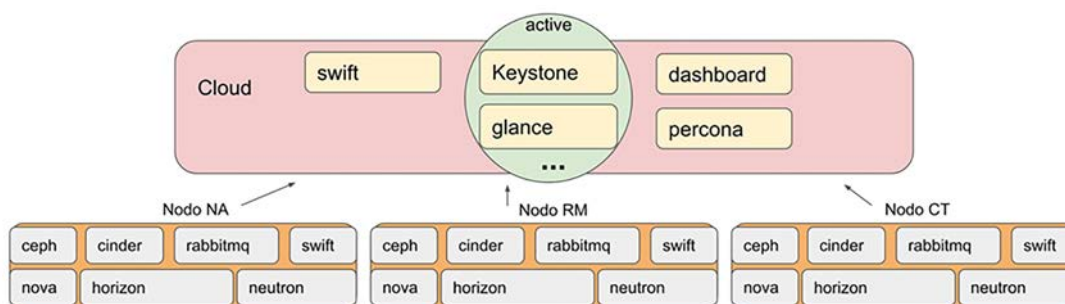


Figura 2 Schema dei servizi installati nella Regione globale e nelle tre Regioni del Cloud.

L'hardware

La scelta del *software OpenStack* ci ha consentito un grado elevato di libertà nella scelta dell'*hardware*, non richiedendo particolari vincoli né favorendo, anche solo indirettamente, determinati *vendor* in grado di proporre soluzioni integrate, nel caso in cui si opti per una soluzione *Open Source* anche per l'*hypervisor*. Per le sedi di Napoli e Roma si è scelto di convergere su *hardware* acquistabile nella Convenzione CONSIP, anche per omogeneizzare il tipo di *server* a beneficio di una migliore e trasversale gestione. Per Catania, a causa di necessità di spazio, è stata fatta una scelta diversa. Nella Tabella 1 è sintetizzato l'*hardware* impiegato nelle varie sedi.

	Roma	Napoli	Catania
Networking	2 Switch: <ul style="list-style-type: none"> • 38 - 1/10GbE SFP+ port • 2 - 40GbE QSFP ports 	2 Switch: <ul style="list-style-type: none"> • 38 - 1/10GbE SFP+ port • 2 - 40GbE QSFP ports 	2 Switch: <ul style="list-style-type: none"> • 24 - 1/10GbE SFP+ port
Calcolo/Storage	6 Nodi: (48/96 Core/Threads, 256 GB Ram 30TB)/nodo	6 Nodi: (48/96 Core/Threads, 256 GB Ram 9TB)/nodo	4 Nodi: (56/112 Core/Threads, 512 GB Ram, 7TB)/nodo

Tabella 1 Dettagli *hardware networking/computing/storage*.

La configurazione *hardware* adottata permette di ridondare la parte di *networking* su due *switch* in alta affidabilità. Il traffico di *management* e di controllo del sistema (es. gestione VM) e quello pubblico (es. servizi e acquisizione) sono attestati su due sotto-reti indipendenti.

Conclusioni

Attualmente l'infrastruttura *IaaS* di *OpenStack* distribuita sulle tre sezioni è in fase di *test* e di validazione. I risultati finora raggiunti sono:

- un buon grado di conoscenza relativamente alla configurazione ed utilizzo di *OpenStack*, oltre che delle tecnologie complementari necessarie per la gestione delle funzionalità avanzate (HA, DNS);
- una confidenza maggiore che questa soluzione sia la strada effettivamente più corretta.

Per questo motivo è di essenziale importanza il proseguimento degli sforzi finora profusi in questa direzione, per raggiungere gli obiettivi di migrazione dei servizi di Sala Operativa su un *cloud* privato INGV.

Il sistema di videoconferenza tra Sale Operative

Michele Prestifilippo¹, Francesco Zanolin², Giovanni Scarpato^{2,3}, Rosario Peluso³, Placido Montalto¹, Lucia Margheriti⁴

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Amministrazione Centrale, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: michele.prestifilippo@ingv.it

Introduzione

L'obiettivo più importante del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è l'integrazione tra le Sale Operative di Roma, Napoli e Catania. Uno degli strumenti pensati all'interno del progetto per questa finalità è un sistema di videoconferenza installato nelle tre Sale Operative. Il sistema permette al personale in Sala di interagire in tempo reale e può inoltre essere utilizzato per le comunicazioni tra funzionari, responsabili INGV e Dipartimento di Protezione Civile (DPC).

Nel caso specifico, ogni Sala Operativa è stata dotata del sistema AVER EVC300 (vedi Figura 1), dispositivo in grado di garantire conversazioni sempre chiare e senza perdite di segnale, di condividere file, presentazioni o immagini e creare delle rubriche personalizzate per trovare immediatamente i contatti con cui si vuole stabilire una connessione. La grande flessibilità di questo dispositivo lo rende utile anche per scopi divulgativi e presentazioni congiunte del lavoro delle tre Sale. Considerando che nelle tre Sale Operative la videocamera è puntata sui rispettivi videowall, il lavoro svolto dal Personale Turnista non viene inquadrato e condiviso, ma il sistema consente di avere comunque una visione di sintesi di tutte le informazioni disponibili al personale durante le attività di sorveglianza.



Figura 1 Telecamera, microfono e sistema di videoconferenza.

Il sistema di videoconferenza può essere utilizzato come canale di discussione tra responsabili in caso di emergenza. Ad esempio, è stato utilizzato a fine 2019 tra funzionario sismico e DPC per "l'emergenza" nel Beneventano e per la discussione relativa all'esercitazione di Protezione Civile nel Lazio per il rischio maremoti.

L'integrazione del nuovo sistema di comunicazione nelle attività delle Sale Operative non è ancora stata completata del tutto, ma rientra tra i nuovi argomenti dei regolamenti dei servizi di sorveglianza sismica vulcanica e allerta tsunami per le diverse Sale. I regolamenti sono in fase di

stesura e a partire dalla fine del 2020 i turnisti effettueranno periodicamente dei test di comunicazione per verificare che il sistema sia sempre pronto all'utilizzo.



Figura 2 Collegamento tra sale e responsabili dei servizi di sorveglianza sismica, allerta tsunami e sorveglianza vulcanica.

Le postazioni fisse nelle Sale Operative e le postazioni remote

Come già anticipato, le postazioni fisse delle tre Sale Operative sono state equipaggiate con dei sistemi AVER EVC300 che alla funzionalità di *client* aggiungono la capacità di ospitare conferenze fino a 4 punti (espandibili a 10 con apposita licenza) ed integrabili anche con *skype for business*. Il sistema AVER consente di collegare una periferica video in ingresso tramite interfacce VGA, DVI o HDMI al fine di poter condividere anche il *desktop* di un *computer*, supporta la registrazione delle riunioni su periferiche di archiviazione USB ed anche un insieme di *software* gratuiti che si integrano per fornire ulteriori funzionalità:

- EZDRAW: strumento che consente di disegnare a video. Strumento molto utile durante una fase espositiva perché consente di evidenziare o schematizzare i concetti in modo grafico¹⁵.
- EZMEETUP: applicazione multiplatforma che consente a chiunque di partecipare ad una video conferenza da qualunque dispositivo mobile¹⁶.
- SCREENSHARE: applicazione che consente di condividere il proprio schermo rimuovendo la necessità di dover collegare fisicamente un PC all'apparato¹⁷.
- VCLINK: applicazione solo per dispositivi mobili, è analoga a *screenshare* per PC e consente di condividere immagini e foto presenti sul proprio dispositivo¹⁸.
- VCPLAYER: *software* che consente la riproduzione delle registrazioni AVER¹⁹.

¹⁵ <https://it.communication.avereurope.com/line/video-conferencing/ezdraw>

¹⁶ <https://it.communication.avereurope.com/line/video-conferencing/ezmeetup>

¹⁷ <https://it.communication.avereurope.com/line/video-conferencing/screenshare>

¹⁸ <https://it.communication.avereurope.com/line/video-conferencing/vclink>

¹⁹ <https://it.communication.avereurope.com/line/video-conferencing/vcplayer>

Poiché l'AVER EVC300 ha già in dotazione un microfono ambientale, una telecamera completa di *pan-tilt* per il controllo dell'inquadratura e un telecomando che consente di gestire tutte le funzionalità messe a disposizione dall'*hardware*, per l'installazione nelle Sale Operative è stato sufficiente dotare i singoli siti di un *monitor* e di una coppia di casse per la riproduzione audio.

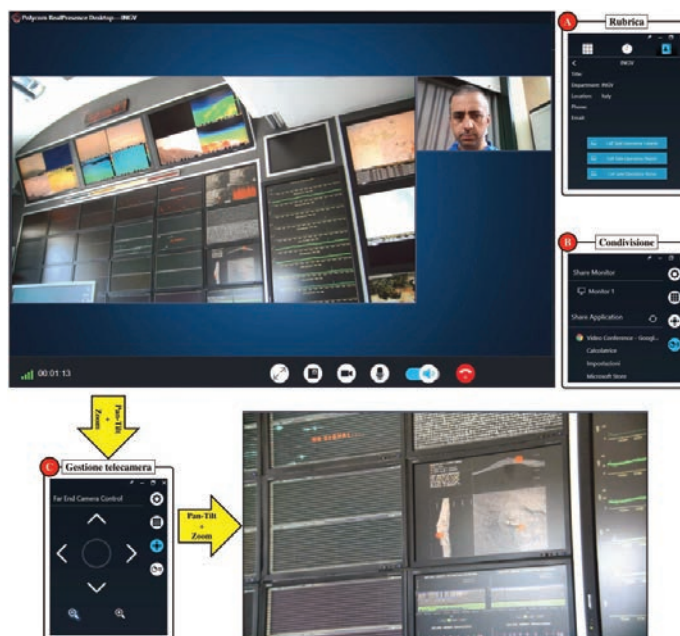


Figura 3 Interfaccia di *Polycom RealPresence* e dettaglio delle principali funzionalità: a) rubrica con link diretto alle Sale Operative; b) strumenti di condivisione; c) controllo della telecamera remota.

Per le postazioni remote invece è stato utilizzato il software "*Polycom RealPresence*" che ha il vantaggio di essere un *software all-in-one*. La Figura 3 evidenzia la linearità dell'interfaccia di gestione ed evidenzia: a) la presenza di una rubrica mediante la quale è possibile stabilire una nuova connessione con una delle tre Sale Operative dell'INGV; b) la possibilità di condividere in modo immediato un intero schermo o l'interfaccia di una singola applicazione; c) la possibilità di controllare orientamento e zoom della telecamera al fine di poter gestire in modo autonomo la visualizzazione e il livello di dettaglio dell'informazione presente su uno dei *videowall*.

Il *software* è stato installato sul portatile: del reperibile del Comitato Operativo; del funzionario sismico e tsunami di Roma; dei reperibili sismico e vulcanico di Napoli e Catania; dei Direttori ONT OV OE; delle squadre operative (es. Di.Co.Mac).

Ringraziamenti

Un ringraziamento va rivolto a Carlo Doglioni, Presidente INGV che ha fortemente voluto il sistema di videoconferenza, ai Direttori dell'ONT, dell'OE e dell'OV e a tutti i turnisti che superando le difficoltà che si presentano lo utilizzeranno operando come in un'unica Sala Operativa.

Un nuovo sviluppo *open source* per un moderno sistema di monitoraggio sismico basato su *Earthworm*

Andrea Bono, Matteo Quintiliani, Valentino Lauciani

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: andrea.bono@ingv.it

Introduzione

I recenti sviluppi tecnologici occorsi nel campo del data *lifecycle management* in campo sismologico hanno reso possibile, oltre che necessario, un profondo ammodernamento delle procedure ad uso del personale della sorveglianza sismica e vulcanica dell'INGV. Negli ultimi anni le reti sismiche si sono infittite notevolmente, anche a seguito delle numerose e importanti sequenze sismiche che hanno inflitto al nostro Paese danni ingenti. L'INGV, dunque, ha operato per rendere più efficace ed efficiente il sistema di sorveglianza sismica del territorio nazionale. Lo stesso Istituto, però, vede al suo interno una eterogeneità di protocolli operativi e di sistemi *hardware/software* dovuta essenzialmente al differente orientamento delle ricerche condotte nelle varie Sezioni. Il "monitoraggio sismico", in senso stretto, analizza ed archivia dati che sono in buona parte inservibili per chi si occupa di studi di tipo vulcanologico; d'altro canto, chi studia il tremore vulcanico, usa informazioni che sono pressoché inutili per chi redige il Bollettino Sismico Nazionale. Si comprende, quindi, come sia stato impegnativo cercare di uniformare sistemi, protocolli e procedure in un compendio che fosse utile per tutte le Sale Operative dell'INGV. Il lavoro del personale dell'Unità Funzionale "Sala Operativa" dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) in Roma, in collaborazione col personale delle sezioni di Napoli e Catania, è stato quindi rivolto al raggiungimento degli importantissimi risultati che andiamo di seguito ad esporre.

Risultati

Ad oggi il sistema di sorveglianza sismica del territorio nazionale è una entità molto articolata che si compone di diversi elementi, alcuni umani, la maggior parte tecnologici [Bono et al., 2019]. Dal punto di vista del personale dedicato, non si può non far cenno a coloro che lavorano nei laboratori delle varie sedi per la realizzazione di stazioni sismometriche sempre più potenti oltre che a tutti i tecnici che ogni giorno mantengono in perfetta efficienza la rete sismica e vulcanologica. Il ruolo del Personale Turnista, poi, è da considerarsi fondamentale per lo svolgimento di una attività così impegnativa.

Per quanto concerne le componenti tecnologiche dobbiamo porre in risalto la progettazione e implementazione di un nuovo sistema di monitoraggio, denominato "*Caravel*", che pone le sue fondamenta sul più noto *Earthworm*²⁰. Di seguito, facendo riferimento allo schema di Figura 1, descriviamo sinteticamente le componenti di *Caravel*.

Earthworm - Sistema di localizzazione automatica

Come detto, *Caravel* basa il suo sistema di localizzazione automatica di terremoti su *Earthworm* che a oggi è il *software* di acquisizione sismica e di trattamento automatico dei terremoti più utilizzato per le reti sismiche regionali. Funziona su Linux, Solaris, Mac OS X e Windows.

²⁰ <https://isti.com/products/eq-monitoring-seismic-software/earthworm/>

Earthworm offre agli utenti un pacchetto *software* avanzato di acquisizione ed elaborazione di dati sismici *Open Source* per la generazione automatica di localizzazioni e magnitudo di eventi sismici. Oltre 150 istituzioni hanno registrato installazioni di *Earthworm* per la raccolta di tutti i loro dati sismici e la produzione di siti automatizzati per i terremoti. Il sistema *Earthworm* è uno strumento *software* robusto e maturo, con quasi 20 anni di sviluppo e progettazione (avviato nel 1993); scritto nel linguaggio di programmazione C, *Earthworm* è stato progettato con un approccio a più livelli per consentirgli di funzionare su qualsiasi piattaforma (incluso Windows). Numerosi *wrapper* sono stati scritti attorno a *Earthworm* per fornire un post-elaborazione di livello superiore dei dati relativi ai terremoti (ad es. AQMS, EarlyBird, ecc.). Oltre alla sismologia, le capacità di acquisizione e gestione dei dati di *Earthworm* sono state utilizzate per tecnologie completamente diverse, comprese le misurazioni a infrarossi, geomagnetiche e atmosferiche. Sebbene *Earthworm* sia completamente *Open Source*, esistono anche diversi fornitori di supporto commerciale per *Earthworm* (ad es. ISTI²¹ - OSOP).

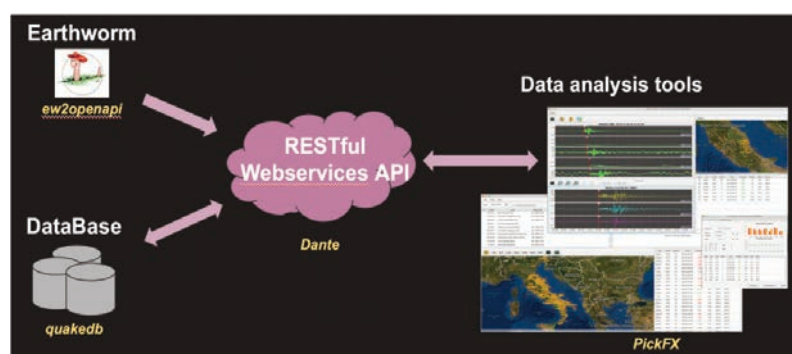


Figura 1 Uno schema sintetico delle componenti di Caravel.

QuakeDB - Un passo verso il *Database* Unico

QuakeDB è uno schema di modello relazionale, strutturato in modo tale da poter rappresentare le informazioni riguardanti gli eventi sismici e tutti i valori ad essi associati. Esso si basa su un'ampia rielaborazione del modello esistente chiamato *SeisEv*. A partire dall'entità astratta di "evento" è possibile collegare degli "ipocentri" che identificano dei possibili punti nel dominio spazio-temporale all'interno della terra i quali specificano su dove e quando si è originato l'evento. Ad ogni "ipocentro" appartengono le "fasi temporali" che hanno contribuito al suo calcolo e determinate a partire dai tempi di arrivo dei "pick" sui segnali sismici. Ad ogni "ipocentro" è possibile associare una "magnitudo" di diversa tipologia in base ai tipi di "ampiezze" calcolate sui segnali sismici. Inoltre, è possibile associare anche delle informazioni relative a "meccanismi focali", "momenti tensori", "picchi di accelerazione, velocità e spostamento". *QuakeDB* permette di poter accogliere e tenere traccia del sistema che ha prodotto il dato, offrendo poi la possibilità di poterlo referenziare tramite un'indicizzazione locale stabilita dal sistema di origine attraverso le due entità "provenance" e "idspace". Questo meccanismo permette di poter centralizzare la memorizzazione di informazioni provenienti da più osservatori e sistemi *software* anche eterogenei fra loro, il che lo rende particolarmente adatto al nostro caso.

PickFX - Nuove interfacce

L'ammodernamento del "motore" del sistema ha reso possibile anche una profonda evoluzione dei sistemi che fanno da interfaccia tra l'archivio dati e gli operatori. Uno di questi sistemi, sviluppato ad hoc e parte integrante di *Caravel*, è *PickFX*.

²¹ <http://www.isti.com>

Questo nuovo prodotto consente al personale in turno la revisione di eventi sismici in maniera pratica ed efficiente avvalendosi delle più moderne tecnologie e standard di condivisione e rappresentazione del dato sismologico. Il prodotto, progettato per essere il più possibile generale e multiplatforma, può attingere dati e metadati da tutti i *service providers* mondiali che adottano gli *standard FDSN*²².



Figura 2 L'interfaccia di PickFX per la revisione degli eventi.

Condivisione del dato: *Dante - RESTful Web services API*

I servizi web esposti dal progetto *Dante*, anch'esso integrato in *Caravel*, permettono di interagire con il *DataBase QuakeDB* senza conoscerne la struttura, la versione e il DBMS utilizzato. *Dante* espone delle API, descritte mediante standard OAS (*OpenAPI Specification*)²³, che consentono di inserire nel *DataBase QuakeDB* gli eventi sismici localizzati in tempo reale da *Earthworm* (mediante il modulo *ew2openapi*) e da tutti quei sistemi che rispettano le specifiche fornite come, ad esempio, il sistema di revisione multiplatforma *PickFX*, la cui interfaccia è mostrata in Figura 2, che interagisce con le API per leggere e scrivere tutti i parametri sismologici. Le API consentono anche di interrogare il *DataBase QuakeDB* per estrarre tutti i parametri caratteristici di un evento (ipocentro, magnitudo, *pick*, fasi, ecc.).

Comunicazione: video-conferenza in sala e telefoni dedicati

A fornire un ulteriore contributo all'efficienza delle comunicazioni tra le Sale Operative dell'INGV è stato adottato un nuovo sistema per la videoconferenza. Questo, installato fisicamente nelle tre Sale Operative di Roma, Napoli e Catania, consente un dialogo *real-time* tra gli operatori utile soprattutto nel caso di sequenze importanti che, per forza di cose, coinvolgono in maniera globale le nostre sedi.

Conclusioni

È evidente il progresso che le attività descritte hanno portato alla integrazione della sorveglianza sismica e vulcanologica del nostro territorio. La collaborazione e l'unità di obiettivi hanno prodotto benefici evidenti e reciproci. Molto rimane ancora da fare, in particolare nel campo

²² <https://www.fdsn.org/>

²³ <https://swagger.io/specification/>

della omogeneizzazione dei sistemi e delle strutture di archiviazione dati, ma tanta è la strada già percorsa. Ci auguriamo di poter presto continuare e completare i *task* necessari per realizzare un vero sistema integrato di sorveglianza sismico-vulcanica.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va rivolto a tutti coloro che hanno reso possibili i risultati ottenuti con la loro collaborazione. Per l'ONT, Stefano Pintore e Lucia Margheriti, per l'OE, Placido Montalto e Carmelo Cassisi, per l'OV, Rosario Peluso.

Bibliografia

Bono A., Lauciani V., Quintiliani M., Pintore S., Margheriti L., (2019). *A new Open Source development for a modern seismic monitoring system based on Earthworm*. Fall Meeting Abstracts (NS21A-02).

Lo sviluppo dei nuovi sistemi integrati di Sala, il sistema WESSEL ed i suoi simbiotici

Rosario Peluso¹, Aldo Benincasa¹, Francesca Cirillo¹, Alessandro Di Filippo¹, Giovanni Scarpato^{1,2}

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Amministrazione Centrale, Italia

Autore corrispondente: rosario.peluso@ingv.it

Introduzione

Nella Sala di Monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano (OV) vengono svolti i turni di Sorveglianza Sismica per il monitoraggio dei tre vulcani Campani (Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia). Nel corso degli anni sono stati sviluppati vari sistemi informatici a supporto del lavoro dei turnisti che si sono integrati e sovrapposti nel tempo.

All'inizio degli anni 2000 fu sviluppato il primo sistema informatico di supporto al lavoro dei turnisti (SISMI [Giudicepietro et al., 2000]), esso era in grado di gestire l'acquisizione, lo *storage* e l'analisi dei segnali sismici acquisiti dalla rete delle stazioni analogiche dell'OV. Tale sistema, era suddiviso in vari "moduli", ognuno con un compito specifico. In particolare, fu sviluppato il programma *WinPick* per permettere al Personale Turnista di effettuare in maniera semplice ed efficace le localizzazioni degli eventi sismici. La base di dati conosciuta come *GeoVes* fu sviluppata come parte integrante del sistema SISMI, è basata su una versione *legacy* del *database server* MSSQL, e contiene le localizzazioni definitive effettuate dal Laboratorio Sismico dell'OV. Il sistema SISMI fu poi integrato con *Earthworm*²⁴, un *software* sviluppato dall'USGS, che fornisce dei sistemi automatici di localizzazione e archiviazione degli eventi sismici. All'OV venne quindi sviluppato il sistema MyWBMS/NewWBSM [Scarpato, 2011] che utilizzava il *database server* MySQL come base di dati per gli eventi localizzati automaticamente da *Earthworm* permettendone la visualizzazione e la gestione tramite una interfaccia *web*.

Nacque poi la necessità di poter salvare, recuperare e visualizzare le localizzazioni sismiche effettuate dal Personale Turnista durante i turni di sorveglianza. Nell'ambito del progetto SPEED (Scenari di Pericolosità per la Prevenzione del Rischio dei Vulcani della Campania) fu sviluppato il sistema omonimo, per permettere uno scambio rapido di tutti i dati del monitoraggio con il Dipartimento di Protezione Civile. Esso, in particolare, possedeva un *database* di eventi sismici basato su MySQL che veniva popolato con le localizzazioni effettuate dal Personale Turnista. Tramite una pagina *web*, esso permette l'accesso a tutte le localizzazioni (automatiche, riviste dal Turnista e definitive del Laboratorio Sismico) degli eventi prodotte dall'OV, prendendole dai rispettivi *database* (*GeoVes* per quelle definitive, *MyWBSM* per quelle automatiche ed il suo *database* interno per quelle riviste dai turnisti). Questa pagina viene anche utilizzata come accesso da parte del pubblico alla visualizzazione degli eventi sismici.

In Figura 1 è rappresentato il ruolo centrale che venne ad assumere SPEED per la gestione e la diffusione degli eventi sismici. Purtroppo, il sistema non separa l'interfaccia dedicata al pubblico da quella dedicata alla Sala. Capitava quindi che, nel caso di eventi sismici significativi, il grande traffico sull'interfaccia pubblica di SPEED interferisse con le operazioni di Sala.

Questa struttura è il risultato di integrazioni e sovrapposizioni successive di sistemi sviluppati in tempi diversi talvolta senza una esplicita richiesta di integrabilità e, ad un'analisi accurata, hanno dimostrato di essere difficilmente estendibili ulteriormente. Inoltre, alcuni sistemi, come *GeoVes*,

²⁴ <https://www.isti.com/products-offerings/earthworm>

dipendono da versioni *legacy* e non più supportate sia del sistema operativo che del *database* server su cui sono state implementate e non sono facilmente aggiornabili e manutenibili.

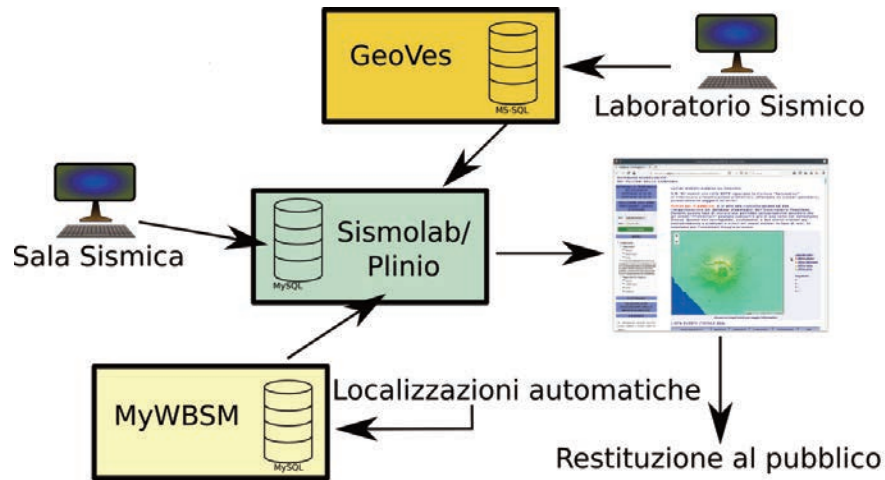


Figura 1 Il ruolo di Sismolab/Plinio (SPEED) nel precedente sistema integrato dei *database* sismici dell'OV.

Per questo motivo, nel 2017, fu deciso di intraprendere lo sviluppo di un nuovo sistema integrato in grado di permettere la gestione e l'analisi di tutte le fasi degli eventi sismici localizzati dall'OV. In seguito, con l'approvazione e la partenza del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", si decise di proseguire lo sviluppo di questo nuovo sistema nell'ambito del progetto, in modo da poterlo rendere completamente integrato con i nuovi sistemi in corso di progettazione e/o sviluppo. WESSEL, *WEb Service for Seismic Event Location*, nasce quindi con lo scopo di essere un unico portale *web* in grado di permettere l'analisi e la gestione degli eventi sismici da parte degli operatori tramite una interfaccia *web* unificata. Ogni operazione relativa alla gestione di un evento sismico, dalla visualizzazione su mappa alla localizzazione, dall'emissione del comunicato alla redazione dei bollettini di monitoraggio sismico potrà essere svolta con l'ausilio di un generico *browser web* da qualsiasi postazione nel mondo permettendo di fatto, una totale delocalizzazione della Sala Sismica qualora ce ne fosse il bisogno. L'accesso al sistema è completamente libero quando esso provenga da indirizzi della rete dell'OV o tramite VPN, mentre richiede delle credenziali di accesso qualora ci si connetta da indirizzi "sconosciuti". Al momento il sistema è collegato al servizio di credenziali utilizzate per i Servizi di Sezione dell'OV, quindi, di fatto, a tutto il personale OV. Nulla vieta, in futuro, qualora ce ne fosse la necessità, di utilizzare un servizio di autenticazione differente in modo da garantire l'accesso a tutto o parte del personale INGV.

Risultati

Il sistema WESSEL, sviluppato in PHP per Apache2, è stato pensato come un portale di interfaccia ai *database* sismologici dell'OV e fornisce l'accesso sia ai vecchi *database* (GeoVes e MyWBSM) che al nuovo SERENADE (*SEismic Restful ENabled DatabasE* [Peluso, 2020]) che ne rappresenta anche la base dati di riferimento.

Come primo passo nello sviluppo di WESSEL è stato completamente riprogettato il sistema delle localizzazioni automatiche basato su *Earthworm*. In particolare, sono stati ottimizzati i moduli che effettuano la localizzazione ed è stata aggiunta, in via sperimentale, la stima della magnitudo

locale. Vale la pena ricordare come la magnitudo locale sia di difficile implementazione su edifici vulcanici piccoli come quelli campani e presenti delle differenze notevoli rispetto alla stima della stessa per reti regionali. La densità di stazioni e la distanza media tra le stazioni e gli epicentri richiedono un trattamento estremamente delicato: le funzioni di attenuazione sono diverse da un edificio ad un altro e, per eventi mediamente così vicini, queste differenze rendono difficoltosa una stima corretta della magnitudo locale. Si stanno studiando sistemi per permettere l'affiancamento della magnitudo locale alla magnitudo durata ed il loro utilizzo differenziato nei diversi *range* di applicabilità, in particolare è in via di sviluppo un programma che potrà funzionare sia in modalità *standalone*, sia come modulo di *Earthworm* per la stima automatica della Md. Sono stati sviluppati dei nuovi moduli in PERL che inviano i risultati delle localizzazioni al portale WESSEL in modo che esse possano essere inserite in SERENADE. In seguito, sono state sviluppate le interfacce per la visualizzazione delle localizzazioni su mappa per le Sale Operative (una pagina per la Sala di Napoli ed una dedicata alla Sala di Roma) e per la loro modifica da parte del personale sia Turnista che facente parte del Laboratorio Sismico.

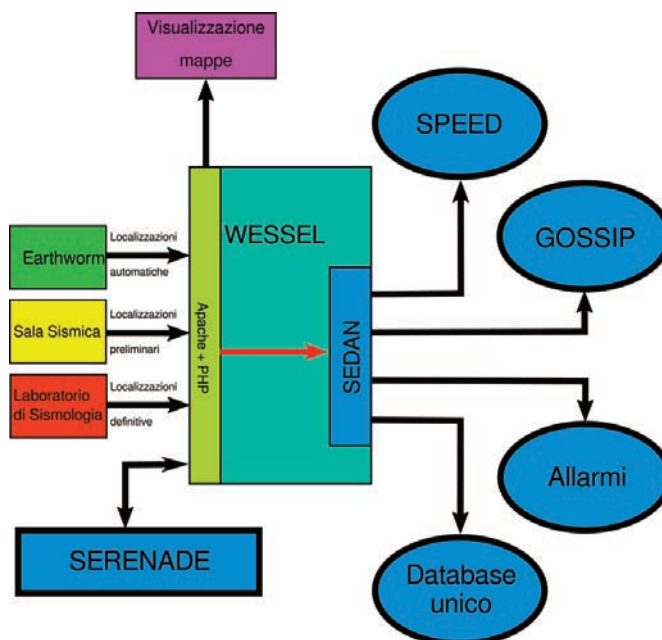


Figura 2 L'attuale struttura di WESSEL e dei suoi simbioti attualmente in uso.

In Figura 2 è mostrata l'attuale struttura funzionante di WESSEL dove è stata evidenziata la presenza del sistema SEDAN (*Seismic Event Dispatcher And Notifier*). Esso è il principale simbiote di WESSEL, è scritto in PERL ed è responsabile della distribuzione ad altri soggetti degli eventi sismici che vengono inseriti in SERENADE. È implementato come un semplice *spooler*: ogni qual volta che viene effettuata un'operazione su SERENADE tramite WESSEL, quest'ultimo scrive un *file* in formato JSON in una specifica *directory* con indicate le operazioni svolte. Un demone è in ascolto su questa *directory* e, a seconda del contenuto del *file* ivi scritto, chiama i moduli che si siano registrati per quella specifica operazione. Al momento sono stati sviluppati quattro diversi moduli di cui tre completamente operanti per (i) l'inserimento degli eventi nel *database* unico dell'ONT, (ii) per l'inserimento delle localizzazioni della Sala in SPEED e (iii) per gli allarmi di Sala; mentre il quarto è ancora in fase di sviluppo e si occupa di aggiornare le pagine di accesso pubblico del sistema GOSSIP (*Generator of Serenade Static Pages*)²⁵.

²⁵ <http://terremoti.ov.ingv.it/>

Discussioni e conclusioni

Lo sviluppo di WESSEL ha già apportato vantaggi all'esperienza complessiva del Personale Turnista in Sala [Avvisati e Cirillo, 2020] semplificando le operazioni richieste per la gestione degli eventi sismici. Il sistema non è però ancora completo ed altre funzionalità sono in via di sviluppo, in particolare, al momento della scrittura di questo rapporto, sono in fase avanzata di sviluppo le possibilità di generare i bollettini sismici periodici ed inviare i comunicati degli eventi direttamente dal portale.

Queste funzionalità non verranno inserite direttamente nel sistema affinché esso sia quanto più leggero e trasportabile possibile. A tal scopo è in via di sviluppo il simbiote chiamato REFASE (*RESt Engine For ASynchronous job Execution*): tramite una interfaccia REST, un protocollo per gestire delle "risorse" tramite comandi HTTP, è possibile sottomettere dei "job" al sistema ed ottenere i relativi risultati in maniera asincrona. REFASE verrà anche utilizzato come interfaccia verso vari *software* di localizzazione (HYPO71, HYPO2000, HYPOELLIPSE, NonLinLoc, ecc.) in modo da permettere di effettuare le localizzazioni tramite il portale.

Per permettere al personale incaricato di "pickare" le forme d'onda e quindi inviare le letture dei tempi degli eventi sismici ai programmi di localizzazione è stato già parzialmente sviluppato un programma denominato *WebPick* che è al momento completamente integrato in WESSEL. Esso è in grado per ora di caricare le tracce sismiche e mostrarle all'operatore permettendo, al contempo, la stima della magnitudo durata (md) attualmente in uso presso l'OV. *WebPick* è scritto in JavaScript e può essere utilizzato con qualsiasi browser sufficientemente moderno che supporti le recenti estensioni del linguaggio ed il formato HTML5. Quando sarà completato, consentendo il *picking* e l'interfaccia con i programmi di localizzazione, esso darà la possibilità di delocalizzare completamente la Sala Sismica e permettere la gestione degli eventi sismici da qualsiasi postazione connessa ad internet, fissa o mobile.

Ringraziamenti

Un ringraziamento va rivolto a tutti coloro che hanno reso possibili i risultati ottenuti con la loro collaborazione. In particolare ringraziamo Lucia Margheriti, Stefano Pintore e Valentino Lauciani.

Bibliografia

- Avvisati G. e Cirillo F., (2020). *Cambiamenti tecnologici e fattore umano: specifiche necessità degli operatori di sala*. Misc. INGV, questo volume.
- Giudicepietro F., De Cesare W., Martini M., Meglio V., (2000). *Il sistema sismometrico modulare integrato (SISMI). Osservatorio Vesuviano*. Open-File Report N.6.
- Peluso R., (2020). *Il database sismico SERENADE: un sistema REST per la gestione delle localizzazioni sismiche*. Misc. INGV, questo volume.
- Scarpato G., (2011). *Nuovo sistema per le localizzazioni automatiche degli eventi sismici basato su tecnologie web: NewWBSM*. Rapp. Tec. INGV, 195: 1-38.

Manualistica di riferimento per la Sala di Monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano: Procedure Operative per i Comunicati e Utilizzo del nuovo *Software* WESSEL

Francesca Cirillo, Rosario Peluso

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

Autore corrispondente: francesca.cirillo@ingv.it

Introduzione

L'Osservatorio Vesuviano (OV) svolge attività di monitoraggio finalizzata all'osservazione dello stato dei vulcani campani. Tale monitoraggio, oltre ad avere notevole rilevanza per la ricerca scientifica è indispensabile ai fini della gestione delle emergenze per la salvaguardia dei cittadini. A tale scopo, l'OV comunica al Dipartimento di Protezione Civile (DPC) e alle autorità locali l'occorrenza di eventi e sciami sismici con magnitudo superiore a delle soglie previste. L'attività di monitoraggio sismico e quella relativa all'eventuale gestione ed inoltro dei comunicati, sono attività che vengono svolte all'interno della Sala di Monitoraggio dal Personale Turnista, 24 ore su 24 tutti i giorni dell'anno.

La descrizione dettagliata delle attività da svolgere è specificata nei seguenti documenti di riferimento:

1. Allegato A: Attività di Servizio (aggiornato al 27.06.2019) del documento Accordo Quadro tra DPC e INGV (Decennio 2012-2021) [DPC e INGV, 2019]
2. Allegato 2: "Procedure Operative per i Comunicati, tratto dal documento Linee Guida per il Personale Turnista e Personale Reperibile"

Il Personale Turnista deve conoscere nei dettagli tali documenti, i punti critici, la sequenza di azioni da compiere al verificarsi di specifiche condizioni, gli strumenti da utilizzare, i *software* di riferimento e tutte le regole e "buone pratiche" non scritte ma stabilite. A tal fine vengono attualmente organizzati dei corsi di formazione caratterizzati da una parte teorica e una parte più orientata all'utilizzo degli Strumenti e del *software* di Sala. Tale formazione è indispensabile, ma è fondamentale fornire all'operatore di Sala anche degli strumenti ai quali fare riferimento dopo la formazione per chiarire dei dubbi, rivedere dei passaggi, esercitarsi e mettere in pratica quanto appreso: un manuale agevolmente consultabile che supporti l'operatore per ricercare delle informazioni che possano sfuggire nell'immediato.

Al fine di soddisfare tale necessità, nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stato realizzato un Manuale dal titolo "Procedure Operative per i Comunicati in uso presso la sala di monitoraggio dell'INGV - Osservatorio Vesuviano" [Cirillo e Peluso, 2020b]. Esso fornisce vari livelli di descrizione delle attività ed operazioni che il Turnista deve svolgere sulla base di quanto stabilito nei documenti ufficiali sopra elencati.

Una tra le attività di fondamentale importanza che il Turnista deve eseguire è quella di calcolare la localizzazione preliminare degli eventi sismici che occorrono. A tal fine, deve utilizzare due sistemi: *WinPick* e *WESSEL*. Il primo [Giudicepietro et al., 2000], in uso presso l'OV da molti anni, fornisce le funzionalità che consentono di effettuare *picking* e localizzazioni di un evento e salvarne l'*output* in due file distinti, uno contenente i tempi di arrivo e l'altro i dati della localizzazione. Il secondo, *WESSEL*, è stato in parte sviluppato nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" e fornisce un'interfaccia per accedere ai *database* sismologici dell'OV e, in particolare, le funzionalità che consentono di acquisire i file generati da *WinPick* e di inserirli nel

database SERENADE [Peluso, 2020] e Sismolab. Inoltre, esso invia anche gli eventi localizzati (automatici e manuali) al database sismologico unico dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT). Ovviamente al Turnista è richiesta una conoscenza molto approfondita sull'utilizzo di questi software. Per questo motivo nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stato realizzato un manuale dal titolo "Manuale di Supporto alla gestione degli eventi sismici presso la Sala Operativa dell'Osservatorio Vesuviano" [Cirillo e Peluso, 2020a] che fornisce tutte le informazioni sulle modalità di utilizzo dei SW. In modo particolare si sofferma sulla descrizione di menu, comandi e pulsanti ma anche sulle procedure e sulle soluzioni ai possibili problemi.

Risultati

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stata realizzata la manualistica di riferimento per la Sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano; nello specifico sono stati prodotti due manuali (Figura 1):

- "Procedure Operative per i Comunicati in uso presso la Sala di monitoraggio dell'INGV - Osservatorio Vesuviano"
- "Manuale di Supporto alla gestione degli eventi sismici presso la Sala Operativa dell'Osservatorio Vesuviano"

Indice generale		INDICE	
RIASSUNTO	3	Riassunto	5
ABSTRACT	3	Abstract	5
INTRODUZIONE	4	Introduzione	6
1 Definizione aree vulcaniche comprese	4	1 WafPick per le Localizzazioni	7
2 Evento Sismico Sopra Soglia	5	1.1 Accedere a WafPick	7
2.1 FLUSSO	6	1.2 Acquisire i file con le tracce da elaborare	8
2.2 OPERAZIONI	7	1.2.1 Denominazione dei file	8
3 Sciami	10	1.2.2 Acquisizione dei file	8
3.1 FLUSSO	10	1.2.3 Opzioni per la visualizzazione delle tracce	12
3.2 OPERAZIONI	11	1.2.4 Individuare Rete/Area e stazioni di interesse	14
4 Sistema di Allarme Sala di Monitoraggio	16	1.2.4.1 Selezionare le stazioni afferenti alla rete di Ischia - Sol	15
4.1 Suono e Informazioni	16	1.2.4.2 Deselezionare le stazioni	16
4.2 Stop o Mate da Post-it	18	1.2.5 Aggiungere i Pick - Fai di P ed S	17
4.2.1 Modo alternativo	19	1.2.5.1 Funzione di Zoom e Finestra Zoom-Picking	17
5 Evento Sismico Sopra Soglia - FLUSSO OPERAZIONI DETTAGLiate	22	1.2.5.2 Inserimento Fase P	19
5.1 Step 1: Stop o Mate da Post-it	22	1.2.5.3 Inserimento Fase S	20
5.2 Step 2: Individuare Tempo e Magnitudo	22	1.2.5.4 Eliminare un pick	20
5.2.1 Modo alternativo	23	1.2.6 Peso/Qualità di un pick	21
5.3 Step 3: Verificare se è stata superata la soglia di Magnitudo	26	1.2.7 Localizzazione	21
5.4 Step 4: Effettuare le telefonate che preannunciano il comunicato	26	2 WESSEL - Main page	24
5.5 Step 5: Preparare ed inviare il Primo Comunicato (Notizia) entro 5 minuti dall'evento	27	2.1 Creare un nuovo evento con Serenade	25
5.5.1 Selezionare il Modello del Comunicato	27	2.1.1 Compilare la Form per la creazione del nuovo evento	26
5.5.2 Compilare la Notizia	29	2.1.1.1 Location file(s)	26
5.5.3 Salvare il Comunicato in DOCX e PDF	30	2.1.1.1.1 File contains location data	26
5.5.4 Selezionare Modello della E-mail	32	2.1.1.1.2 File contains arrival times	29
5.5.5 Allegare pdf ed inviare il Comunicato	33	2.1.2 Event information	30
5.6 Step 6: Preparare ed inviare il Secondo Comunicato (Approfondimento) entro 30 Minuti dalla Notizia	35	2.1.3 Other data	31
5.6.1 Localizzazione Manuale	35	2.1.2 Create event e Clear event	32
5.6.2 Selezionare il Modello del Comunicato	35	2.2 Modificare un Evento - Modify Event	36
5.6.3 Compilare l'Approfondimento	36	2.2.1 Modifica i dati di un evento - Modify event data	39
5.6.4 Salvare il Comunicato in DOCX e PDF	37	2.2.2 Aggiungere localizzazione - Add location to event	42
5.6.5 Selezionare Modello della E-mail	37	2.2.3 Modifica localizzazione - Modify location of event	43
5.6.6 Allegare pdf ed inviare il Comunicato	37		
6 Sciami - FLUSSO OPERAZIONI DETTAGLiate	38		
6.1 Step 1: Stop o Mate da Post-it	38		
6.2 Step 2: Individuare Tempo e Magnitudo	38		
6.3 Step 3: Verificare se si è in presenza di uno sciame	39		
6.4 Step 4: Effettuare le telefonate che preannunciano il comunicato	39		
6.5 Step 5: Preparare ed inviare il Primo Comunicato (Notizia) entro 5 minuti dal riconoscimento	40		
6.6 Step 6: Preparare ed inviare il Comunicato di Approfondimento/Aggiornamento n.1 entro 30 minuti dalla Notizia	41		
6.7 Step 7: Preparare ed inviare il Comunicato di Approfondimento/Aggiornamento n. 2, entro 3 ore 42	42		
6.8 Step 8: Preparare ed inviare il Comunicato di Fase Attiva	44		
7 All. Flusso Evento Sismico Sopra Soglia	45		
8 All. Flusso Sciami	46		
BIBLIOGRAFIA	47		

Figura 1 Indice dei Manuali.

Tale manualistica è stata realizzata seguendo un approccio strutturato:

- **Raccolta Informazioni:** è stata effettuata la raccolta di tutte le informazioni necessarie interloquendo con il personale di riferimento (Responsabili di Unità Funzionale, Turnisti, Responsabili della formazione) e analizzando direttamente i documenti e/o i software (in funzione).
- **Analisi e Progettazione:** è stato creato uno schema logico di realizzazione del prodotto in maniera tale da prendere in considerazione tutti i concetti base da spiegare, le esigenze specifiche e la forma che meglio si adatta a soddisfare le esigenze individuate (i due manuali sono strutturati in maniera totalmente differente).
- **Compilazione:** sono state predisposte tutte le immagini di riferimento (cattura schermate del software, foto degli strumenti e degli ambienti da citare, elaborazione dei diagrammi di flusso) e si è quindi provveduto alla stesura dei documenti.

- **Revisione e Pubblicazione:** attraverso il confronto con il personale di riferimento si è proceduto alla correzione della forma e dei contenuti, della qualità e della chiarezza del testo che sono stati verificati e perfezionati. Successivamente i manuali sono stati diffusi ai Turnisti e Reperibili.

Il manuale al punto 1, per come è stato strutturato e per la grossa mole di informazioni provenienti da diverse fonti, dispositivi e *software*, rappresenta un “unico” e “completo” documento di riferimento che descrive in maniera organica e con dovizia di dettagli tutte le operazioni da eseguire “*Step by Step*”.

Tale manuale è caratterizzato da differenti livelli di dettaglio relativi ad una particolare azione/operazione:

- **Flusso:** in prima istanza viene riportato il Diagramma di Flusso attraverso il quale è possibile visualizzare immediatamente l'intera sequenza delle operazioni da svolgere e le specifiche condizioni, il tutto racchiuso in un'unica pagina, al fine di fornire un punto di accesso sintetico e immediato che riporti unicamente le informazioni basilari: soglie, tempi, sequenza delle operazioni, informazioni da fornire (es. a sinistra nella Figura 2).
- **Macro Operazioni:** il Flusso viene poi dettagliato attraverso una sequenza di Operazioni che descrivono, in poche righe, i passi da eseguire (a destra nella Figura 2).
- **Operazioni dettagliate:** infine, ogni Operazione è descritta (in una specifica sezione) in tutti i suoi particolari (individuazione dei Monitor/Stazioni di riferimento, programmi da usare, comandi di base, ecc.), al fine di fornire al Turnista tutte le informazioni di cui necessita per operare in autonomia e nel rispetto delle procedure (a destra nella Figura 2 i quadrati più piccoli evidenziano i riferimenti alle sezioni che descrivono le operazioni dettagliatamente).

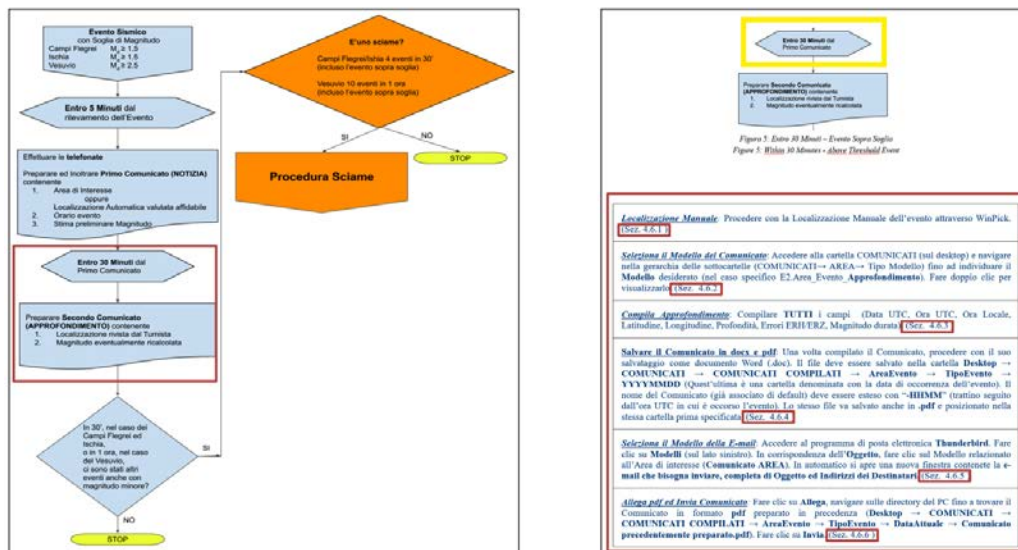


Figura 2 Differenti livelli di dettaglio relazionati alla stessa azione/operazione.

Il secondo manuale invece, è incentrato sull'utilizzo delle funzionalità dei sistemi *WinPick* e *WESSEL* e segue un approccio del tipo “*tutorial*”, rappresentando quindi una vera e propria guida dettagliata che indica all'utente il percorso da seguire per raggiungere il proprio obiettivo, affrontando anche le diverse casistiche che si possono presentare (gestione dei *WARNING*, ved. Figura 3), fino al completamento delle operazioni. Le sue principali caratteristiche sono: l'utilizzo di un linguaggio semplice e immediatamente comprensibile; una sequenza di passi lineare e allo stesso tempo esauritiva; un accesso ai contenuti veloce e preciso.

Serenade event editor

SERENADE - SEismic Restful ENabled DatabasE
(of wessel v.1.6.4d - 2019/03/26)

The screenshot shows the Serenade event editor interface. At the top, there is a warning message: "WARNING: 1 other event have been found in the same time interval Hide". Below this, there is a table with columns for Id, Origin time, and Latitude. The first row contains the values: 1197, 2019-03-21 23:45:29.589, and 40.824333 (40N 49.46). Below the table, there are buttons for "Possible actions": Merge events, Change data, Confirm event creation, and Abort. At the bottom, there is a detailed view of the event with fields for Id, Level, Origin Time, Latitude, and Longitude. The Id field is "Not available yet", Level is "Preliminary (100)", Origin Time is "2019/03/21 23:45:29.009", Latitude is "40.821830 (40N 49.31)", and Longitude is "14.428670 (14E 25.72)".

Id	Origin time	Latitude
1197	2019-03-21 23:45:29.589	40.824333 (40N 49.46)

Possible actions: Merge events Change data Confirm event creation Abort

Id	Not available yet
Level	Preliminary (100)
Origin Time	2019/03/21 23:45:29.009
Latitude	40.821830 (40N 49.31)
Longitude	14.428670 (14E 25.72)

Figura 3 Gestione dei WARNING.

Discussione e conclusioni

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", al fine di supportare il processo di formazione e di fornire degli strumenti di supporto, non dispersivi, completi, di facile e immediato accesso e che rappresentino una guida esaustiva per gli operatori di Sala, sono stati prodotti i due manuali:

- "Procedure Operative per i Comunicati in uso presso la Sala di monitoraggio dell'INGV - Osservatorio Vesuviano".
- "Manuale di Supporto alla gestione degli eventi sismici presso la Sala Operativa dell'Osservatorio Vesuviano".

Il primo, si differenzia da un classico manuale per la molteplicità e diversità delle informazioni in esso trattate, fornisce spiegazioni su svariati aspetti, quali: gestione dell'allarme di Sala (attivazione e disattivazione); individuazione dei Monitor/Stazioni di riferimento (posizione nella stanza, etichette di riconoscimento); individuazione del corretto telefono da utilizzare; riferimenti telefonici delle persone/enti da contattare; ordine sequenziale delle telefonate da eseguire; utilizzo dei programmi da usare (inclusa la descrizione dei passi elementari da eseguire); standard di riferimento per la stesura dei Comunicati nonché direttive per la loro nomenclatura e indicazioni per il loro corretto salvataggio ed inoltre agli enti di competenza. Tale manuale, inoltre, ha la peculiarità di offrire differenti visualizzazioni dello stesso aspetto, caratterizzate da differenti livelli di dettaglio: Flusso, Macro Operazioni, Operazioni Dettagliate. Questo consente al fruitore di accedere direttamente al livello di dettaglio desiderato.

Il secondo manuale contiene tutte le informazioni utili per il corretto utilizzo dei due sistemi WinPick e WESSEL. Nello specifico illustra in maniera molto dettagliata la sequenza di passi da compiere per portare a termine le possibili operazioni e lo fa descrivendo nel dettaglio le interazioni con le interfacce dei sistemi. L'approccio utilizzato per la sua stesura, non ha previsto una mera descrizione decontestualizzata di operazioni, ma si è ispirato ad un approccio di tipo Tutorial, considerato tra i più efficienti al fine di rendere chiari gli argomenti e semplificarne l'apprendimento. Esso fornisce una guida dettagliata che segue l'utente passo per passo fino al completamento delle operazioni oltre a fornire assistenza per la risoluzione di eventuali problematiche in cui si può incorrere, consentendo di risolverle in maniera coerente, semplice e immediata.

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stato sottoposto agli Operatori di Sala un Questionario [Avvisati e Cirillo, 2020] legato a vari aspetti connessi alla Sala di Monitoraggio tra cui la qualità della manualistica. Concludiamo riportando alcuni interessanti risultati preliminari di tale analisi. Un primo dato da mettere in luce è che nonostante il fatto che la lettura

di questi manuali non sia obbligatoria, essi sono stati letti quasi dalla totalità degli operatori intervistati (85,4% il primo, 87,8% il secondo). Inoltre, tali manuali hanno ricevuto una valutazione positiva, nello specifico sono stati ritenuti “Utili” e “Comprensibili” nonché abbastanza “Esaustivi”.

Ringraziamenti

Si ringrazia Walter De Cesare (OV) per il supporto offerto in fase di “Raccolta Informazioni” relativamente al funzionamento del Sistema di Allarme da lui sviluppato.

Si ringraziano Vincenzo Torello ed Enrica Marotta (OV) per gli utili consigli forniti in fase di “Revisione” dei contenuti.

Infine, non per ordine di importanza, si ringrazia Mario Castellano (OV) per il supporto fornito sia nella fase di “Raccolta Informazioni” che di “Revisione” dei contenuti”.

Bibliografia

- Avvisati G. e Cirillo F., (2020). *Cambiamenti tecnologici e fattore umano: specifiche necessità degli operatori di Sala*. Misc. INGV, questo volume.
- Cirillo F., e Peluso R., (2020a). *Manuale di Supporto alla gestione degli eventi sismici presso la Sala Operativa dell'Osservatorio Vesuviano*. Rapp. Tec. INGV, 424: 1-52.
- Cirillo F. e Peluso R., (2020b). *Procedure Operative per i Comunicati in uso presso la Sala di monitoraggio dell'INGV - Osservatorio Vesuviano*. Rapp. Tec. INGV, in pubbl.
- DPC e INGV, (2019). *Allegato A del documento Accordo Quadro tra DPC e INGV (Decennio 2012-2021)*.
- Giudicepietro F., De Cesare W., Martini M., Meglio V., (2000). *Il Sistema Sismometrico Modulare Integrato (SISMI), Osservatorio Vesuviano*. Open File Report n.6.
- Peluso R., (2020). *Il database sismico SERENADE: un sistema REST per la gestione delle localizzazioni sismiche*. Misc. INGV, questo volume.

Il *database* sismico SERENADE: un sistema REST per la gestione delle localizzazioni sismiche

Rosario Peluso

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

Autore corrispondente: rosario.peluso@ingv.it

Introduzione

Durante lo sviluppo del sistema WESSEL (*WEb Service for Seismic Event Location* [Peluso et al., 2020]) è nata la necessità di fornire il sistema di una propria base di dati che fosse in grado di gestire diversi livelli di localizzazione (automatica, rivista, definitiva) degli eventi sismici. A tale scopo, nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stato sviluppato il *database* denominato SERENADE.

Per esso si è scelto di rendere l'interfaccia di accesso e modifica agli eventi sismici indipendente dal motore della base di dati sottostante. Per tal motivo si è deciso di sviluppare una *Application Program Interface* (API) utilizzando lo stile architetturale denominato REST (*REpresentational State Transfer*). Adoperando questo stile si utilizzano i comandi previsti dal protocollo HTTP (GET, PUT, POST, DELETE, ecc.) per inserire, modificare, recuperare o cancellare delle "risorse". Ogni risorsa viene identificata dal suo specifico *Uniform Resource Locator* (URL) e può rappresentare una specifica entità a cui ci si riferisce come, in questo caso, un evento, una localizzazione, un tempo di arrivo ad una stazione ecc.

REST prevede che le operazioni effettuate sulle risorse non abbiano uno stato, per cui ogni singolo comando effettuato su una risorsa non deve dipendere dallo stato di altri comandi precedenti o successivi. Ad esempio, effettuando una operazione di GET sulla risorsa che individua un evento sismico, esso verrà restituito nel formato specificato (ove supportato) tramite gli *header* del protocollo HTTP. Tramite un comando POST o PUT, invece, si possono creare nuove risorse o modificarne di esistenti, mentre il comando DELETE viene utilizzato per l'eliminazione della risorsa dall'archivio.

SERENADE è stato sviluppato nel linguaggio PERL utilizzando il modulo *mod_perl* del server Apache. Tramite questo modulo è infatti possibile intercettare le richieste arrivate a specifici URL ed effettuare le operazioni richieste. Come base di dati è stato scelto il *database* server PostgreSQL per le sue doti di scalabilità quando le dimensioni della base di dati diventino importanti. Tuttavia, esso può essere considerato a tutti gli effetti un "dettaglio implementativo", visto che viene completamente nascosto dall'interfaccia REST fornita da Apache con le librerie PERL di SERENADE. Se un giorno per qualche motivo si dovesse decidere di cambiare il motore della base di dati, questo sarebbe indifferente a tutti i *client* di SERENADE che continuerebbero a funzionare basandosi sull'API REST.

Tutto il *software* alla base di SERENADE è stato scelto a codice aperto (*Open Source*) e senza obbligo di licenze, questo anche per scongiurare il pericolo di *lock-in* tecnologici sempre in agguato quando si utilizzino sistemi di terze parti.

Risultati

Il *database* è stato sviluppato secondo il ben noto protocollo entità-relazione, separando in maniera opportuna le entità costitutive; senza scendere nel dettaglio delle singole entità, le

principali relazioni sono:

1. ad ogni entità “evento” può corrispondere una o più entità “localizzazione” ognuna delle quali caratterizzata da un differente “livello” (automatico, rivisto, definitivo, internamente identificato da un codice numerico);
2. ad ogni entità “localizzazione” possono essere associate:
 - a. zero o più entità “tempo di arrivo”
 - b. zero o più entità “magnitudo”
3. ad ogni entità “tempo di arrivo” può essere associata una ed una sola entità “stazione” ed un insieme di parametri che caratterizzano quel particolare *pick*;
4. ad ogni entità “magnitudo” possono essere associate zero o più entità “segnale” per indicare i vari parametri del segnale sismico su quello specifico segnale.

Altre entità sono state già previste nel *database* per contenere, ad esempio, i meccanismi focali o i parametri di localizzazioni 3D.

Le entità principali del *database* hanno una loro rappresentazione univoca negli URL della API REST. Ad esempio, un evento sarà rappresentato come:

```
http://serenade.ov.ingv.it/event/<eventid>
```

dove <eventid> è il numero identificativo dell'evento, mentre una operazione POST all'URL:

```
http://serenade.ov.ingv.it/events
```

permetterà di creare un nuovo evento e restituirà l'URL rappresentante la risorsa del nuovo evento creato mentre una GET restituirà l'elenco degli eventi. Allo stesso modo una specifica localizzazione di un evento sarà rappresentata come:

```
http://serenade.ov.ingv.it/event/<eventid>/location/<locid>
```

e così via. Le risorse che rappresentano un elenco di eventi supportano la possibilità di filtrare gli eventi utilizzando dei parametri nella URL. Ad esempio, una URL del tipo (omettendo la parte di schema/host):

```
/events/vesuvio?date=in:2020-01-01,2020-03-31
```

permetterà di estrarre l'elenco degli eventi del Vesuvio dal 1° gennaio al 31 marzo 2020. Altri parametri permettono di filtrare per magnitudo, qualità, livello massimo dell'evento ecc. Per scelta implementativa il comando DELETE non cancella le entità dal *database* ma esse vengono solamente “marcate” come non più esistenti, in modo che possano sempre essere recuperate in un secondo momento.

Discussioni e conclusioni

SERENADE è stato attivato nel gennaio del 2018, da allora in esso sono stati inseriti circa 3300 eventi e 12000 localizzazioni tramite il portale WESSEL. Al momento sono state sviluppate, ma ancora non messe in produzione, tutte le estensioni necessarie per permettere la copia dei dati provenienti dal *database* GeoVes: quando il livello di sviluppo delle nuove funzionalità di WESSEL permetterà di abbandonare le precedenti basi di dati verrà effettuato questo “travaso” e SERENADE si troverà ad essere l'unica base di dati sismologici dell'OV.

Al momento il sistema ha due soli *client* che si interfacciano con esso (1) WESSEL che permette la gestione completa degli eventi da parte degli operatori e (2) GOSSIP (Generator of Serenade Static Pages) che è in grado di generare e tenere aggiornate un insieme di pagine in HTML statico tramite un plugin di SEDAN [Peluso et al., 2020]. Queste pagine sono accessibili all'indirizzo web degli "Eventi sismici vulcani campani"²⁶ e vengono tenute online per garantire l'accesso in sola lettura agli eventi sismici dell'OV. La scelta di utilizzare pagine statiche non generate al volo è stata dettata dalla necessità di sopportare i picchi di accesso che possano venirsi a creare durante l'occorrenza di eventi sismici significativi.

Bibliografia

Peluso R., Benicasa A., Cirillo F., Di Filippo A., Scarpato G., (2020). *Lo sviluppo dei nuovi sistemi integrati di Sala, il sistema WESSEL ed i suoi simbiotici*. Misc. INGV, questo volume.

²⁶ <http://terremoti.ov.ingv.it/gossip/>

INGV *SwiftApp*: Un caso d'uso di *Object Storage*

Fabrizio Pistagna, Mario Torrisi, Michele Prestifilippo, Placido Montalto, Marcello D'Agostino

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

Autore corrispondente: fabrizio.pistagna@ingv.it

Introduzione

Swift è il servizio di *OpenStack*²⁷ che permette di realizzare un *Object Storage*²⁸ efficiente, distribuito, affidabile e sicuro, garantendo la totale trasparenza rispetto alla complessità delle tecnologie (*hardware* e *software* sottostanti) utilizzate. Una delle caratteristiche è la sua interfaccia pienamente RESTful²⁹.

Nel presente contributo, viene descritto uno scenario che sfrutti il sistema di *object storage* per la memorizzazione, la navigazione, la gestione, il recupero e la condivisione dei contenuti archiviati in modo strutturato sullo spazio *storage* esposto e messo a disposizione da *Swift*. Lo strato di *IaaS (Infrastructure-as-a-Service)* di *OpenStack* fornisce ufficialmente due interfacce, per interagire con l'*Object Storage*:

- una applicazione web (*web application*) integrata all'interno della *Dashboard* di *OpenStack* (progetto *Horizon*³⁰);
- una interfaccia a linea di comando, *Command Line Interface (CLI)*³¹

entrambe sviluppate in linguaggio Python.

Tuttavia, la generalità di utilizzo di tali interfacce, in genere più orientate ad un ruolo di controllo e gestione amministrativa della infrastruttura *IaaS OpenStack*, fa sì che queste non risultino essere perfettamente adeguate a un utilizzo verticale orientato ad un progetto specifico.

Pertanto, si è deciso di sviluppare una applicazione *web standalone*, ovvero un'applicazione capace di essere eseguita indipendentemente dalla infrastruttura *IaaS OpenStack*, che utilizzi le API di *Swift* per implementare le funzionalità richieste dallo scenario previsto. A corredo e parallelamente allo sviluppo di tale applicazione, è stato sviluppato un servizio che periodicamente archivia in modo strutturato i dati. Nel caso proposto, le acquisizioni video provenienti dalle telecamere di videosorveglianza del vulcano Etna gestite dall'Osservatorio Etneo.

Progettazione

In una prima fase sono state valutate alcune delle soluzioni esistenti. Il primo progetto analizzato è stato l'interfaccia *web* integrata nella *Dashboard* di *OpenStack* per la gestione del *Object Storage*, che sebbene completa di tutte le funzionalità necessarie, come detto in precedenza, è progettata principalmente per essere utilizzata dagli amministratori della piattaforma *cloud* o dagli amministratori del *tenant* (un progetto all'interno di *OpenStack*). Successivamente sono stati

²⁷ <https://docs.openstack.org/swift/latest/>

²⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Object_storage

²⁹ <https://developer.openstack.org/api-ref/object-store/>

³⁰ <https://docs.openstack.org/horizon/latest/>

³¹ <https://docs.openstack.org/python-swiftclient/latest/cli/index.html>

vagliati altri progetti *Open-Source* di terze parti³², con lo scopo di definire le strategie da adottare nello sviluppo del *front-end* per dialogare con le API di *Swift*. Sulla base delle informazioni acquisite, si è scelto di realizzare una *web-application* (webapp abbr.) che offra un'interfaccia utente ed un'esperienza d'uso simile ai servizi di *cloud content management* e *file sharing* (Dropbox, Box, Google Drive, ecc.).

Lo scopo principale della *webapp*, di seguito chiamata *SwiftApp*, è fornire un *front-end* verso le API REST dei servizi *OpenStack* sia di *Swift* che di *Keystone*³³. In particolare, per quanto riguarda il modulo *Swift*, l'applicazione deve essere in grado di effettuare le operazioni di archiviazione, consultazione e gestione (*Upload, Download, Browse, Edit, Delete, Metadata*) dei dati archiviati; per quello che concerne *Keystone*, si deve poter gestire l'autenticazione ed il recupero delle autorizzazioni necessarie da parte degli utenti della *Cloud OpenStack* di test installata presso l'Osservatorio Etneo. Lo schema concettuale della infrastruttura proposta è riportato in Figura 1. Al fine di perseguire gli obiettivi sopra descritti, si è scelto di sviluppare un prototipo dell'applicazione utilizzando *AngularJS*³⁴, un noto *framework Open-Source* basato su Javascript per applicazioni *web* che semplifica lo sviluppo, la manutenzione e il test di applicazioni *web* lato *client* con architettura *Model View Controller* (MVC). Proprio per queste sue caratteristiche *AngularJS* si è imposto negli ultimi anni tra gli standard *de-facto* per lo sviluppo di "*single page applications*", come quello proposto nel presente contributo.

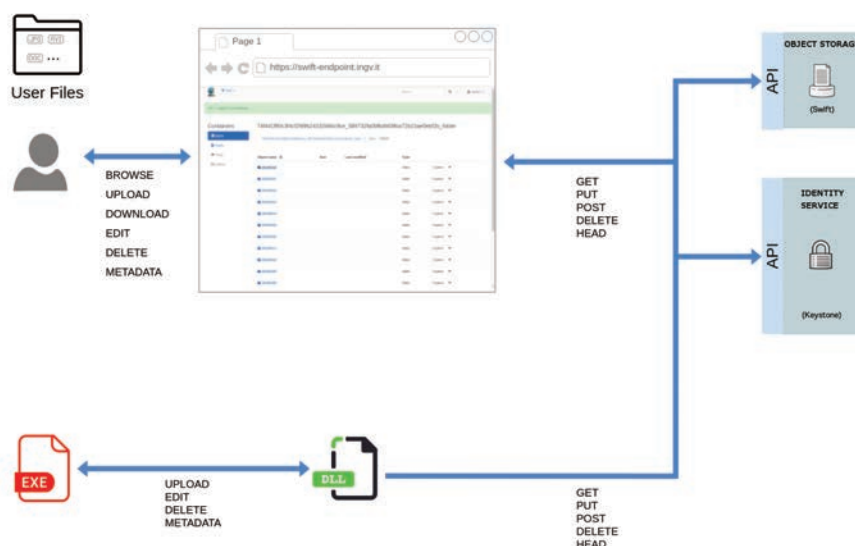


Figura 1 Schema concettuale dello scenario individuato: Una *WebApp* ed un servizio capace di dialogare con le API *OpenStack* (destra) di *Identity Service* e *Object Storage*.

Sviluppo

Lo sviluppo di *SwiftApp* è basato sulle linee guida definite nella documentazione di *AngularJS* cercando, per quanto possibile, di scomporre il problema in singole unità funzionali integrabili, allo scopo di ottenere un prodotto quanto più modulare e quindi di semplice manutenibilità. Seguendo il classico *pattern Model View Controller*³⁵, l'applicazione è costituita da due *view*

³² https://docs.openstack.org/swift/latest/associated_projects.html#other

³³ <https://docs.openstack.org/keystone/latest/>

³⁴ <https://angularjs.org/>

³⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/Model-view-controller>

(viste) principali: *login view* e *main view*, entrambe associate ai rispettivi *controller* (Figura 2).

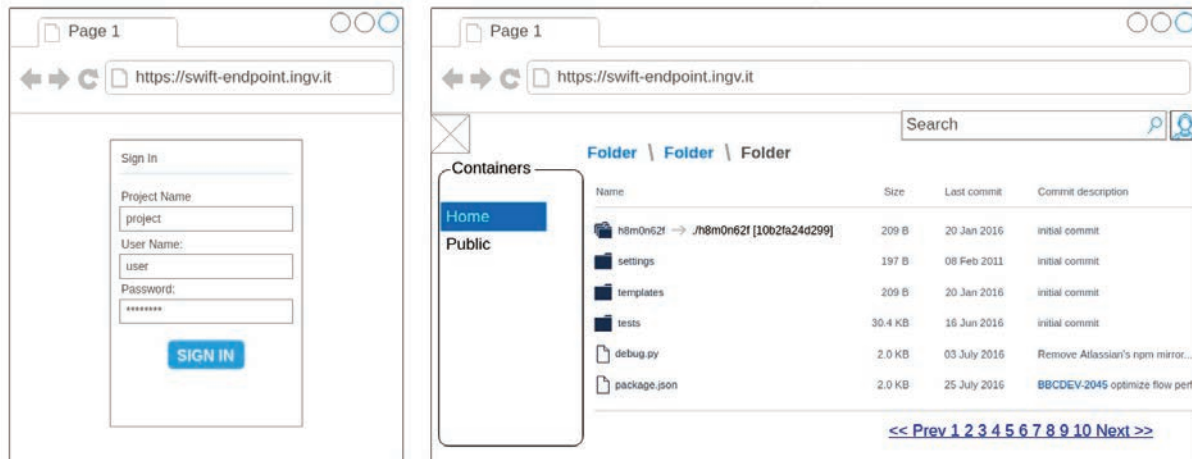


Figura 2 In figura sono riportati i due mockup delle view: Login view a sinistra e Main view a destra.

Per l'interazione con le API dei servizi di *OpenStack* sono stati sviluppati due *AngularJS services*³⁶ dedicati seguendo il *pattern Singleton*³⁷. Nello schema generale dell'applicazione, i services permettono l'interazione tra i livelli *controller* e *model* del *pattern MVC*; essi si occupano di recuperare dal *model* i dati che successivamente verranno elaborati dai *controller* per essere infine visualizzati sulle rispettive *view*. I due *Singleton Services* sono:

- *keystone.service.js*: rappresenta un *wrapper* (insieme di operazioni incapsulate dentro un singolo blocco di codice) alle principali API di autenticazione di *Keystone*;
- *swift.service.js*: è un *wrapper* verso le API di *Swift*.

Tecnicamente l'interazione con i servizi REST di *OpenStack* è realizzata attraverso l'invio di richieste AJAX dal *browser client*³⁸ verso l'applicazione web *SwiftApp*, la quale interrogherà gli *endpoint* di *Keystone* e *Swift* tramite le funzionalità implementate dai due suddetti services. A tal fine è stata abilitata la funzionalità *Cross-Origin Resource Sharing (CORS)*³⁹ sia per gli *endpoint* del server *Swift* (componente *Swift-Proxy*) che di *Keystone*. *CORS* è un meccanismo che utilizza *headers HTTP* aggiuntivi per istruire il browser indicandogli la possibilità di consentire ad una *web application* in esecuzione su un'origine (dominio) di accedere a risorse localizzate su un'origine differente. Una *webapp* esegue quindi una *HTTP CORS request* quando richiede una risorsa che ha un'origine diversa (dominio, protocollo e porta) rispetto alla propria.

Swift supporta le *CORS*⁴⁰ *requests* sia sui *containers* (contenitori) che sugli *objects* (file veri e propri). In particolare, gli *headers* aggiuntivi per abilitare le *HTTP CORS requests* vengono predisposti come metadati sui *container* e di conseguenza vengono applicati a tutti gli oggetti in essi contenuti. È possibile aggiungere tali metadati interagendo coi *container* attraverso la *Swift CLI*.

³⁶ <https://docs.angularjs.org/guide/services>

³⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Singleton_pattern

³⁸ https://www.w3schools.com/xml/ajax_xmlhttprequest_send.asp

³⁹ <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/CORS>

⁴⁰ <https://docs.openstack.org/swift/latest/cors.html>

La tabella (Tabella 1) di seguito mostra i metadati disponibili in Swift per aggiungere gli *HTTP header* richiesti per abilitare le richieste CORS.

Metadata	Use
<i>X-Container-Meta-Access-Control-Allow-Origin</i>	<i>Origins to be allowed to make Cross Origin Requests, space separated.</i>
<i>X-Container-Meta-Access-Control-Max-Age</i>	<i>Max age for the Origin to hold the preflight results.</i>
<i>X-Container-Meta-Access-Control-Expose-Headers</i>	<i>Headers exposed to the user agent (e.g. browser) in the actual request response. Space separated.</i>

Tabella 1 Metadati disponibili in *Swift* per manipolare gli *header* HTTP per l'abilitazione dei CORS.

Tra gli aspetti più interessanti analizzati durante la fase di *test* vi è quello di sfruttare la possibilità di integrare un insieme personalizzato di Metadati da associare agli oggetti digitali. Tali metadati sono definibili tramite apposite chiamate agli *endpoint* REST di *Swift* implementate nel servizio *singleton swift*. In questo modo a ciascun *container* e *object* vengono associati dei Metadati specifici ed altamente descrittivi del dato archiviato.

Questa caratteristica rappresenta un aspetto di alto interesse per l'Istituto in quanto permette di effettuare elaborazioni successive alla fase di memorizzazione in maniera rapida ed efficiente, senza dover recuperare tali informazioni dal dato stesso. Un esempio di metadati associati a oggetti digitali (video, dati, ecc.) acquisiti ed archiviati durante un evento di interesse potrebbero essere: geolocalizzazione, tipo di attività, ora e relativa serie temporale (ad es. Sicilia, Etna, Stromboliana, dicembre 2018).

Risultati ottenuti e lavori futuri

Una prima versione alpha del prototipo dell'applicazione *SwiftApp* (Figura 3) è stata ampiamente valutata da diversi test internamente presso l'Osservatorio Etneo.

L'applicazione sfrutta una installazione di *Swift* interna ad un *deployment* di una *IaaS OpenStack*. I dati gestiti da *Swift* sono dati reali, che vengono caricati (*upload* con operazioni di POST e PUT) periodicamente (con cadenza giornaliera e delta temporali di un'ora circa) dal servizio aggiuntivo e complementare sviluppato parallelamente alla *SwiftApp*.

Dai primi test effettuati, il *backend Swift* ha reagito positivamente al carico di operazioni *read/write*. L'interfaccia grafica è stata invece sottoposta a *test* da un *team* di quattro persone al fine di migliorarne le funzionalità di UX/UI. Successivamente a questa prima fase di test del prototipo, bisognerà agire sia sul *core* (nucleo) logico dell'applicazione che sulla parte di presentazione al fine di consolidare e rendere stabili le funzionalità base.

Parallelamente a tali operazioni di test, si sta valutando di comporre un insieme dei Metadati più caratteristici che possano permettere una efficiente consultazione ed elaborazione (ad es. ricerca tramite metadati, ovvero realizzazione di reportistica basata sui metadati) degli oggetti memorizzati.

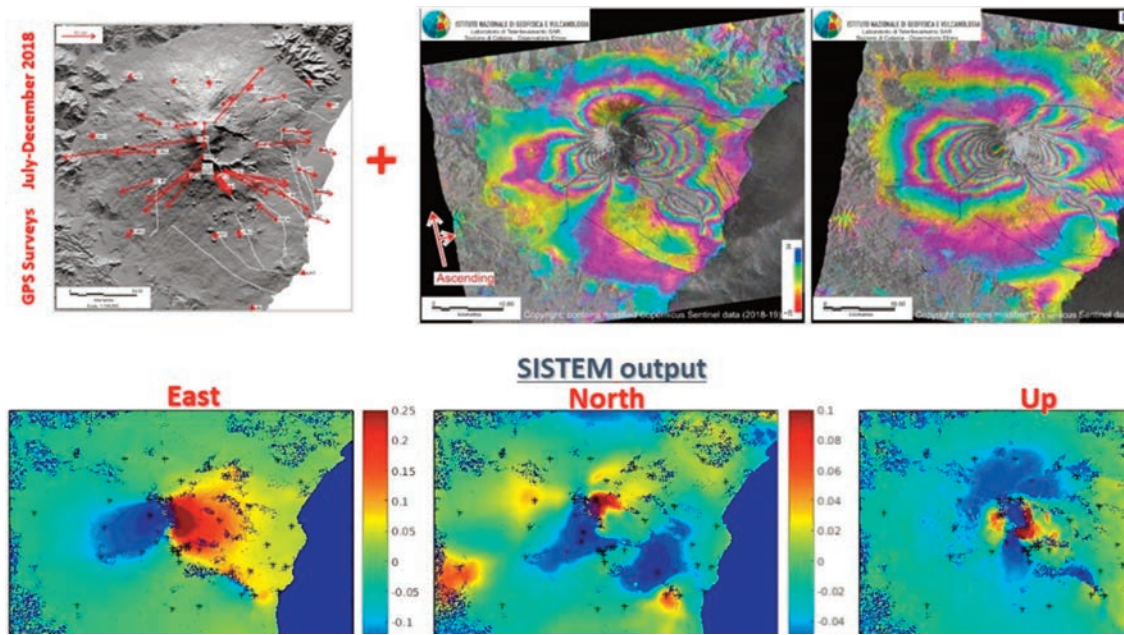


Figura 3 Alcuni screenshot della applicazione attualmente in fase di test a Catania: Login view a sinistra e Main view a destra con dettaglio sui Metadata di un oggetto selezionato.

WP2 - RETE MULTIPARAMETRICA



Il progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro” si è posto l’obiettivo di realizzare una rete multiparametrica a scala nazionale caratterizzata dalla presenza, nello stesso luogo, di sensori di varia tipologia: velocimetro, accelerometro, GPS e rilevatore radon, alimentati e/o trasmessi in modo integrato.

L’obiettivo del WP2, promuovendo in alcuni casi il potenziamento di stazioni permanenti già esistenti, è quello di realizzare siti multiparametrici che rispondano in modo integrato agli obiettivi della rete a scala nazionale e che tenga conto, per quelle stazioni in area vulcanica, delle specifiche necessità di acquisizione di dati geofisici della medesima area di riferimento. Si realizza così un incremento significativo della qualità e quantità di dati geofisici raccolti.

Le maggiori reti di monitoraggio permanenti dell’INGV, ovvero la Rete Sismica Nazionale (RSN) e la Rete Integrata Nazionale GNSS (RING), costituiscono la base sulla quale il progetto è intervenuto e dalla quale sono stati selezionati circa 40 siti divenuti multiparametrici. A questo importante obiettivo, è stato affiancato un ulteriore proposito ovvero quello di aumentare la solidità e l’affidabilità della trasmissione del dato prodotto tramite opere che garantiscano una ridondanza nel sistema di alimentazione e là dove possibile il doppio vettore di trasmissione.

Il progetto ha fatto sì che le varie reti INGV, compresa quella di recente sviluppo per il rilevamento del radon (*Italian Radon mOnitoring Network - IRON*), siano state viste nel loro insieme, come un’unica rete che risponde alla necessità di un campionamento multi-parametrico degli osservabili geofisici e geochimici. Questa elevata eterogeneità, dovuta principalmente alla integrazione di reti tra loro molto diverse sia dal punto di vista tecnico che scientifico, presenta dei concreti vantaggi in termini di flessibilità e ricchezza dei dati prodotti.

Sono stati identificati dei referenti per ognuna delle Sezioni dell’INGV coinvolte nel WP2: Milena Moretti e Grazia Pietrantonio per l’ONT, Antonio Piersanti per Roma 1, Massimo Orazi per l’OV, Salvatore Claudio Alparone e Marco Neri per l’OE.

Per il raggiungimento degli obiettivi, è stato reclutato del personale a tempo determinato e sono stati portati a termine numerosi acquisti per l’approvvigionamento della strumentazione da installare.

Sandro Rao

The objective of WP2 was creating a multi-parametric network on a national scale characterized by the presence of sensors of various types: seismometer, accelerometer, GPS and radon detector, powered and / or transmitted in an integrated way.

This goal was realized by upgrading existing permanent stations, including some stations in the volcanic area. In this way, an effective increase in the quality and quantity of geophysical data collected is achieved.

The major permanent monitoring networks of INGV, namely the National Seismic Network (RSN) and the Integrated National GNSS Network (RING), are the basis on which the project started working: about 40 sites became multiparametric. Moreover the project worked to increase the validity and reliability of the transmission of the stations and to ensure redundancy in the power supply system introducing, where possible, the double transmission vector. The project aimed to integrate the various INGV networks, including Italian Radon monitoring Network (IRON).

In this WP the work was coordinated by Sandro Rao, Antonio Piersanti, Milena Moretti and Grazia Pietrantonio (ONT), Massimo Orazi (OV), Salvatore Claudio Alparone and Marco Neri (OE).

To achieve the objectives of the WP instrumentation was purchased and technicians on contract were recruited.

Sandro Rao

Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti

Sandro Rao¹, Salvatore Claudio Alparone², Valentina Cannelli³, Ezio D'Alema⁴,
Antonino D'Alessandro¹, Sergio Di Prima², Marco Massa⁴, Milena Moretti¹,
Massimo Orazi⁵, Antonio Piersanti³, Grazia Pietrantonio¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 1, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Italia

⁵Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

Autore corrispondente: sandro.rao@ingv.it

Introduzione

La multidisciplinarietà della ricerca e la multiparametricità delle misure sono due elementi che in questi ultimi tempi hanno suscitato l'interesse e reso disponibili risorse dalle principali Agenzie internazionali che finanziano la ricerca scientifica nel campo delle Scienze della Terra. Le maggiori iniziative internazionali atte all'analisi dell'effetto dei molteplici e complessi fenomeni geofisici che regolano le dinamiche terrestri e il loro impatto sull'ambiente e sulla società hanno indirizzato le proprie risorse al potenziamento delle infrastrutture di osservazione, per coadiuvare sia gli studi teorici che quelli sperimentali.

In tale ambito si colloca il presente progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", articolato in molteplici task, ed in particolare il WP2 relativo al potenziamento dell'infrastruttura della Rete Sismica Nazionale (RSN⁴¹ [Michelini et al., 2016]). Partendo nella maggior parte dei casi da siti già esistenti, attraverso l'integrazione di sensori velocimetrici, accelerometrici, geodetici e geochimici, si è voluto acquisire contemporaneamente e per lo stesso luogo il maggior numero di variabili geofisiche, realizzando così le basi per una rete sismica multiparametrica [Rao et al., 2018]. Nelle aree vulcaniche, viste le loro peculiarità e complessità dei fenomeni geofisici in gioco, si sono aggiunte rispetto ad altri siti, delle variabili, come le tiltmetriche ad esempio, in grado di fornire un quadro il più possibile completo del fenomeno osservato e da studiare [Di Prima et al., 2020; Orazi et al., 2020]. Altro aspetto preso in considerazione è stato migliorare l'affidabilità del dato, attraverso l'introduzione di sistemi di *back-up* dell'alimentazione in sito e l'adozione di apparati di trasmissione in grado di gestire un collegamento ridondato verso il centro di acquisizione della sede di Roma o di altre sezioni dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Hanno preso parte al progetto gruppi trasversali alle diverse sezioni dell'INGV, ognuno secondo il suo campo di competenza. L'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) si è concentrato sul completamento di alcune stazioni in Italia centrale con la componente accelerometrica, sulla ridondanza di trasmissione del dato [Farroni et al., 2020a], sul *backup* dei sistemi di alimentazione e sull'installazione di alcune stazioni multiparametriche in Sicilia in zone non vulcaniche [Rao et al., 2020]. L'Osservatorio Etneo (OE) e l'Osservatorio Vesuviano (OV) hanno operato nelle aree vulcaniche campane e siciliane di loro competenza (maggiori dettagli in [Di Prima et al., 2020; Orazi et al., 2020]). La Sezione di Roma 1 ha collaborato trasversalmente fornendo ai tre osservatori la strumentazione geochimica [Cannelli et al., 2020] e ha tenuto una stretta collaborazione con l'ONT per la realizzazione tecnica di nuovi apparati geochimici in grado di

⁴¹ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/IV>

connettersi sulla rete ethernet, con la finalità di condividere i medesimi vettori di comunicazione impiegati dalle altre tipologie di acquisitori [Farroni et al., 2020a].

Risultati

Le attività progettuali riguardanti il campo sismico, geodetico e geochimico, pur procedendo in maniera parallela e nella massima autonomia una dall'altra, si sono comunque concretizzate nella realizzazione della rete multiparametrica illustrata in Figura 1. Come si evince dalla descrizione riguardante la tipologia degli strumenti presenti nei vari siti, si osserva una certa disomogeneità dal momento che per motivi scientifici, in seguito a molteplici sopralluoghi, non tutti i posti sono risultati idonei per l'installazione di determinati apparati. Da tenere inoltre in considerazione l'aspetto dei fondi a disposizione, che comunque non avrebbero consentito una maggiore espansione della rete multiparametrica, rispetto a quella di fatto ottenuta. Per tale ragione, fin dall'inizio, sono state individuate, come utili alla finalità del progetto, tutte quelle stazioni che erano già dotate di un certo grado di multiparametricità, in maniera che si potesse puntare sul completamento del maggior numero di siti possibile.



Figura 1 Mappa della rete multiparametrica realizzata. Ogni colore rappresenta la presenza di determinati sensori. V = velocimetro, A = accelerometro, G = GPS geodetico, R = radonometro. “VAR” sta quindi ad indicare una stazione con presenza di velocimetro, accelerometro e radonometro. I nuovi siti invece sono indicati con “NEW” (cerchi in nero).

Dalla mappa in Figura 1 si osservano due siti nuovi (cerchi neri) previsti in Toscana e in Lombardia, il cui completamento avverrà molto presumibilmente con il co-finanziamento di fondi non direttamente collegati al presente progetto. Si può inoltre notare la presenza di diverse stazioni nell'area gestita dalla Sezione di Milano, in cui si sta procedendo all'integrazione dei segnali velocimetrici con quelli già presenti di tipo accelerometrico. Per queste installazioni, considerato il contesto dell'area, vengono utilizzati velocimetri con periodo proprio non inferiore a 5 secondi, in modo da garantire una buona registrazione del moto a lunghi periodi, tipico dei bacini alluvionali profondi.

Nella Figura 2 viene riportato l'incremento in percentuale della strumentazione rispetto al numero totale di stazioni, in seguito allo svolgimento del progetto.

Come si può osservare l'incremento maggiore spetta alla parte dei sensori accelerometrici e velocimetrici, dal momento che l'integrazione dei due sensori è logisticamente di facile realizzazione e consiste solo nell'installazione del sensore mancante e nella espansione o sostituzione dell'acquisitore che deve prevedere 6 canali per soddisfare la trasmissione del segnale sismo-accelerometrico. In tale contesto non sono previsti lavori strutturali in sito.

README PARAMETRI EVENTO | ID: 24303781 | Tempo: 2020-04

START: mar 12 mag 2020, 08.54.37, UTC
ONLINE: mar 12 mag 2020, 09.06.14, UTC
STOP: mar 12 mag 2020, 09.08.05, UTC

INDICE DI QUALITA: A (verde)
INDICE DI QUALITA: B (giallo)
INDICE DI QUALITA: C (rosso)
INDICE DI QUALITA: D (violetto)

Search:

Staz	Can	Rete	Download	Stato	Causa	Modif	%T	%M1 20	%M2 B	%S1 20	%S2 B	R_PGA	RN_PGA	R_PGV	RN_PGV	Epi [km]
ENIC	HNE	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	89.00	18.88	59.36	15.73	50.35	0.334	0.990	0.159	0.480	42.7
HVZN	HNN	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	73.00	9.59	23.00	17.73	103.19	0.358	1.062	0.219	0.661	65.7
SSY	HNE	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	91.00	12.85	29.25	22.40	89.22	0.899	2.667	0.458	1.379	80.4
SSY	HNN	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	92.00	12.96	30.33	22.61	92.50	0.772	2.292	0.398	1.200	80.4
ENIC	HNN	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	88.00	17.34	51.48	14.44	43.67	0.246	0.729	0.070	0.211	42.7
ENIC	HNZ	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	81.00	8.01	21.25	6.67	18.03	-0.222	-0.708	-0.181	-0.588	42.7
EVRN	HNE	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	55.00	4.55	13.77	5.65	13.56	-0.319	-0.948	-0.533	-1.605	51.0
EVRN	HNN	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	60.00	6.22	20.76	7.73	20.44	-0.192	-0.569	-0.415	-1.249	51.0
GALF	HNE	IV	DOWN-OK	GOOD	OK	NO	83.00	3.27	9.68	6.48	15.29	-1.993	-5.915	-1.894	-5.706	5.1

Figura 2 Aumento percentuale degli strumenti installati con il progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", stimato sul numero totale dei siti individuati.

Ben più complesso è il discorso geodetico. In questo caso, per valutare la fattibilità della realizzazione di nuove stazioni geodetiche, sono stati necessari numerosi sopralluoghi su siti della RSN: solo pochi di questi siti rispondevano agli stringenti criteri per l'installazione geodetica, molti altri invece si sono rivelati non idonei per motivi geologici e/o a causa di problemi nella ricezione del segnale GNSS, dovuti ad ostruzioni o ad interferenze. Inoltre, va considerato che le opere di monumentazione ed installazione di una stazione geodetica necessitano di professionalità specifiche e di costi piuttosto elevati. Questi motivi hanno determinato una percentuale di incremento dei sensori geodetici abbastanza contenuta. Maggiori dettagli in Pietrantonio et al. [2020].

Anche la presenza del radonometro non si è potuta estendere alla totalità dei siti, perché in alcuni casi non si sono trovate le condizioni ambientali ottimali per la produzione di un dato scientificamente attendibile, legate principalmente alla presenza di correnti d'aria, che avrebbero alterato la validità del dato prodotto. In compenso, alle problematiche testé riportate, un risultato importante per lo sviluppo soprattutto della futura rete geochemica IRON (*Italian Radon mOnitoring Network* [Cannelli et al., 2018; 2020; Soldati et al., 2019]) è stata la realizzazione di un nuovo apparato che come già detto ha permesso la trasmissione del dato su una comune

porta ethernet, tramite protocollo TCP/IP [Farroni et al., 2020b]. Tale pratica ha permesso l'installazione di radonometri, che normalmente erano dotati di collegamenti UMTS e che generalmente necessitavano di un'antenna esterna per la trasmissione in tempo reale, anche in gallerie o siti ipogei, come quello del Monte Soratte (montagna del Lazio, nella provincia di Roma, nel mezzo della valle del Tevere) o all'interno della galleria che ospita la stazione sismica di Bardonecchia (in alta Val di Susa in provincia di Torino); precedentemente installazioni di questo genere, potevano solo essere dotate di acquisizione in locale, su supporti di memorizzazione allo stato solido, che periodicamente necessitavano di interventi sul luogo per il prelievo dei dati precedentemente registrati.

Parallelamente all'aspetto prettamente scientifico del completamento in sito dei sensori per acquisizioni multiparametriche, si è effettuato un importante lavoro per aumentare la robustezza e l'affidabilità della trasmissione del dato prodotto [Farroni et al., 2020a]. Per cui la maggior parte dei siti è stata dotata di sistemi di *back-up* dell'alimentazione, tramite moduli *switching*, progettati e costruiti all'uopo, in grado di produrre tutte le tensioni necessarie per il funzionamento degli apparati e continuare a fornirle, grazie all'ausilio di accumulatori, anche in caso di interruzione della tensione di rete. Per quanto riguarda la ridondanza della trasmissione del dato, sono stati impiegati sia prodotti *high-end* della Viprinet che apparati di più basso costo, in grado di garantire una trasmissione ridondata tramite un unico collegamento VPN (*Virtual Private Network*) che contemporaneamente si avvale di due tecnologie di trasmissione differenti attraverso il principio del *network bonding*. Una chiara dimostrazione della validità di tali sistemi si è avuta durante un *blackout* di circa 15 minuti delle stazioni in tecnologia satellitare KA-SAT, verificatosi nella primavera 2020, dovuto a problemi collegati con il *provider* dei servizi satellitari in cui la stazione di Latina (LATB), dotata di *router* Viprinet e trasmissione supplementare in tecnologia UMTS, non ha subito alcuna perdita di informazioni o interruzioni dello *streaming* sismico (ved. Farroni et al., [2020a]).

Note

Dall'osservazione della mappa della rete multiparametrica riportata in Figura 1 si può notare una evidente mancanza di siti nell'area dell'Irpinia e dell'Italia sudorientale, giustificata dal fatto che ci sono altri importanti progetti in svolgimento che tratteranno l'upgrade dei siti nelle suddette aree.

Inoltre, a seguito dell'emergenza sanitaria legata alla pandemia di COVID-19, molte delle attività previste sono state rallentate o addirittura bloccate (i.e durante la straordinaria fase del *lockdown*). Pertanto al momento della stesura del presente lavoro alcune fasi operative sono incomplete, mentre tutti i fondi sono stati impegnati e il materiale già acquistato. La rete descritta è pertanto quella alla reale fine del progetto, prevista per dicembre 2020.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti coloro che hanno contribuito all'attuazione del progetto, considerando che quanto è stato realizzato è il frutto di una proficua collaborazione tra colleghi dell'INGV di varie Sezioni, che lavorano ogni giorno sulla RSN, sulla rete geodetica RING⁴² e sulla rete geochimica IRON.

Si ringraziano inoltre i tecnici del laboratorio dell'ONT, per aver preparato e configurato tutto il materiale tecnico (sensori, acquisitori, routers, alimentatori, UPS, ecc) che è stato successivamente installato.

⁴² <http://ring.gm.ingv.it/>

Bibliografia

- Cannelli V., Galli G., Rao S., Farroni S., Salvaterra L., Piersanti A., (2020). *La rete di monitoraggio radon IRON all'interno del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro": integrazione con la Rete Sismica Nazionale*. Misc. INGV, questo volume.
- Cannelli V., Piersanti A., Galli G., Melini D., (2018). *Italian Radon mOnitoring Network (IRON): A permanent network for near real-time monitoring of soil radon emission in Italy*. *Annals of Geophysics*, 61(4), 2018; DOI: 10.4401/ag-7604.
- Di Prima S., Rossi P., Alparone S.C., (2020). *Stazioni multiparametriche di competenza dell'Osservatorio Etno*. Misc. INGV, questo volume.
- Farroni S., Acerra A., Galli G., Salvaterra L., Rao S., Thorossian W., (2020b). *La rete di monitoraggio radon IRON: trasmissione dei dati su rete TCP/IP*. Misc. INGV, questo volume.
- Farroni S., Salvaterra L., Rao S., (2020a). *La ridondanza di trasmissione di una stazione multiparametrica*. Misc. INGV, questo volume.
- Michelini A., Margheriti L., Cattaneo M., Cecere G., D'Anna G., Delladio A., Moretti M., Pintore S., Amato A., Basili A., Bono A., Casale P., Danecsek P., Demartin M., Faenza L., Lauciani V., Mandiello A.G., Marchetti A., Marcocci C., Mazza S., Mele F.M., Nardi A., Nostro C., Pignone M., Quintiliani M., Rao S., Scognamiglio L., and Selvaggi G., (2016). *The Italian National Seismic Network and the earthquake and tsunamis monitoring and surveillance systems*. *Adv. Geosci.*, 43, 31–38, <https://doi.org/10.5194/adgeo-43-31-2016>, 2016.
- Orazi M., Liguoro F., Nardone L., (2020). *Una stazione multiparametrica per il monitoraggio delle aree vulcaniche*. Misc. INGV, questo volume.
- Pietrantonio G., Avallone A., Cavaliere A., Cecere G., D'Agostino N., D'Ambrosio C., Devoti R., Esposito A., Galvani A., Iannarelli M., Martelli L., Massucci A., Selvaggi G., Sepe V., Serpelloni E., (2020). *La rete di monitoraggio geodetico*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Bignami C., Cannelli V., Cavaliere A., D'Alema E., D'Alessandro A., D'Anna R., Delladio A., Di Gangi F., Farroni S., Galli G., Giovani L., Iannarelli M., Martelli L., Massa M., Massucci A., Moretti M., Pantaleo D., Passafiume G., Perfetti M., Piccolini U., Piersanti A., Pietrantonio G., Salvaterra L., Scudero S., Speciale S., Vitale G., (2020). *La rete multiparametrica dell'Osservatorio Nazionale Terremoti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Moretti M., Piersanti A., Margheriti L., Pietrantonio G., Pintore S., Stramondo S., Alparone S.C., Cannelli V., Neri M., Orazi M., Sepe V., (2018). *Project for an Italian multiparametric seismic network*. In: *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 20, EGU2018-13022. EGU General Assembly 2018.
- Soldati S., Cannelli V., Ascani M., Atzori S., Ciaccio M.G., De Astis G., Galli G., Melini D., Nardi A., Serratore A., Piersanti A., (2019). *IRON: Italian Radon mOnitoring Network*. In: *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 21, EGU2019-2683. EGU General Assembly 2019.

La rete multiparametrica dell'Osservatorio Nazionale Terremoti

Sandro Rao¹, Christian Bignami¹, Valentina Cannelli², Adriano Cavaliere³, Ezio D'Alema⁴, Antonino D'Alessandro¹, Roberto D'Anna¹, Alberto Delladio¹, Fabio Di Gangi¹, Stefano Farroni¹, Gianfranco Galli², Lucian Giovanni¹, Mirko Iannarelli¹, Leonardo Martelli³, Marco Massa⁴, Angelo Massucci¹, Milena Moretti¹, Debora Pantaleo¹, Giuseppe Passafiume¹, Massimo Perfetti¹, Ulderico Piccolini¹, Antonio Piersanti⁴, Grazia Pietrantonio¹, Leonardo Salvaterra¹, Salvatore Scudero¹, Stefano Speciale¹, Giovanni Vitale¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 1, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Italia

Autore corrispondente: sandro.rao@ingv.it

Introduzione

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", la sezione INGV dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT), ha rivolto l'attenzione principalmente nel centro Italia e nelle aree non vulcaniche della Sicilia. La scelta di convogliare le attività di potenziamento in queste due aree è stata attentamente ponderata: da un lato la necessità di ottimizzare e irrobustire la rete di monitoraggio in centro Italia, un'area ad elevatissimo rischio interessata negli ultimi anni da importanti sequenze sismiche, dall'altro quello di avviare lo sviluppo della rete multiparametrica in Sicilia, un territorio che offre una innumerevole varietà di ambienti e sotto-sistemi, che rendono tale regione un laboratorio naturale unico al mondo.

Gli interventi ONT possono essere essenzialmente raggruppati in due categorie: quelli finalizzati all'aumento del grado di multiparametricità del sito e quelli mirati all'aumento del livello di affidabilità e robustezza del servizio. La presenza simultanea di molteplici sensori permette infatti di migliorare la comprensione del fenomeno sismico e dei fenomeni ad esso associati, di aprire nuove prospettive per la valutazione della pericolosità sismica, per la previsione probabilistica dei terremoti, per la prevenzione e l'aumento di resilienza, e più in generale per la mitigazione del rischio sismico. Mentre sistemi di *back-up* dell'alimentazione e la ridondanza di trasmissione, garantiscono una maggiore continuità soprattutto per le stazioni considerate strategiche per il servizio di monitoraggio e di sorveglianza sismica.

Risultati

In Figura 1 è mostrata l'ubicazione dei siti di competenza ONT oggetto di potenziamento nell'ambito del "S.O.I.R. monitoraggio futuro". La maggior parte dei siti selezionati già costituivano la Rete Sismica Nazionale (RSN)⁴³ [Michelini et al., 2016]). Per conferire un maggior grado di multiparametricità ai siti individuati, sono stati aggiunti ove opportuno o possibile, accelerometri, sensori radon, apparati Global Navigation Satellite System (GNSS) e, in via del tutto sperimentale, all'installazione di alcuni corner reflector in modo da consentire l'osservazione del più alto numero di variabili geofisiche/geochimiche.

⁴³ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/IV>

La coesistenza di un sensore accelerometrico e di un velocimetro, risulta di fondamentale importanza per la completa caratterizzazione del moto del suolo generato da un terremoto, dal momento che l'insieme dei due sensori permette di aumentare notevolmente la dinamica complessiva dei dati prodotti e quindi l'intervallo di misure correttamente osservabili, senza la presenza di saturazioni.

In Figura 2 viene mostrato, a titolo di esempio, la stazione multiparametrica (ACATE): a sinistra viene mostrato il pozzetto in cemento che ospita un velocimetro (Lennartz Le-3D 5 sec.), un accelerometro (Titan Nanometrics) e un radonometro. L'accelerometro è stato installato (ancorato) nello stesso pozzetto in cui era installato il sensore velocimetrico al fine di garantire la massima coerenza tra i

segnali registrati tra i due sensori e permettere, previo opportuno pre-processamento dei segnali, un più semplice e immediato confronto tra le forme d'onda registrate in occasione di futuri terremoti. Sia per l'esempio citato, che per tutti gli altri siti di RSN in cui si è ritenuto opportuno installare un accelerometro, l'intervento ha previsto l'aggiornamento del datalogger sismico da 3 a 6 canali, e dove necessario, l'adeguamento del sistema di alimentazione e trasmissione.



Figura 1 Mappa dei siti della RSN di competenza ONT sui quali sono stati effettuati dei potenziamenti in virtù del presente progetto. Le sigle stazione e i diversi colori sono funzione dei diversi sensori installati in ogni sito: V=velocimetro, A=accelerometro, G=GPS geodetico, R=radonometro. A titolo esemplificativo, VAR sta quindi ad indicare un sito con presenza di velocimetro, accelerometro e radonometro; con NEW vengono indicati i nuovi siti.

Lo studio delle anomalie nei valori di concentrazione del gas radon (Rn), presenti in sito, ha negli ultimi tempi rivelato delle possibili relazioni con deformazioni crostali dovute a stress tettonici. I sensori radon installati nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", afferiscono alla rete INGV *Italian Radon mOnitoring Network* (IRON, [Cannelli et al., 2018; Soldati et al., 2019]) che conta oggi oltre 30 stazioni, perlopiù co-locate nei siti della RSN. L'implementazione della rete IRON è un importante obiettivo da perseguire, raggiungibile grazie ai recenti sviluppi nel campo della sensoristica per la misurazione della concentrazione di Rn, oggi sempre più accurata ed economica. La simbiosi con la RSN nasce dal fatto che i "pozzetti" realizzati per ospitare la strumentazione sismica, si sono rilevati ottime camere d'accumulo in grado di rendere più accurata la lettura delle concentrazioni di Rn. Maggiori dettagli in Cannelli et al. [2020].



Figura 2 Esempio di stazione multiparametrica (ACATE): a sinistra è visibile il pozzetto in cemento che ospita un velocimetro, un accelerometro e un radonometro, mentre a destra è ripreso *corner reflector* per applicazioni SAR. La struttura è formata da una base di sostegno in acciaio inox e da un triedro in alluminio perforato, orientabile in funzione della traiettoria di passaggio del satellite.

La presenza di sistemi GNSS e *corner reflector* permettono lo studio dei processi di accumulo e rilascio di deformazione, durante le varie fasi di un evento sismico, i primi attraverso l'acquisizione di dati GPS, riferiti allo spostamento di un punto geodetico, mentre i secondi tramite tecniche di interferometria InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) che si basa sullo studio delle differenze tra due immagini, prodotte dalla riflessione di onde radar, provenienti da satelliti orbitanti intorno alla Terra. I siti che hanno beneficiato dell'installazione di stazioni GNSS per il monitoraggio geodetico, afferiscono alla rete Rete Integrata Nazionale GNSS dell'INGV (RING⁴⁴ [Avallone et al., 2010]). Tali strumenti sono in grado di fornire la posizione 3D di un punto con precisioni sub-centimetriche. Grazie alle reti geodetiche, si è in grado di rilevare trend di deformazioni nel medio e lungo termine, ma anche di registrare il movimento del suolo in occasione di forti eventi sismici mediante acquisizioni ad alta frequenza (da 1 a 100 Hz). Maggiori informazioni in Pietrantonio et al. [2020].

Lo sviluppo della rete multiparametrica nell'ambito del presente progetto, è stata inoltre l'occasione per sperimentare l'installazione di un nuovo elemento denominato *corner reflector* o riflettore radar [Massonnet et al., 1993]. L'obiettivo della suddetta sperimentazione, è stata

⁴⁴ <http://ring.gm.ingv.it/>

quella di avviare lo sviluppo di una rete di dispositivi in grado di riflettere in maniera ottimale le onde elettromagnetiche emesse da alcuni satelliti che implementano la tecnica di rilevamento denominata interferometria SAR (InSAR). Da una ventina d'anni la tecnica InSAR permette di osservare e misurare con grande dettaglio le deformazioni della superficie terrestre su vaste aree. L'interferometria SAR si basa sulla differenza tra due immagini acquisite con un sensore radar in condizioni geometriche identiche ma in due istanti di tempo differenti. La mappa delle differenze di fase presenti tra due immagini SAR viene denominata interferogramma. I riflettori radar, sono delle strutture costituite da tre superfici piane, mutualmente perpendicolari, che sono in grado di riflettere quasi totalmente il segnale SAR. Si tratta di sistemi passivi, ancorati solidalmente al suolo o a strutture stabili, che opportunamente orientati costituiscono dei capisaldi fondamentali in aree che per loro natura hanno una risposta molto rumorosa al segnale SAR. La parte destra della Figura 2 mostra a titolo esemplificativo uno dei corner reflector installati dall'ONT in Sicilia (stazione di ACATE). Si tratta di una rete assolutamente sperimentale di cui al momento si sta verificando l'efficacia per l'applicazione della tecnica InSAR. Inoltre, per migliorare il livello di affidabilità e robustezza del servizio di monitoraggio e di sorveglianza sismica, si è intervenuti sui sistemi di *back-up* dell'alimentazione e di ridondanza di trasmissione dati.

Per l'alimentazione sono stati ideati e realizzati opportuni moduli *switching* (Figura 3, a sinistra), in grado di erogare un ampio *range* di basse tensioni continue, che unitamente a degli accumulatori da 12V forniscono l'alimentazione necessaria a tutti gli apparati presenti in sito anche in mancanza della tensione di rete di 230V. Per quanto riguarda la ridondanza di trasmissione è stato installato nella stazione di LATB (Latina, Figura 3, centro e a destra) un sistema Viprinet 310, in grado di gestire una connessione VPN con il centro di acquisizione di Roma, sfruttando contemporaneamente due tipi diversi di connettività, una satellitare e l'altra UMTS che è direttamente integrata nella tecnologia del Viprinet. Maggiori dettagli in Farroni et al. [2020].



Figura 3 A sinistra è visibile il modulo *switching* in grado di fornire il *back-up* dell'alimentazione di stazione. Al centro e a destra invece viene ritratto sistema di ridondanza di trasmissione realizzato presso la stazione di LATB (Latina).

Infine su alcuni siti, come ad esempio nella stazione di Monte Argentario (MAON), è stato installato un sistema di telecontrollo, che servendosi di un collegamento UMTS dedicato, è in grado di colloquiare con un *server*, ubicato nei laboratori della sede romana, al fine di trasmettere lo stato di funzionamento dei vari apparati remoti o viceversa di eseguire delle operazioni di *reset* della strumentazione in seguito all'invio di comandi, impartiti da un operatore remoto.

Bibliografia

- Avallone A., Selvaggi G., D'Anastasio E., D'Agostino N., Pietrantonio G., Riguzzi F., Serpellon, E., Anzidei M., Casula G., Cecere G., D'Ambrosio C., De Martino P., Devoti R., Falco L., Mattia M., Rossi R., Tammaro U., L. Zarrilli L., (2010). *The RING network: improvement of a GPS velocity field in Central Mediterranean*. Annals of Geophysics, 53 (2), DOI: 10.4401/ag-4549.
- Cannelli V., Galli G., Farroni S., Salvaterra L., Piersanti A., (2020). *La rete di monitoraggio radon IRON all'interno del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro": integrazione con la Rete Sismica Nazionale*. Misc. INGV, questo volume.
- Cannelli V., Piersanti A., Galli G., Melini D., (2018). *Italian Radon mOnitoring Network (IRON): A permanent network for near real-time monitoring of soil radon emission in Italy*. Annals of Geophysics, 61(4), 2018; DOI: 10.4401/ag-7604.
- Farroni S., Salvaterra L., Rao S., (2020). *La ridondanza di trasmissione di una stazione multiparametrica*. Misc. INGV, questo volume.
- Massonnet D., Rossi M., Carmona C., Adragna F., Peltzer G., Feigl K. and Rabaute T., (1993). *The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry*. Nature, 364: 138–142
- Michelini A., Margheriti L., Cattaneo M., Cecere G., D'Anna G., Delladio A., Moretti M., Pintore S., Amato A., Basili A., Bono A., Casale P., Danecek P., Demartin M., Faenza L., Lauciani V., Mandiello A.G., Marchetti A., Marcocci C., Mazza S., Mele F.M., Nardi A., Nostro C., Pignone M., Quintiliani M., Rao S., Scognamiglio L., and Selvaggi G., (2016). *The Italian National Seismic Network and the earthquake and tsunami monitoring and surveillance systems*. Adv. Geosci., 43, 31–38, <https://doi.org/10.5194/adgeo-43-31-2016>, 2016.
- Pietrantonio G., Avallone A., Cavaliere A., Cecere G., D'Agostino N., D'Ambrosio C., Devoti R., Esposito A., Galvani A., Iannarelli M., Martelli M., Massucci A., Selvaggi G., Sepe V., Serpelloni E., (2020). *La rete di monitoraggio geodetico*. Misc. INGV, questo volume.
- Soldati S., Cannelli V., Ascani M., Atzori S., Ciaccio M.G., De Astis G., Galli G., Melini D., Nardi A., Serratore A., Piersanti A., (2019). *IRON: Italian Radon mOnitoring Network*. In: Geophysical Research Abstracts. Vol. 21, EGU2019-2683. EGU General Assembly 2019.

La rete di monitoraggio geodetico

Grazia Pietrantonio¹, Antonio Avallone¹, Adriano Cavaliere², Gianpaolo Cecere¹, Nicola D'Agostino¹, Ciriaco D'Ambrosio¹, Roberto Devoti¹, Alessandra Esposito¹, Alessandro Galvani¹, Mirko Iannarelli¹, Leonardo Martelli², Angelo Massucci¹, Giulio Selvaggi¹, Vincenzo Sepe¹, Enrico Serpelloni¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna, Italia

Autore corrispondente: grazia.pietrantonio@ingv.it

Introduzione

Importante contributo al raggiungimento dell'obiettivo del WP2 del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", ovvero la realizzazione di una rete multiparametrica a scala nazionale [Rao et al., 2018; 2020a], sarà dato dall'installazione di nuove stazioni GNSS (*Global Navigation Satellite System*). In tale ambito, tenendo conto dei costi della strumentazione geodetica, delle opere di monumentazione ed installazione delle stazioni, le quali necessitano di professionalità specifiche, e del *budget* a disposizione, è stato possibile prevedere 7 nuove stazioni geodetiche [Rao et al., 2020b].

Per l'individuazione dei siti multiparametrici, si è scelto di partire da quelli della Rete Sismica Nazionale (RSN⁴⁵) già esistenti, presso i quali andare ad installare i nuovi sensori. Nella ricerca dei nuovi siti geodetici, si è cercato di conciliare questa indicazione di base con le esigenze dettate sia dalla attuale configurazione, che dagli sviluppi futuri già programmati, della Rete Integrata Nazionale GNSS dell'INGV (RING⁴⁶ [Avallone et al., 2010]. La RING, infrastruttura nata nel 2004 e sviluppatasi notevolmente negli anni seguenti, consta oggi di oltre 200 stazioni GNSS, distribuite su tutto il territorio italiano in maniera più o meno uniforme. L'attuale densità di stazioni nel sud Italia ed il fatto che esista un progetto PON (Progetto "GRINT" PIR_00013⁴⁷ in attuazione dell'Azione II.1 del PON Ricerca e Innovazione 2014-2020) che prevede un consistente numero di nuove installazioni GNSS nelle regioni meridionali ed in Abruzzo, ci hanno indotto ad escludere queste zone dal nostro campo d'azione nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro".

Le attività geodetiche dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) qui presentate, sono state svolte in collaborazione con la Sezione di Bologna.

Risultati

Le 7 nuove stazioni geodetiche previste nell'ambito del progetto diventeranno parte integrante della rete RING dell'INGV e pertanto devono rispettare gli standard ed i criteri di installazione. L'ubicazione delle stazioni è mostrata in Figura 1, per le ragioni già esposte, esse verranno

⁴⁵ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/IV>

⁴⁶ <http://ring.gm.ingv.it/>

⁴⁷ <http://istituto.ingv.it/it/amministrazionetrasparente/disposizioni-general/atti-general/atti-amministrativi-general/decreti-e-delibere/anno-2018/delibere-del-consiglio-di-amministrazione/7827-n-625-allegato-w-verbale-n-4-2018-approvazione-proposte-progettuali-per-partecipazione-a-progetti-grint-insea-dd-n-424-miur-aspetti-operativi-pdf/file.html>

realizzate tutte nell'Italia centro-settentrionale.

Per quanto riguarda l'*hardware*, gli strumenti GNSS sono stati forniti dalla ditta Spektra srl, vincitrice della gara effettuata per l'acquisto: essi sono della casa costruttrice Trimble⁴⁸, in particolare si tratta di ricevitori di ultima generazione *Trimble Alloy* ed antenne geodetiche del tipo *Choke Ring*. Il collaudo degli strumenti acquistati è stato effettuato presso la sede INGV di Grottaminarda.

La ricerca siti geodetica è stata condotta andando preliminarmente ad analizzare i possibili siti della RSN in cui fosse più idoneo, per motivi sia di geometria della rete che di interesse scientifico, installare una stazione GNSS a complemento di quella sismica, tenendo in considerazione anche la configurazione della RING. I requisiti per la installazione di una stazione geodetica sono piuttosto stringenti e differenti da quelli richiesti per la installazione di una stazione sismica. È necessario che ci sia una buona visibilità dei satelliti (e quindi assenza di ostacoli naturali o antropici), che non ci siano disturbi al segnale elettromagnetico dati ad esempio dalla presenza, nelle vicinanze, di antenne trasmettenti su frequenze prossime a quelle dei segnali GNSS; è inoltre fondamentale per installazioni durature ed affidabili, porre particolare attenzione alla litologia presente. A questi requisiti, si aggiungono quelli logistici di sicurezza e raggiungibilità del sito.

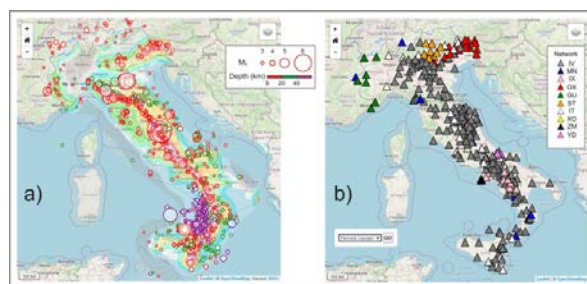


Figura 1 Ubicazione delle nuove stazioni geodetiche. In rosso le stazioni abbinate a stazioni sismiche: ATCC – Casa Castalda, Valfabbrica (PG); BARO – Barbarano Romano (VT); MOMA – Monte Martano (PG); OSSC – Osservatorio del Chianti, San Donato in Poggio (FI). In blu i siti individuati ex novo: Alleronia (TR), Sigillo (PG), Sestino (AR).

I sopralluoghi effettuati hanno portato ad individuare come idonei per l'installazione di 4 stazioni geodetiche, i seguenti siti della RSN (Figura 1, Figura 2): ATCC – Casa Castalda, Valfabbrica (PG); BARO – Barbarano Romano (VT); MOMA – Monte Martano (PG); OSSC – Osservatorio del Chianti, San Donato in Poggio (FI). In tutti questi siti, i requisiti principali sopramenzionati sono soddisfatti e le prove di acquisizione del segnale, effettuate lasciando la strumentazione in acquisizione per alcuni giorni, hanno fornito buoni risultati in termini di rapporto segnale/rumore. Sono stati effettuati sopralluoghi anche in altri siti della RSN che sulla carta erano buoni candidati ad ospitare la stazione GNSS: ARCI – Arcidosso (GR); FIAM – Fiamignano (RI); MPAG

⁴⁸ <https://www.trimble-italia.com/>

– Monte Paganuccio (PU); MPPT – Montemurlo (PO); POPM – Popiglio (PT); RUFU – Rufina (FI). Tali siti sono stati esclusi poiché, in vario modo, non rispondevano ai criteri sopramenzionati (in generale, soprattutto per motivi geologici e/o disturbi del segnale).

Le ulteriori 3 stazioni geodetiche da installare nell'ambito del progetto sono state cercate ed individuate in zone di interesse scientifico e poco coperte dalla rete RING; tali stazioni allo stato attuale non saranno abbinate a stazioni sismiche, ma in futuro l'aggiunta di altri tipi di sensori potrà trasformarle in ulteriori siti multiparametrici. Esse verranno realizzate nei territori comunali di Allerona (TR), Sigillo (PG) e Sestino (AR) (Figura 1); per questi siti sono già stati effettuati con esito positivo sopralluoghi e prove di registrazione del segnale ed allo stato attuale si stanno completando le procedure di richiesta dei permessi per le installazioni.

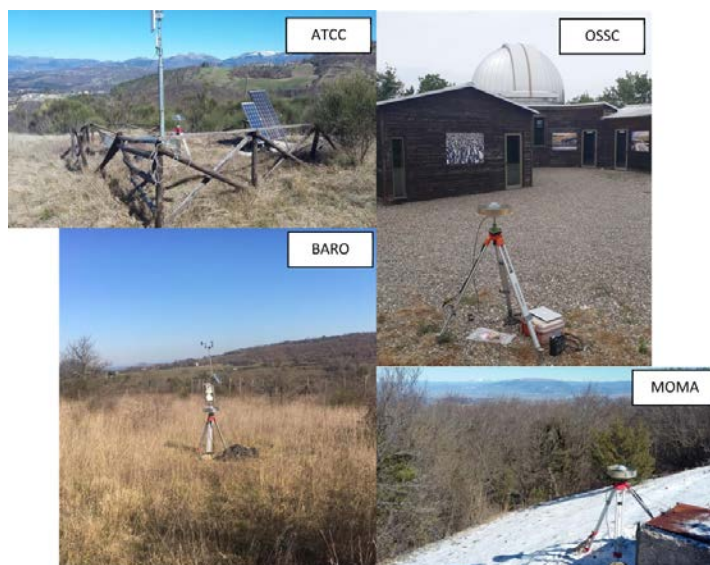


Figura 2 Siti RSN scelti per ospitare le nuove stazioni geodetiche.

Le opere di monumentazione ed installazione saranno realizzate da una ditta con grande esperienza nel settore e seguiranno i criteri utilizzati per la rete RING; tutte le antenne verranno installate su tripodi in acciaio di tipo UNAVCO⁴⁹.

In Figura 3 è mostrato un esempio di installazione tipica di antenna geodetica della rete RING.



Figura 3 Tipica installazione dell'antenna geodetica su tripode in acciaio della rete RING.

⁴⁹ <https://www.unavco.org/instrumentation/monumentation/types/types.html>

Discussione e conclusioni

Le attività geodetiche nell'ambito del WP2 del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" si possono suddividere in 3 parti: acquisto strumentazione, ricerca siti, realizzazione stazioni.

Acquisto strumentazione: la gara per l'acquisto della strumentazione GNSS, con relativa stesura del capitolato tecnico e svolgimento delle procedure burocratiche, ha impegnato una parte importante del progetto, in termini di tempo e di sforzi dedicati. Sono stati acquistati e collaudati strumenti di ultima generazione della casa costruttrice Trimble.

Ricerca siti: nonostante i numerosi sopralluoghi effettuati presso le stazioni sismiche INGV, è stato possibile individuare solo 4 siti idonei alla installazione di stazioni geodetiche, poiché i requisiti per la realizzazione di una stazione GNSS sono molto stringenti e differenti da quelli richiesti per una stazione sismica; inoltre la configurazione attuale della rete RING, ed i suoi sviluppi già previsti nell'ambito di altri progetti, ponevano delle limitazioni geografiche alla ricerca siti. Tuttavia, i 3 nuovi siti non co-locati con stazioni sismiche, per i quali si è anche resa necessaria la richiesta di permessi presso Comuni ed altri Enti, potranno diventare multiparametrici in un prossimo futuro, implementandoli con l'aggiunta di ulteriori sensori, non solo sismici.

Realizzazione stazioni: le opere di monumentazione ed installazione dei 7 siti GNSS sono state affidate alla ditta IDROGEOTEC srl⁵⁰, esperta nel settore; allo stato attuale (agosto 2020) i lavori sono in fase di avvio e saranno portati a termine entro la scadenza prevista (dicembre 2020).

Bibliografia

- Avallone A., Selvaggi G., D'Anastasio E., D'Agostino N., Pietrantonio G., Riguzzi F., Serpelloni E., Anzidei M., Casula G., Cecere G., D'Ambrosio C., De Martino P., Devoti R., Falco L., Mattia M., Rossi R., Tammaro U., L. Zarrilli L., (2010). *The RING network: improvement of a GPS velocity field in Central Mediterranean*. *Annals of Geophysics*, 53 (2), DOI: 10.4401/ag-4549.
- Rao S., Alparone S.C., Cannelli V., D'Alema E., D'Alessandro A., Di Prima S., Massa M., Moretti M., Orazi M., Piersanti A., Pietrantonio G., (2020a). *Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Bignami C., Cannelli V., Cavaliere A., D'Alema E., D'Alessandro A., D'Anna R., Delladi, A., Di Gangi F., Farroni S., Galli G., Giovani L., Iannarelli M., Martelli L., Massa M., Massucci A., Moretti M., Pantaleo D., Passafiume G., Perfetti M., Piccolini U., Piersanti A., Pietrantonio G., Salvaterra L., Scudero S., Speciale S., Vitale G., (2020b). *La rete multiparametrica dell'Osservatorio Nazionale Terremoti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Moretti M., Piersanti A., Margheriti L., Pietrantonio G., Pintore S., Stramondo S., Alparone S.C., Cannelli V., Neri M., Orazi M., Sepe V., (2018). *Project for an Italian multiparametric seismic network*. In: *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 20, EGU2018-13022. EGU General Assembly 2018.

⁵⁰ <http://www.idrogeotec.it/>

Bibliografia

- Rao S., Moretti M., Piersanti A., Margheriti L., Pietrantonio G., Pintore S., Stramondo S., Alparone S.C., Cannelli V., Neri M., Oraz, M., Sepe V., (2018). *Project for an Italian multiparametric seismic network*. In: Geophysical Research Abstracts. Vol. 20, EGU2018-13022. EGU General Assembly 2018.
- Rao S., Alparone S.C., Cannelli V., D'Alema E., D'Alessandro A., Di Prima S., Massa M., Moretti M., Orazi M., Piersanti A., Pietrantonio G., (2020a). *Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Bignami C., Cannelli V., Cavaliere A., D'Alema E., D'Alessandro A., D'Anna R., Delladio A., Di Gangi F., Farroni S., Galli G., Giovani L., Iannarelli M., Martelli L., Massa M., Massucci A., Moretti M., Pantaleo D., Passafiume G., Perfetti M., Piccolini U., Piersanti A., Pietrantonio G., Salvaterra L., Scudero S., Speciale S., Vitale G., (2020b). *La rete multiparametrica dell'Osservatorio Nazionale Terremoti*. Misc. INGV, questo volume.

Stazioni multiparametriche di competenza dell'Osservatorio Etneo

Sergio Di Prima, Paolo Rossi, Salvatore Claudio Alparone

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

Autore corrispondente: sergio.diprima@ingv.it

Introduzione

A causa della peculiare complessità del contesto geologico in cui ricade e della geodinamica associata, il settore orientale della Sicilia è considerato una delle aree a più alto rischio sismico del territorio nazionale italiano. Inoltre, ospitando al suo interno i due vulcani più attivi d'Europa, esso risulta caratterizzato da un'elevata dinamicità di corpi magmatici e da continue attività eruttive. Questo settore è attraversato da importanti e attivi lineamenti strutturali, in alcune porzioni a carattere litosferico, che bordano la costa ionica del siracusano e del catanese, varcano il confine occidentale dei Monti Peloritani e raggiungono l'arcipelago eoliano. Altri importanti elementi tettonici caratterizzati da significativa dinamicità hanno sede in Sicilia orientale nell'area dello Stretto di Messina e nel *plateaux* ibleo. La vivace attività sismotettonica e vulcanica della Sicilia orientale è registrata da un consistente ed efficiente sistema di monitoraggio strumentale, attualmente costituito dalle reti sismiche, infrasoniche, geodetiche (GPS, tiltmetrica, dilatometrica, estensimetrica), gravimetriche, magnetometriche e geochimiche gestite dall'Osservatorio Etneo (OE). Tali reti consentono di avere una visione multidisciplinare dei fenomeni osservati, costituendo sovente, di fatto, una rete multiparametrica. Alcune stazioni sono, infatti, già realizzate come stazioni multi sensore, disponendo, nella gran parte dei siti, oltre che del sensore sismico velocimetrico anche di quello accelerometrico e del ricevitore geodetico GPS.

Nell'ambito del WP2 del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" [Rao et al., 2018; 2020] sono state ottimizzate e potenziate sotto l'aspetto tecnologico e strumentale 6 stazioni multiparametriche, geometricamente distribuite sul territorio in maniera all'incirca omogenea (Figura 1), a copertura delle aree vulcaniche attive (3 stazioni), dell'area peloritana (1 stazione) e dell'area iblea (2 stazioni). L'adeguata copertura territoriale, l'affidabilità continua e la ridondanza degli apparati (tecnologicamente robusti), la potenziale tempestività nella manutenzione, l'accuratezza e la qualità dei dati rilevati di questa "sottorete" hanno rappresentato, pertanto, gli obiettivi del lavoro svolto e qualificano le attuali caratteristiche di cui l'infrastruttura è dotata. Il mantenimento della sua efficienza e la sua partecipazione nell'ambito di una rete multiparametrica nazionale fiduciaria integrata garantiranno nel futuro il monitoraggio e la sorveglianza delle aree più a rischio della Sicilia e di tutto il territorio nazionale.

Le stazioni multiparametriche

Le stazioni multiparametriche, equipaggiate con le strumentazioni riportate nella tabella in Figura 1, rispondono ad alcuni criteri comuni di omogeneità nella sensoristica e negli apparati di supporto. Per tutte le installazioni, il velocimetro impiegato ha una larghezza di banda di 120s. Sia il velocimetro sia l'accelerometro, realizzati dalla Guralp con tecnologia FBA (*Force Balanced Accelerometer*), avendo un *peak full scale* di 10 V differenziale hanno richiesto un'adeguata configurazione degli ingressi degli acquisitori. In tutte le installazioni, sono stati adottati

acquisitori Gaia 2. Tutti i sensori accelerometrici 5TC sono impostati con le stesse specifiche di acquisizione: risposta DC-100Hz e guadagno +/-2g (5 V/g).

Le stazioni sono dotate di ricevitori GPS: del tipo Leica GRX1200 GG Pro, questi supportano anche le funzioni di GLONASS e GPS L2C *tracking*. Inoltre, sono dotati di una porta *Ethernet* per una facile connettività LAN/WAN, una porta d'ingresso di frequenza esterna per un oscillatore esterno, una porta di uscita a impulsi al secondo e un ingresso di evento porta. Completano la dotazione delle stazioni dei rivelatori di Radon a stato solido ÆR-C di produzione della ditta francese Algade [Cannelli et al., 2020]. L'utilizzo di sonde commerciali a basso costo come le ÆR C per scopi di monitoraggio scientifico è resa possibile grazie agli interventi specifici implementati dal laboratorio radionuclidi INGV. In particolare ci riferiamo alla caratterizzazione e correzione della risposta di ogni singolo strumento in funzione dell'umidità assoluta e ad appositi adeguamenti *hardware* per consentire il funzionamento in condizioni ambientali relativamente ostili proprie dei siti d'installazione. L'acquisizione dei dati provenienti dai rivelatori avviene in tempo reale in modalità autonoma attraverso la piattaforma di comunicazione *SigFox*, garantendo al tempo stesso una notevole autonomia di funzionamento grazie ai consumi elettrici molto ridotti. *SigFox* è una rete di telecomunicazione gestita, dedicata all'*Internet of Things*.

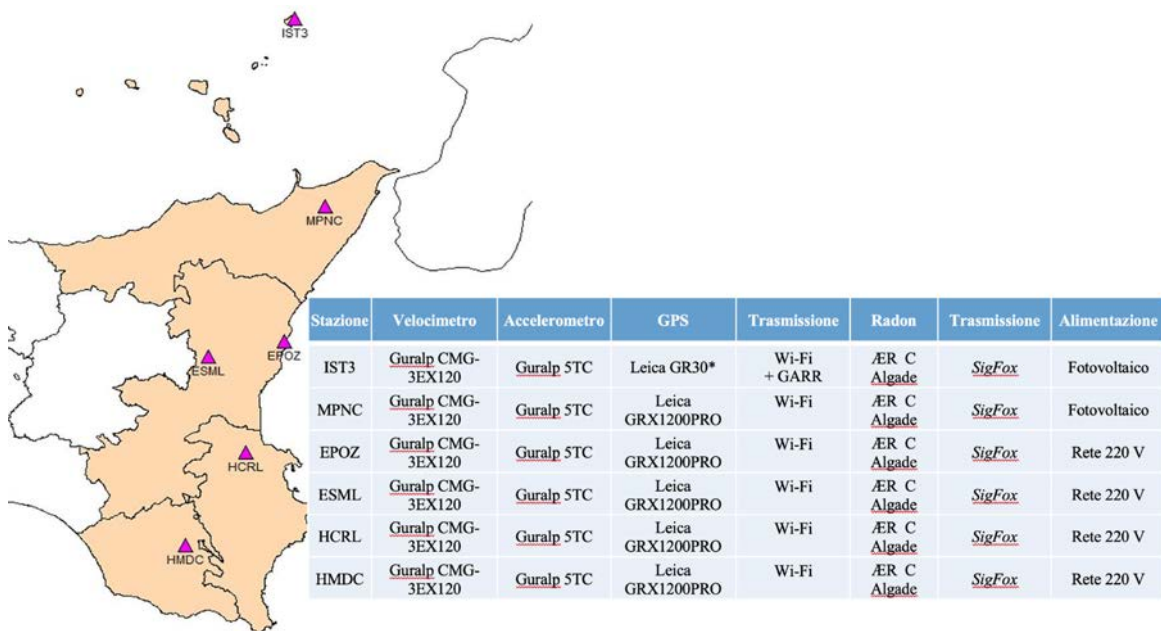


Figura 1 Mappa delle stazioni OE implementate nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" e tabella della sensoristica e degli altri apparati presenti nei siti. Il ricevitore GPS è stato installato presso i vicini locali del Centro Operativo Avanzato della Protezione Civile.

La ridondanza dell'alimentazione da rete elettrica è assicurata attraverso l'uso di un alimentatore *switching* a due vie, stabilizzato con trasformatore d'isolamento in ingresso contro le scariche atmosferiche. Il sistema prevede una tensione d'ingresso rete di 230 V AC e una tensione d'uscita di 13.8 V DC, con una corrente complessiva di 14 A. Al mancare della rete d'ingresso, l'energia accumulata nelle batterie interviene in tempo zero, alimenta il carico in modo continuo e senza discontinuità (tempo zero). La tensione d'uscita in mancanza di rete è quella della batteria abbattuta di 0.7/0.9 V di perdita d'inserzione. Questo livello è costantemente controllato da un circuito a microprocessore e, qualora la batteria si scarichi o la tensione scenda sotto gli 11 V, viene automaticamente scollegato il carico preservandone l'integrità. In due dei siti, l'alimentazione è garantita con continuità da sistemi fotovoltaici *stand alone*.

Trasmissione dati attraverso la *backbone* dell'OE

La trasmissione dei dati avviene principalmente attraverso la *backbone* dell'OE: una rete radio a micro-onde a cui tutte le stazioni, si collegano attraverso dispositivi di rete e *link* Wi-Fi ad alta capacità opportunamente realizzati. La rete trasporta flussi dati bidirezionali fino a 100 Mbps e una latenza non superiore a 3 ms. La rete radio rende disponibile sui suoi singoli nodi alcune interfacce di tipo *Fast Ethernet* per il collegamento alla rete locale, e inoltre apparecchiature di trasferimento dati con protocollo IP su *standard Ethernet* per acquisizione dati secondo gli *standard* RS232 e USB. Gli apparati radio operano nelle frequenze portanti (in concessione) di 7 e 13 GHz, in funzione della lunghezza della tratta. Essi sono costituiti da un'unità interna (IDU) e da un'unità esterna (ODU), singola o doppia in funzione della configurazione 1X1 o 2x1. Sono operative anche due tratte sulla frequenza portante di 17 GHz (banda ISM) per il collegamento tra il CUAD (Centro Unificato Acquisizione Dati) e la sede di Piazza Roma a Catania.

Sperimentazione con velocimetro MET

Sul sito EPOZ è stato eseguito un test comparativo preliminare tra un velocimetro MET (*Molecular Electronic Transfer*) R-Sensor CME-6211 ed un Guralp CMG-3EX entrambi con periodo di 120 s. L'elemento sensibile di un trasduttore MET è costituito da due alloggiamenti ermeticamente chiusi riempiti con elettrolita, collegati da un canale con elettrodi attraverso di esso. Gli elettrodi sono separati da distanziatori dielettrici perforati. L'elettrolita svolge il ruolo della massa inerziale, mentre l'impedenza idrodinamica dell'elemento sensibile funge da meccanismo di smorzamento fornendo un *feedback* per la stabilizzazione della funzione di trasferimento. I sismometri CME-6211 combinano l'elemento di rilevamento molecolare-elettronico a basso rumore (trasduttore) e il feedback elettrodinamico. L'insieme fornisce una risposta molto piatta su un ampio intervallo di frequenze, un alto intervallo dinamico e una buona stabilità. Una delle peculiarità del CME-6211⁵² è l'elevata solidità dovuta alle caratteristiche costruttive dell'elemento sensibile, che lo rendono molto robusto e non richiede mezzi o procedure speciali per il trasporto e l'installazione.

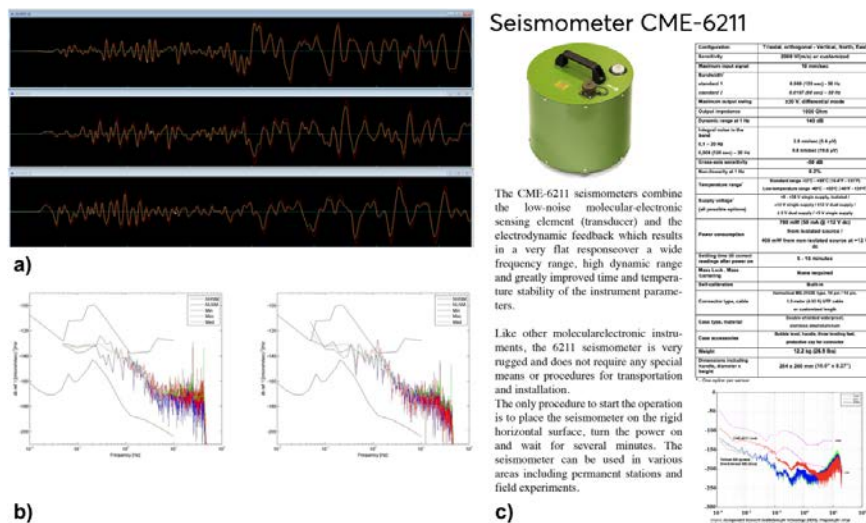


Figura 2 a) Evento del 26/10/2019 01:17 ML 3.4 b) Noise evaluation 11/11/2019 00:00 - 01:00 c) CME-6211 data sheet.

⁵² <http://r-sensors.ru/en/products/seismometer/cme-6211-eng/>

Monitoraggio dell'efficienza e gestione degli apparati

Così come previsto, tra gli obiettivi prefissati in ausilio alle attività tecniche e di supporto alle Sale Operative è stato predisposto l'uso di uno strumento semplice che consente di compiere una diagnosi da remoto sullo stato di funzionalità dei singoli elementi che compongono la rete. A tal riguardo, è stato adottato l'uso dell'applicazione Zabbix, un *software* di monitoraggio *Open Source* (GNU *General Public License*- GPL, version 2) che fornisce varie metriche di controllo. Il programma, opportunamente modificato e configurato, permette di rilevare lo stato degli oggetti di rete utilizzando specifici *template*, consentendo un semplice ICMP per capire se un *host* risponde ed è attivo o un più complesso SNMP per rilevare, ad esempio, qualità della connessione tra due apparati *wireless*, tensione di alimentazione di apparati compatibili, velocità di connessione delle porte degli *switch* e molto altro ancora. Zabbix è stato adottato e popolato con tutti gli apparati/stazioni che partecipano al corretto funzionamento della gran parte dell'infrastruttura. Nel caso particolare, è configurato un pannello sinottico sul quale sono raggruppati diversi tipi di oggetti, grazie al quale risulta facile identificare il malfunzionamento di un apparato, sia esso un ponte, un *link*, una stazione. Per ciascun elemento della catena è possibile visualizzarne il dettaglio: consultare la raggiungibilità, il consumo del processore, la tensione di alimentazione e lo storico di tutti i parametri che si è deciso di monitorare. Oltre al pannello, è stato configurato un sistema di *alert* che, in caso di anomalie degli elementi monitorati, (tensione bassa, non raggiungibilità, problemi al *buffer*) lo attiva ed invia un avviso (mail/ sms) a chi di competenza.

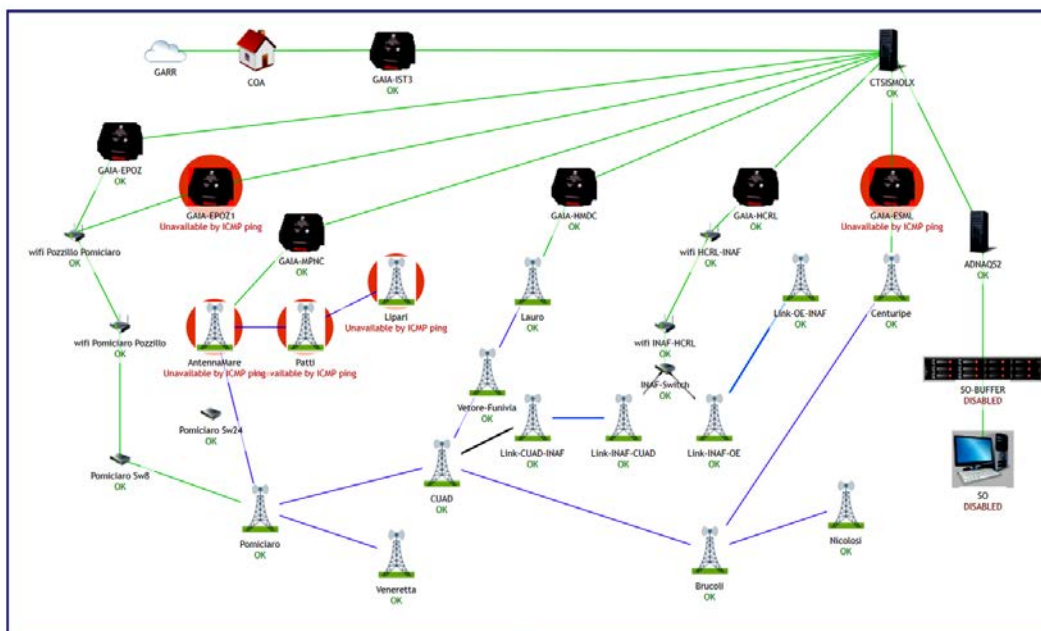


Figura 3 Pannello sinottico del *software* di monitoraggio e gestione.

Discussioni e conclusioni

Nell'intento di realizzare un sistema che assicuri affidabilità nel funzionamento e ridondanza di alcuni apparati, ci si è avvalsi *in primis* degli acquisitori GAIA 2, disponibili in INGV, anche come ricambi. Si è provveduto alla ridondanza dei sistemi di alimentazione con apparati specifici, mentre la trasmissione dei dati è stata affidata prevalentemente alla *backbone* dell'OE, già dotata di propri sistemi di ridondanza. Il parco ricambi dell'OE è stato integrato con l'acquisto di quattro

accelerometri FBA Kinematics Episensor, oltre che di *link* Wi-Fi e di apparati di rete per la realizzazione dei collegamenti. Il confronto tra sensore MET e sensore FBA ha mostrato una buona analogia nei segnali acquisiti. Sebbene le ampie dimensioni del sensore MET non ne incoraggino l'utilizzo, tuttavia, la robustezza dell'elemento sensibile lo rendono interessante per talune applicazioni.

Ringraziamenti

Siamo grati ai componenti dell'Area Operativa 1 dell'Unità Funzionale Sismologia dell'OE "Reti strumentali per il monitoraggio sismico ed infrasonico" Pasqualino Cappuccio, Danilo Contrafatto, Graziano Larocca, Marco Manni, Salvatore Rapisarda, Marco Sassano, Luciano Scuderi, Alessio Rubonello e Gianpiero Aiesi, per il supporto che hanno fornito a sostegno delle attività svolte nei siti d'installazione. Ringraziamo Sandro Rao per aver consentito l'acquisizione in OE della strumentazione Gaia 2. Siamo riconoscenti al lavoro svolto dai colleghi Ferruccio Ferrari e Salvatore Spampinato durante la sperimentazione del sensore MET.

Bibliografia

- Cannelli V., Galli G., Farroni S., Salvaterra L., Piersanti A., (2020). *La rete di monitoraggio radon IRON all'interno del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro": integrazione con la Rete Sismica Nazionale*. Misc. INGV, questo volume.
- Peterson J., (1993). *Observations and modeling of seismic background noise*. U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 93 -322.
- Rao S., Alparone S.C., Cannelli V., D'Alema E., D'Alessandro A., Di Prima S., Massa M., Moretti M., Orazi M., Piersanti A., Pietrantonio G., (2020). *Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Moretti M., Piersanti A., Margheriti L., Pietrantonio G., Pintore S., Stramondo S., Alparone S.C., Cannelli V., Neri M., Orazi M., Sepe V., (2018). *Project for an Italian multiparametric seismic network*. In: Geophysical Research Abstracts. Vol. 20, EGU2018-13022. EGU General Assembly 2018.
- Mangano G., D'Alessandro A., (2012). *Il sistema di monitoraggio della rete sismica realizzato presso l'Osservatorio di Gibilmanna*. Rapp. Tec. INGV, 223: 1-32.

Una stazione multiparametrica per il monitoraggio delle aree vulcaniche

Massimo Orazi, Francesco Liguoro, Lucia Nardone

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

Autore corrispondente: massimo.orazi@ingv.it

Introduzione

I vulcani sono sistemi estremamente complessi e la loro investigazione è resa ancora più difficile dal fatto che i principali processi che possono portare ad eruzioni vulcaniche, si verificano al loro interno e non sono direttamente accessibili all'osservazione. Nondimeno i vulcani meritano una grande attenzione non solo per gli aspetti strettamente legati alla fisica dei processi eruttivi ma anche, e soprattutto, per la grande preoccupazione legata al loro enorme potenziale potere distruttivo. Questo è particolarmente vero nella regione Campania dove due dei vulcani più pericolosi al mondo, Vesuvio e Campi Flegrei, rappresentano una minaccia per centinaia di migliaia di abitanti. La sorveglianza dei vulcani campani è effettuata dall'Osservatorio Vesuviano (OV), sede INGV di Napoli, attraverso reti strumentali sviluppate nel corso degli anni. Questi vulcani sono oggetto di monitoraggio multiparametrico; su di essi infatti sono presenti reti strumentali geochimiche e geofisiche di vario tipo. Si citano ad esempio quelle sismiche/accelerometriche [Galluzzo et al., 2019; La Rocca e Galluzzo, 2015; Orazi et al., 2013; 2018], le reti tiltmetriche [Ricco et al., 2013] e reti geodetiche [De Martino et al., 2014a; 2014b; Iannaccone et al., 2018].

Tuttavia lo sviluppo delle reti di monitoraggio è avvenuto, nel tempo, in modo quasi indipendente per motivi di natura tecnologica e/o di natura logistica. Avere siti multiparametrici sui vulcani è di fondamentale importanza perché ci permette di osservare in uno stesso punto l'evoluzione nel tempo di diverse grandezze geofisiche o geochimiche, e di conseguenza di comprendere meglio la dinamica del vulcano. Sebbene non sia sempre semplice trovare un sito che soddisfi le esigenze di ciascuna rete (trasmissione, accesso ai satelliti, esposizione, e così via), è tuttavia immaginabile trovare soluzioni tecnologiche comuni che permettano di utilizzare strumentazioni e protocolli unici per acquisire più tipi di segnali in un unico punto. Una soluzione tecnologica di questo tipo è stata trovata nell'ambito delle attività previste all'interno del progetto "S.O.I.R. Monitoraggio futuro" obiettivo WP2, che prevedeva l'irrobustimento e lo sviluppo della rete di rilevamento multiparametrico a scala nazionale anche aumentando il monitoraggio geochimico, attraverso le installazioni di radonometri [Rao et al., 2018; 2020].

In questo progetto l'OV ha deciso di sviluppare una stazione multiparametrica realizzata con la coesistenza di una stazione sismo-tiltmetrica, una stazione GNSS ed una stazione di misurazione del Radon, installate in logica di alta affidabilità.

La stazione multiparametrica dell'OV

Nell'ambito delle attività di potenziamento delle reti di monitoraggio, prevista dal presente progetto, è stata progettata e realizzata una stazione sismo-tiltmetrica e radonometrica da installare in tre siti, opportunamente identificati, della rete di monitoraggio sismico dell'OV. I tre siti (Figura 1), ripartiti su Ischia (upgrade della Stazione IOCA), Vesuvio (upgrade della Stazione OVO) e Campi Flegrei (upgrade della Stazione CMSA), sono stati scelti in funzione delle esigenze

della rete sismica, della rete geodetica e della rete tiltmetrica. Per studi di carattere sismologico e per registrare l'ampio spettro dei segnali sismici prodotti in ambiente vulcanico (come ad esempio terremoti VT, LP, VLP, tremore vulcanico, e così via), si è scelto di installare un sensore a larga banda (*Very Broad Band* - VBB) della Nanometrics, Trillium 120PA⁵³ con banda compresa tra 120s e 175Hz (tagli a -3dB), un accelerometro della Nanometrics, Titan con risposta compresa tra DC-430 Hz, un tiltmetro di superficie della Jewell, A603⁵⁴ con risoluzione minima pari a 25 nrad su un *range* di $\pm 200 \mu\text{rad}$ (Figura 1). Per integrare la rete IRON, è stato scelto un radonometro della Algade, $\text{\AA}ER C$. In ogni sito inoltre è prevista anche la presenza di stazioni GNSS della rete geodetica, equipaggiate con antenna tipo *choke-ring*, che si distingue per la sua capacità di ridurre le interferenze dei *multipath*.

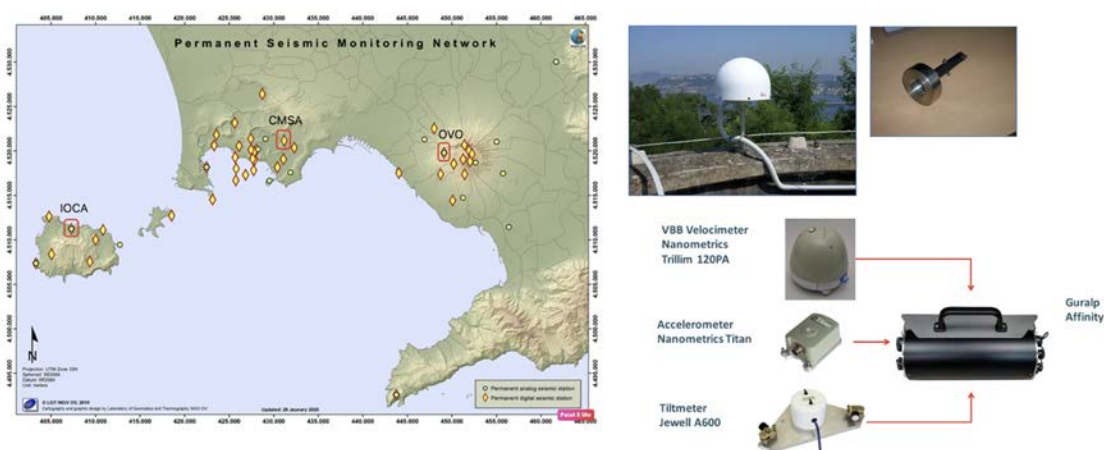


Figura 1 A sinistra: la mappa dei siti scelti per Ischia (IOCA), Campi Flegrei (CMSA) e Vesuvio (OVO) evidenziati con un rettangolo rosso. A destra: in alto esempio di stazione GNSS da installare e in basso schema semplificato della stazione sismo/tiltmetrica.

Problematiche tecniche e scelta dei siti

La principale sfida tecnologica è stata quella di collegare ad un unico sistema di acquisizione 4 sensori differenti (velocimetro, accelerometro, tiltmetro e radonometro). Lo strumento scelto per centralizzare l'acquisizione multistrumentale è l'acquisitore della Guralp modello "Affinity", la scelta è stata strategica dal momento che questo sistema permette di gestire ben 8 canali analogici e 4 digitali, ciascuno separatamente (in termini di passi di campionamento, *gain*, protocolli sistemi di controllo e calibrazione, ecc.).

I quattro sensori, diversi per tipologia d'applicazione, per marca e per natura dei segnali restituiti, trovano una perfetta congiunzione con la versatilità proposta dal front-end del digitalizzatore Affinity. I segnali sia analogici che digitali dei sensori di Figura 1, con poche modifiche, sono raccolti mediante una *Service-Box* che integra e fornisce ulteriori facilities, tra cui: la modalità "*Remote-calibration*", per eseguire delle verifiche strumentali senza né recarsi sul posto né, in alcun modo, interferire con le attività di monitoraggio in Sala. Per le operazioni di manutenzione è presente una *Service HandHeld Module*, in grado di fornire sul posto tutto quel che serve per verificare lo stato di salute dei sensori. Inoltre, sempre nell'ottica della manutenzione/riparazione *in-situ* o di sostituzione del sistema di acquisizione dati, è stata aggiunta una funzione *always-*

⁵³ <https://www.pascal.nmt.edu/content/instrumentation/sensors/broadband-sensors/t120-bb-sensor>

⁵⁴ <http://jewellinstruments.com/wp-content/uploads/2016/11/L00261-A603-Rev1-1.pdf>

on per tener alimentati i sensori per una successiva e rapida messa in esercizio dell'intera catena strumentale. Infine, il sensore per la rilevazione del gas radon, con alcune modifiche alle alimentazioni, è collegato e acquisito tramite USB dal digitalizzatore Affinity, da un programma scritto ad hoc e reso residente sul *PC-Module* dell'*Affinity* dotato di OS Linux. Tra i principali vantaggi della centralizzazione realizzata con questa configurazione si citano l'effettiva realizzazione della temporizzazione dei segnali analogici dei vari sensori con un'unica base dei tempi e la convergenza di tutti i dati acquisiti in un unico flusso dati.

Relativamente alla parte di analisi dei dati finalizzata alla scelta dei siti idonei per l'installazione, per l'area dei Campi Flegrei (CMSA) è stato necessario condurre prove di rumore per identificare la migliore soluzione e il miglior sito di installazione. In aree fortemente urbanizzate, come quelle napoletana, i segnali delle stazioni sismiche, o anche delle stazioni tiltmetriche, o ancora delle stazioni GPS, sono fortemente disturbati. Per questo motivo la ricerca di siti idonei, che presentino bassi livelli di rumore di fondo, può essere davvero lunga e complessa. Sono state realizzate due prove di rumore, mettendo in acquisizione contemporanea la strumentazione in due differenti siti del complesso universitario di Monte Sant'Angelo. Nella prima prova di rumore, in cui i dati sono stati acquisiti in locale, sono stati installati due sensori velocimetrici (Guralp CMG 60s) collegati ad un unico acquirente (Guralp DM24 a 7 canali). Nel corso della seconda prova di rumore sono state installate due stazioni gemelle (MSA1 e MSA2, Figura 2), in acquisizione nel periodo novembre-dicembre 2019, con la strumentazione in configurazione di test, utilizzando, per ogni stazione, il Trillium 120PA e il sensore tiltmetrico Jewell collegati all'*Affinity* (Figura 2). La stazione MSA2 è stata installata in un cunicolo di fondazione dell'edificio di Fisica e la stazione MSA1 in un vano dell'edificio del DISTAR. Inoltre è stata testata anche la possibilità di connessione via *ethernet* per fare test di calibrazione e controllo. Infine, nel sito MSA2 è stato installato, in acquisizione locale, anche il radonometro *ÆR C-Algade*. Nel periodo di prova le due stazioni hanno registrato uno dei più forti terremoti avvenuti ai Campi Flegrei dalla crisi bradisismica del 1980 (Figura 2). Entrambi i siti hanno mostrato una buona risposta strumentale e le forme del segnale sono molto simili, soprattutto per quanto riguarda i primi arrivi (vedi zoom in Figura 2).

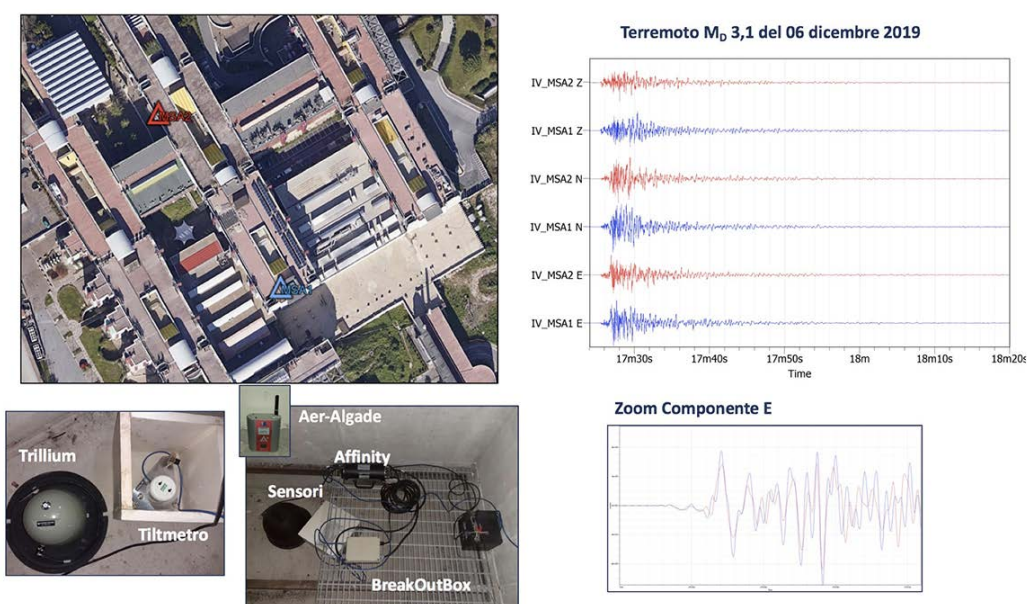


Figura 2 Ubicazione e foto delle due stazioni utilizzate per la prova di rumore per il sito di CMSA (Campi Flegrei). A destra le tracce del terremoto registrato alle due stazioni. In blu la stazione MSA1 e in rosso la stazione MSA2.

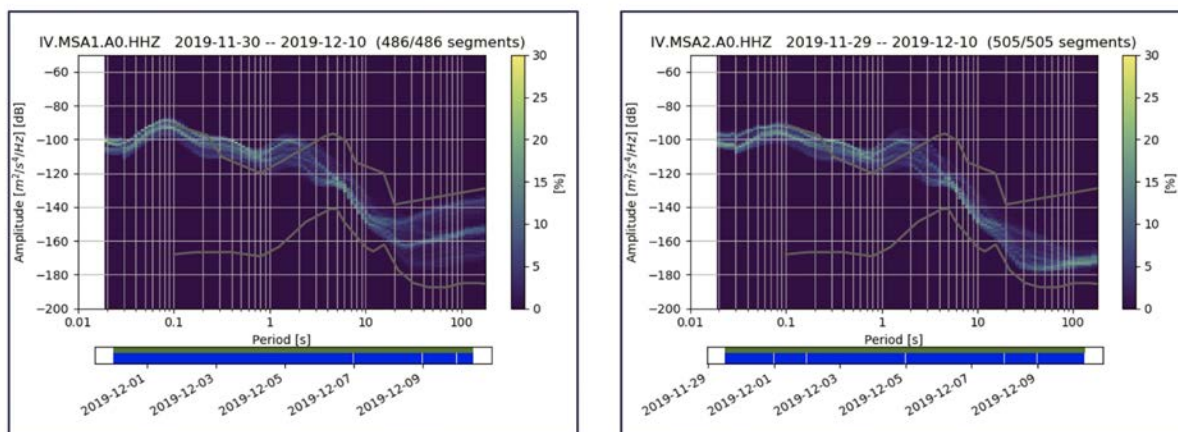


Figura 3 PSD della componente verticale delle due stazioni MSA1 e MSA2. Le curve grigie rappresentano le curve di *New Low Noise Model* (NLNM) e *New High Noise Model* (NHNM) di Peterson (1993).

Per caratterizzare il rumore di fondo dei due siti sono state calcolate le *Power Spectral Density* (PSD) per le tre componenti del moto per tutta la durata dell'acquisizione (circa 20 giorni). Come era da aspettarsi in aree densamente abitate il livello del rumore di fondo è molto vicino, se non addirittura superiore, alla curva di NHNM, soprattutto per periodi minori di 2s, dove il contributo delle sorgenti artificiali è dominante. Dalle analisi delle PSD è emerso un minore livello di rumore sismico per la stazione MSA2 (scelto per l'installazione definitiva), particolarmente evidente sulla componente verticale del moto (Figura 3), per periodi maggiori di 5s.

Conclusioni

L'uso di segnali multiparametrici (come ad esempio accelerazione, tilt, velocità e spostamento) è di fondamentale importanza per lo studio delle aree vulcaniche, poiché ci permette di comprendere al meglio l'evoluzione dei fenomeni connessi all'attività vulcanica.

Le cruciali problematiche per la realizzazione di stazioni multiparametriche in aree fortemente urbanizzate, come i Campi Flegrei, Vesuvio e Ischia, sono senza dubbio di natura logistica (legate essenzialmente alla scelta dei siti di installazione) e di natura tecnologica (problematiche derivanti dalla necessità di mettere in comunicazione tra di loro strumenti con caratteristiche differenti).

Tra i problemi di natura logistica, la scelta dei siti di installazione (che ha richiesto la realizzazione di più prove di rumore) è stata complessa a causa dell'elevato rumore di fondo presente soprattutto nell'area dei Campi Flegrei.

Le soluzioni tecnologiche adottate hanno permesso di realizzare una stazione multiparametrica in grado di gestire 4 differenti tipi di sensori, con caratteristiche e risposte differenti.

Infine, le specifiche tecniche del digitalizzatore Affinity hanno permesso la realizzazione di sistemi di controllo e calibrazione da remoto facilitando, di fatto, la gestione della stazione multiparametrica.

Bibliografia

De Martino P., Guardato S., Tammaro U., Vassallo M., Iannaccone G., (2014a). *A first GPS measurement of vertical seafloor displacement in the Campi Flegrei Caldera (Italy)*. J. Volcanol. Geoth. Res. 276:145–151.

- De Martino P., Tammaro U., Obrizzo F., (2014b). *GPS time series at Campi Flegrei caldera (2000–2013)*. Ann. Geophys. 57(2): S0213. <https://doi.org/10.4401/ag-6431>.
- Galluzzo D., Nardone L., Carandente A., Buonocunto C., Scarpato G., Marotta E., Milano G., Govoni A., Moretti M., (2019). *Le attività del gruppo operativo SISMIKO in occasione del terremoto di Ischia Mw3.9 (Md 4.0) del 21 agosto 2017*. Quad. Geofis., 154: 1-28.
- Iannaccone G., Guardato S., Donnarumma G.P., De Martino P., Dolce M., Macedonio G., Chierici F., Beranzoli L., (2018). *Measurement of seafloor deformation in the marine sector of the Campi Flegrei caldera (Italy)*. J. Geophys. Res. Solid Earth 123:66–83.
- La Rocca M. and Galluzzo D., (2015). *Seismic monitoring of Campi Flegrei and Vesuvius by stand-alone instruments*. Ann. Geophys., 58, 5, S0544.
- Orazi M., D'Auria L., Tramelli A., Buonocunto C., Capello M., Caputo A., De Cesare W., Giudicepietro F., Martini M., Peluso R., Scarpato G., (2013). *The seismic monitoring network of Mt. Vesuvius*. Ann. Geophys., 56, 4, 2013, S0450; doi:10.4401/ag-6456.
- Orazi M., Tramelli A., Augusti V., Bellucci Sessa E., Bobbio A., Brandi G., Buonocunto C., Capello M., Carandente A., Caputo A., De Cesare W., Di Lieto B., Esposito A., Galluzzo D., Giannuzzi R., Giudicepietro F., Lo Bascio D., Margheriti L., Marotta E., Martino C., Moretti M., Nardone L., Ricciolino P., Peluso R., Pinto S., Romano P., Scarpato G., Torello V., Castellano M., (2018). *La rete sismica di Ischia dell'Osservatorio Vesuviano – INGV: evoluzione, configurazione attuale e performance*. Proce. 37° GNGTS, 261-265.
- Peterson J., (1993). *Observations and modeling of seismic background noise*. Open-File Report 93-322, U.S.G.S., Albuquerque, New Mexico.
- Rao S., Alparone S.C., Cannelli V., D'Alema E., D'Alessandro A., Di Prima S., Massa M., Moretti M., Orazi M., Piersanti A., Pietrantonio G., (2020a). *Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Moretti M., Piersanti A., Margheriti L., Pietrantonio G., Pintore S., Stramondo S., Alparone S.C., Cannelli V., Neri M., Orazi M., Sepe V., (2018). *Project for an Italian multiparametric seismic network*. In: Geophysical Research Abstracts. Vol. 20, EGU2018-13022. EGU General Assembly 2018.
- Ricco C., Aquino I., Borgstrom S.E.P., Del Gaudio C., (2013). *19 years of tilt data on Mt. Vesuvius: state of the art and future perspectives*. Annals of Geophysics vol. 56 n. 4, 2013. DOI 10.4401/ag-6459.

La rete di monitoraggio radon IRON all'interno del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro": integrazione con la Rete Sismica Nazionale

Valentina Cannelli¹, Gianfranco Galli¹, Sandro Rao², Stefano Farroni², Leonardo Salvaterra², Antonio Piersanti¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Roma 1, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: valentina.cannelli@ingv.it

Introduzione

IRON (*Italian Radon mOnitoring Network*) rappresenta il primo esempio in Italia, ed uno dei primi in assoluto al mondo, di network denso su scala regionale di stazioni permanenti per il monitoraggio in (quasi) *real time* di concentrazione radon [Cannelli et al., 2018; Soldati et al., 2019a]. Sviluppato ed implementato negli ultimi 11 anni, comprende attualmente circa 60 stazioni, la maggior parte delle quali è concentrata lungo la catena appenninica centro-meridionale (Figura 1). Allo stato attuale, la maggior parte delle stazioni IRON registra serie storiche del radon da più di 4-5 anni. Le varietà e diversità in termini di strumenti, tipologia di installazione e soprattutto il grande numero di dati di concentrazione acquisiti, sono supportate da un *database* relazionale [Cannelli, 2017] in continuo sviluppo e costante implementazione, che permette, attraverso un'interfaccia *web* dedicata, la visualizzazione di tutte le serie temporali, il loro *download* e la consultazione delle caratteristiche associate ad ogni stazione/strumento. Gli obiettivi di IRON, oltre al continuo potenziamento della rete di monitoraggio in sé, sono rappresentati dallo sviluppo tecnologico della strumentazione [Galli et al., 2019], in particolare l'implementazione di protocolli di trasmissione remota dei dati il più possibile versatili ed efficienti e il miglioramento delle prestazioni strumentali in condizioni di alta umidità ed in ambienti aggressivi e dallo sviluppo scientifico delle tecniche di monitoraggio e dei protocolli di analisi numerica [Piersanti et al., 2015; Cannelli et al., 2016; Piersanti et al., 2016; Siino et al., 2019; Soldati et al., 2019b]. Con il progetto "S.O.I.R. Monitoraggio futuro" è stata avviata l'integrazione di IRON all'interno di un network di monitoraggio multiparametrico, che prevede la realizzazione di una rete a scala nazionale di siti omogenei nei quali siano presenti velocimetri, accelerometri, sensori GPS, apparati per il monitoraggio elettromagnetico e misuratori radon [Rao et al., 2018; 2020]. In questa ottica sono stati acquisiti ed installati sensori radon relativamente economici e originariamente progettati per uso in ambiente indoor, che permettono sia un monitoraggio intensivo del radon su scala regionale che l'acquisizione remota dei dati in tempo reale in modalità autonoma, garantendo una maggiore autonomia di funzionamento grazie ai consumi elettrici estremamente ridotti. Tuttavia, alcune limitazioni connesse all'adozione di questi dispositivi permangono soprattutto per quanto riguarda i protocolli di trasmissione dei dati. Al fine di superare le limitazioni di tali protocolli e di migliorare la loro versatilità in vista di una futura compatibilità con i protocolli di trasmissione della Rete Sismica Nazionale (RSN), sono state apportate una serie di modifiche ad-hoc sui dispositivi acquistati. Sono contestualmente in atto esperimenti pilota per monitorare congiuntamente al radon i segnali VLF-EM (*Very Low Frequency-Electromagnetic Measurements*) attraverso la rete prototipale Cassandra già implementata in Italia per il monitoraggio continuo di VLF. Dal 2019 è stata attivata, a seguito di bando pubblico, una convenzione con il sito iLMeteo per la fornitura di dati atmosferici rilevati al suolo, in ambiente aperto e in prossimità delle stazioni IRON, per il filtraggio delle serie storiche e il miglioramento del rapporto segnale-rumore.

Risultati

I risultati ottenuti da IRON all'interno del presente progetto sono rappresentati dal raggiungimento degli obiettivi scientifici e tecnologici prefissati, ovvero dalla sua integrazione in una rete di monitoraggio multiparametrica a scala nazionale, con miglioramento tecnologico ed implementazione di sensori già esistenti. Sono state infatti potenziate e integrate all'interno della RSN una serie di stazioni di monitoraggio radon IRON (POFI, LPEL, GUAR, MBFT, RAFF, CROCE, ACATE, ISPIC, SRES, vedi Figura 1), alcune delle quali già presenti nella rete, attraverso un'armonizzazione della distribuzione degli apparati e della loro geometria, anche al fine di migliorare la capacità di rivelazione del segnale. In Figura 2 è rappresentata l'evoluzione della rete IRON negli anni relativi al progetto (2017-2019) in termini di a) numero di stazioni installate, b) integrazione con le varie reti esistenti, c) tipologie di strumenti utilizzati. In particolare si evidenzia come la maggior parte delle stazioni siano state installate nel 2018 (23), soprattutto con strumenti commerciali (ÆR C, di produzione Algade⁵⁵).

L'integrazione nella rete di strumentazione commerciale basata su un rivelatore a stato solido (ÆR e Corentium Plus, di produzione AirThings) si è resa possibile grazie alla caratterizzazione della risposta di ogni strumento in funzione dell'umidità assoluta e ad adeguamenti *hardware* per consentirne il funzionamento ottimale in relazione alle condizioni ambientali proprie dei siti di installazione (Figura 2d). I nuovi strumenti prodotti dall'Algade permettono l'acquisizione remota dei dati in tempo reale in modalità autonoma attraverso la piattaforma di comunicazione SigFox⁵⁶, e garantiscono una maggiore autonomia di funzionamento grazie ai consumi elettrici estremamente ridotti.

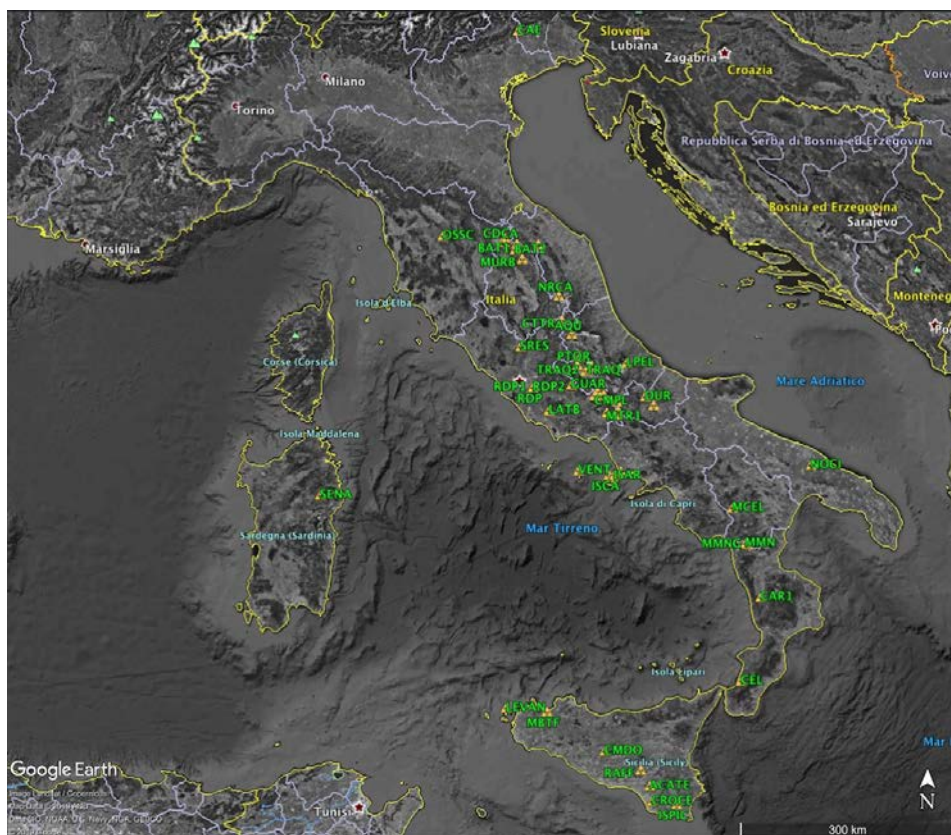


Figura 1 La rete di monitoraggio IRON, così come si presenta a dicembre 2019.

⁵⁵ <http://www.algade.com/>

⁵⁶ <https://www.sigfox.com/en>

Queste caratteristiche permettono di ottimizzare il funzionamento dell'infrastruttura in virtù dell'immediata disponibilità del dato e della possibilità di monitorare da remoto l'operatività delle singole stazioni, e al tempo stesso consentono un risparmio sui costi di esercizio, riducendo il numero delle missioni necessarie per la manutenzione ed il recupero dati.

In Figura 3 sono mostrate alcune tipologie di stazioni radon installate durante il progetto. La stazione SRES, sul Monte Soratte, rappresenta una tipologia di stazione radon installata in una galleria, in particolare una galleria-bunker (Figura 3 in Farroni et al. [2020]).

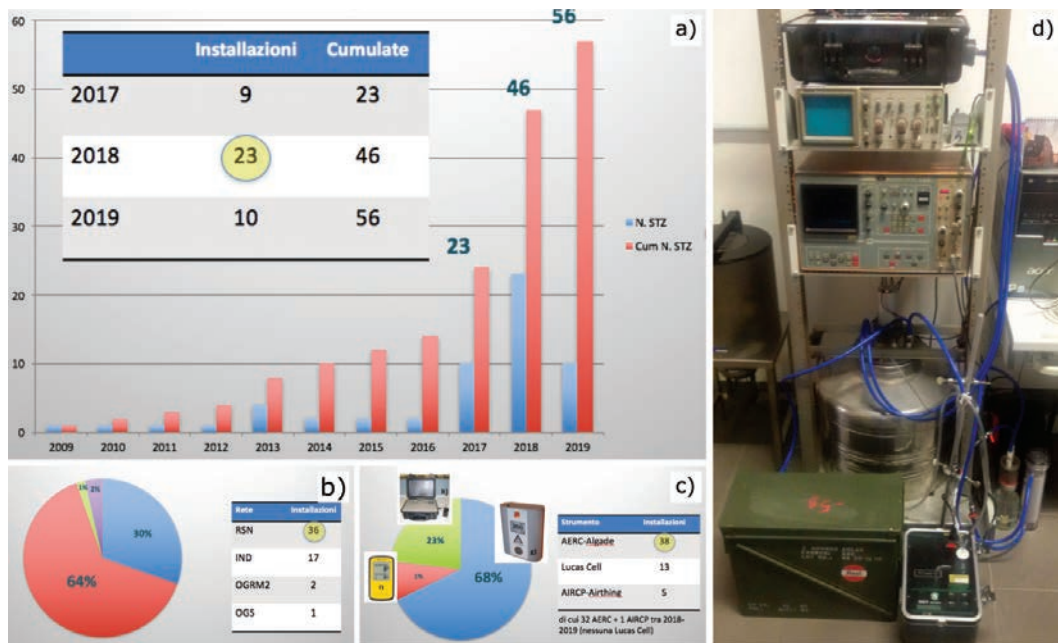


Figura 2 a) Evoluzione della rete IRON in termini di numero di stazioni installate dal 2009 ad oggi. Nella tabella sono evidenziati i numeri corrispondenti alla durata del presente progetto. b) Rappresentazione percentuale delle diverse reti in cui è integrata IRON (RSN, Rete Indipendente, Osservatorio Geomagnetico, Oceanografia e Geofisica Sperimentale). c) Rappresentazione percentuale delle diverse tipologie di strumenti utilizzati nelle stazioni. d) Setup per la calibrazione; sono contemporaneamente collegati alla camera a radon una camera esterna contenente AER o Corentium, un radonometro INGV a cella a scintillazione e un RAD7 impiegato per controllo umidità e verifica concentrazione di radon.

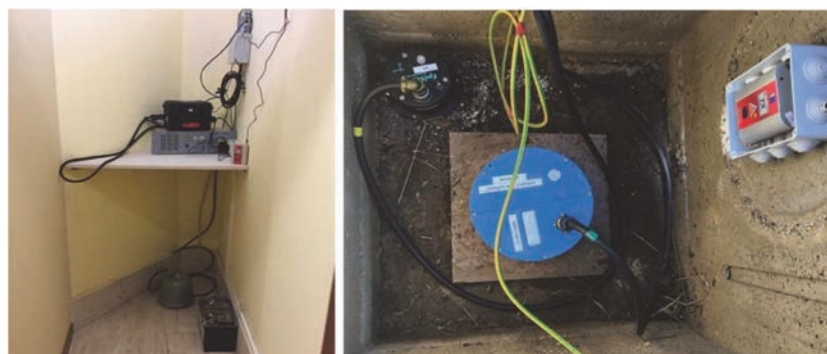


Figura 3 A sinistra: CMDO, collocata con l'omonima stazione della RSN in un locale seminterrato. Lo strumento è un AER C dell'Algade alimentato a corrente. A destra: ISPIC, collocata con l'omonima stazione della RSN in un pozzetto. Lo strumento è AER C alimentato a batteria interna. SRES (ved. Farroni et al., [2020]).

Lo strumento utilizzato è una Lucas Cell⁵⁷ in telecontrollo posta sopra il quadro elettrico ed accanto ad una stazione VLF. Il circuito che acquisisce i dati e li memorizza in un *database* locale, e successivamente li trasmette attraverso un collegamento TCP/IP ad un *server* remoto, è stato sviluppato e costruito presso il laboratorio ONT. La gestione della stazione e la visualizzazione della serie temporale sono possibili attraverso una interfaccia *web* per l'archiviazione e la ricezione dei dati prodotti. CMDO (Figura 3, a sinistra) rappresenta una tipologia di stazione radon di tipo *shelter* in un locale seminterrato di un osservatorio astronomico. Lo strumento utilizzato è un ÆR C alimentato a corrente e in grado di trasmettere in quasi *real time* i dati acquisiti. Attualmente però la zona non è raggiunta dalla rete SigFox. ISPIC (Figura 3, a destra) rappresenta una tipologia di stazione radon installata in un pozzetto con altri sensori (velocimetro, accelerometro, corner-reflector). Lo strumento radon è un ÆR-C alimentato a batteria interna posizionato in una scatola in plastica con predisposizione per passacavi da cui esce l'antenna di trasmissione dati. Attualmente, anche in questo caso, la rete SigFox non raggiunge la zona.

Presso i laboratori dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) è stato sviluppato anche un altro dispositivo basato su Arduino/Fishino, dedicato essenzialmente al conteggio, memorizzazione e trasmissione dei dati di radon misurati da strumenti prodotti dall'INGV. In particolare, gli impulsi in formato TTL prodotti dal decadimento del radon e dei suoi figli alfa emettitori vengono contati per un tempo stabilito, associati a data e ora correnti, memorizzati su una *SD card* e trasmessi via SMS, tramite un modulo GSM provvisto di SIM dati, a un *server* situato presso l'INGV. Un'interfaccia *web* appositamente sviluppata consente di visualizzare i dati archiviati nel *server* e di ricevere e/o inviare dati/comandi/configurazioni da o verso i vari strumenti. Attualmente un sensore radon di questo tipo è installato presso la stazione GUAR della RSN, altri 5 sono in test presso il Lab. Radionuclidi e disponibili per l'installazione. Maggiori informazioni in Farroni et al. [2020].

Discussioni e conclusioni

La misurazione in continuo del radon emanato dal suolo si sta affermando negli ultimi anni come un promettente metodo di indagine della fase di preparazione dei forti terremoti. Le evidenze raccolte in campagna sono confermate sia da indagini in laboratorio, che da quelle condotte da gruppi di ricerca con tecniche e apparati sperimentali diversi fra loro. I risultati convergono nel concludere che alle variazioni dello stato di stress e fratturazione delle rocce corrispondono variazioni temporali nelle emissioni di radon. Le tecniche di misura innovative sviluppate in questi anni dal gruppo di lavoro di IRON permettono di acquisire in continua serie temporale ad alto rapporto segnale/rumore e al contempo scarsamente influenzate dalle variazioni dei parametri ambientali e meteorologici. Peculiarità fondamentali di questa tecnica di misura sono la semplicità ed economicità di installazione, l'elevatissima sensibilità ed efficienza e, impiegando strumenti basati su cella a scintillazione, l'alta precisione delle misure anche in ambienti a bassissima concentrazione di radon. Tutte queste caratteristiche hanno assicurato nel triennio 2017-2019 di durata temporale del progetto "S.O.I.R. Monitoraggio del futuro" l'implementazione di IRON su grande scala e ad alta densità, potenziandola con l'installazione di un rilevante numero di nuove stazioni e mantenendo sempre come obiettivo futuro la completa integrazione della RSN con stazioni di monitoraggio radon.

⁵⁷ <https://polltechinstruments.com/lucas-cell.html>

Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi Andrea Antonioli, Massimiliano Ascani, Simone Atzori, Maria Grazia Ciaccio, Gianfilippo De Astis, Sergio Del Mese, Alberto Delladio, Carlo Giunchi, Daniele Melini, Marco Moro, Adriano Nardi, Massimo Perfetti, Alessandro Pignatelli, Monica Piochi, Michele Saroli, Andrea Serratore, Marcello Silvestri, Gaia Soldati, Mario Tozzi, Massimiliano Vallocchia e i gruppi operanti presso la sede di Grottaminarda (AV) e le sezioni OV (Napoli) e Palermo per il loro contributo allo sviluppo della rete IRON. Si ringraziano inoltre i colleghi Milena Moretti e Alberto Delladio che hanno contribuito costruttivamente con i loro suggerimenti alla versione finale dell'articolo.

Bibliografia

- Cannelli V., (2017). *IRON-DB: a database for the Italian Radon mOnitoring Network*. Rapp. Tec. INGV, 371: 1-16.
- Cannelli V., Piersanti A., Galli G., Melini D., (2018). *Italian Radon mOnitoring Network (IRON): A permanent network for near real-time monitoring of soil radon emission in Italy*. *Annals of Geophysics*, 61(4), 2018; DOI: 10.4401/ag-7604.
- Cannelli V., Piersanti A., Spagnuolo E., Galli G., (2016). *Preliminary analysis of radon time series before the M_L=6 Amatrice earthquake: possible implications for fluid migration*. *Annals of Geophysics*, 59, Fast Track 5,2016; DOI: 10.4401/ag-7166.
- Farroni S., Acerr, A., Galli G., Salvaterra L., Rao S., Thorossian W., (2020b). *La rete di monitoraggio radon IRON: trasmissione dei dati su rete TCP/IP*. Misc. INGV, questo volume.
- Galli G., Cannelli V., Nard, A., Piersanti A., (2019). *Implementing soil radon detectors for long term continuous monitoring*. *Applied Radiation and Isotopes*. 153, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2019.10881>.
- Piersanti A., Cannelli V., Galli G., (2015). *Long term continuous radon monitoring in a seismically active area*. *Annals of Geophysics*, 58 (4), doi: 10.4401/ag-6735.
- Piersanti A., Cannelli V., Galli G., (2016). *The Pollino 2012 seismic sequence: clues from continuous radon monitoring*. *Solid Earth*, 7, 1303-1316, doi:10.5194/se-7-1303-2016.
- Rao S., Alparone S.C., Cannelli V., D'Alema E., D'Alessandro A., Di Prima S., Massa M., Moretti M., Orazi M., Piersanti A., Pietrantonio G., (2020). *Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Moretti M., Piersanti A., Margheriti L., Pietrantonio G., Pintore S., Stramondo S., Alparone S.C., Cannelli V., Neri M., Orazi M., Sep, V., (2018). *Project for an Italian multiparametric seismic network*. In: *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 20, EGU2018-13022. EGU General Assembly 2018.
- Siino M., Scudero S., Cannelli V., Piersanti A., D'Alessandro A., (2019). *Multiple seasonality in soil radon time series*. *Scientific Report*, 9, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44875-z>
- Soldati S., Cannelli V., Ascani M., Atzori S., Ciaccio M.G., De Astis G., Galli G., Melini D., Nardi A., Serratore A., Piersanti A., (2019). *IRON: Italian Radon mOnitoring Network*. In: *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 21, EGU2019-2683. EGU General Assembly 2019.
- Soldati S., Cannelli V., Piersanti A., (2019b). *Analysis of radon time series recorded during the 2016-2017 central Italy seismic sequence*. In: *Eos Trans. AGU*.

La rete di monitoraggio radon IRON: trasmissione dei dati su rete TCP/IP

Stefano Farroni¹, Catello Acerra¹, Gianfranco Galli², Leonardo Salvaterra¹, Sandro Rao¹, William Thorossian¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Roma 1, Italia

Autore corrispondente: stefano.farroni@ingv.it

Introduzione

Il monitoraggio sismico del territorio nazionale e dell'area Euro-Mediterranea si avvale dei dati velocimetrici e accelerometrici acquisiti dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale (RSN⁵⁸ [INGV Seismological Data Centre; 2006; Michellini et al., 2016]) e della Rete MedNet⁵⁹ [Pondrelli et al., 2020] e dei dati geodetici della Rete Integrata Nazionale GNSS (RING⁶⁰ [Avallone et al., 2010; INGV RING Working Group, 2016]). Nell'ambito del WP2 del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" [Rao et al., 2018; 2020] si stanno integrando sensori in grado di rilevare contemporaneamente parametri geofisici e geochimici. In questo rapporto tecnico viene descritta l'integrazione di un sensore di radon.

Nel corso degli ultimi decenni il radon ha trovato una varietà di applicazioni di Scienza della Terra, che vanno dal suo utilizzo come potenziale precursore di terremoti ed indicatore di stress tettonico al suo ruolo specifico negli ambienti vulcanici, dove variazioni significative di concentrazione precedenti o concomitanti a crisi eruttive sono anche indotte da gas vulcanici, CO₂ ad esempio, che agiscono da *carrier* accelerando la migrazione del radon attraverso la crosta terrestre e quindi la sua rivelabilità. Al fine di esplorare la possibilità di un legame tra processi sismogenici e variabilità temporale delle emissioni di radon è stata creata una rete permanente a livello nazionale, *Italian Radon mOnitoring Network* (IRON [Cannelli et al., 2017; 2018; 2020]), che impiega sia strumenti radon commerciali dotati di un sistema di memorizzazione, trasmissione e consultazione dati proprietario, sia sensori INGV che necessitano di un'interfaccia per acquisire e rendere disponibili i dati da remoto.

È stata pertanto progettata, realizzata e testata un'interfaccia HW/SW in grado di: i) contare e memorizzare gli impulsi in formato *Transistor-Transistor Logic* (TTL) generati dallo strumento per la misura della concentrazione di radon in aria, ii) essere collegata ad un *router* per l'invio ad un *server* dei dati acquisiti. È stato inoltre creato un servizio (syncproc) in PHP per interrogare, ad intervalli regolari, le stazioni remote e raccogliere i dati acquisiti destinati a popolare un *database*, creato con MariaDB⁶¹. "Clarice"⁶², un sito *web* raggiungibile esclusivamente dalla rete interna INGV e appositamente realizzato, consente di estrarre dal *database* i dati memorizzati e configurare ogni sensore installato.

I vari elementi *software* sono stati progettati utilizzando risorse *Open Source*.

⁵⁸ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/IV>

⁵⁹ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/MN>

⁶⁰ <http://ring.gm.ingv.it/>

⁶¹ <https://mariadb.com/kb/it/mariadb-italiano/>

⁶² <http://clarice:8080/>

Architettura generale

L'architettura generale comprende il sensore Lucas Cell⁶³, il contatore di impulsi e, lato centrale, un *database* con accesso da un sito *web* (Figura 1).

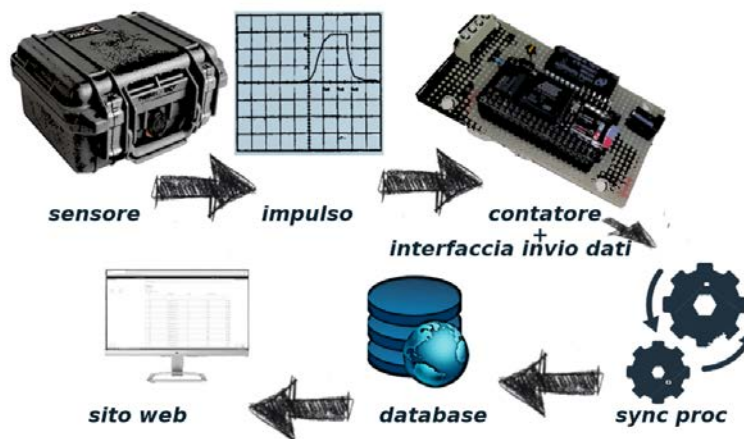


Figura 1 Architettura di monitoraggio radon lato centrale e remoto.

Contatore impulsi lato remoto

Per la realizzazione del contatore si è optato per l'utilizzo di un sistema linux *embedded* deputato alla lettura degli impulsi accumulati dall'integrato CD4040BCN il quale riceve in *input* impulsi in formato TTL generati dalla rivelazione delle particelle alfa prodotte dal decadimento del Po-218 e Po-214, figli del radon a breve tempo di dimezzamento. In Figura 2, viene mostrato lo schema del circuito.

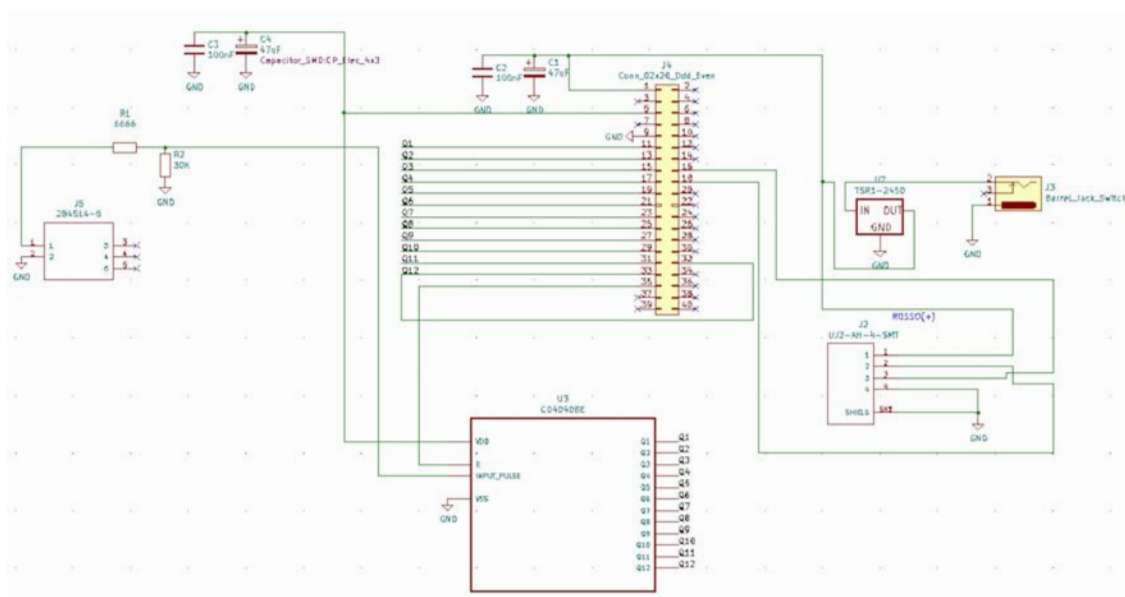


Figura 2 Schema elettrico della scheda di acquisizione.

⁶³ <https://polltechinstruments.com/lucas-cell.html>

A seguito del rilevamento di una particella ionizzante la sonda genera un impulso che farà incrementare di una unità il contatore CD4040BCN (ved. Figura 2 INPUT_PULSE). Ad intervalli regolari (ad es. 1 h) un processo dedicato, attivo sul sistema Arietta-G25, effettua la lettura dei 12 *pin* del contatore (valore binario del totale dei conteggi effettuati) convertendo tale risultato in decimale. Nel caso il contatore dovesse raggiungere il 4096-esimo impulso, il *pin* 1 del CD4040BCN effettuerà una variazione dal valore 1 a 0 attivando la *Interrupt Service Routine* (*routine* eseguita quando si verifica un evento esterno) registrata sul *pin* 32 del sistema Arietta-G25. Questa è la tecnica con cui sarà possibile superare il limite del valore di 4096 del contatore. Al termine della lettura viene eseguito un *reset* del contatore. Sul sistema Arietta-G25 è presente anche un secondo processo che rappresenta l'interfaccia responsabile di inviare, su richiesta, i dati al sistema centralizzato.

Contatore impulsi lato centrale

L'architettura generale prevede la presenza di un sistema centrale per la raccolta dei dati di tutte le stazioni radon remote. In termini generali abbiamo tre oggetti che realizzano la suddetta architettura:

- DB per l'archiviazione dei dati raccolti.
- *web server* in PHP.
- Servizio in PHP che, ad intervalli regolari, contatta le stazioni remote per la raccolta dati.

Prima installazione

Il giorno 14 novembre 2019 è stato installato il primo acquirente associato alla stazione sismica SRES presso il *bunker* situato al Monte Soratte (Figura 3).



Figura 3 Stazione sismica SRES installata nella *galleria-bunker* del Monte Soratte, montagna nella provincia di Roma, nel mezzo della valle del Tevere. La valigetta nera contiene il sensore radon e l'acquisitore. A destra viene mostrato l'interno della valigetta dove è visibile lo strumento Lucas Cell in telecontrollo (ved. Cannelli et al. [2020]).

Sviluppi futuri

Sono in corso dei test riguardo l'aggiornamento eseguito sui diversi elementi che compongono l'architettura fino a qui descritta.

Elenchiamo una breve descrizione di tali aggiornamenti:

- 1 Il contatore d'impulsi può ora leggere anche i dati forniti dai rilevatori radon AER-C⁶⁴ dell'Algade attraverso il *download* dei dati dalla porta USB.
- 2 Il contatore è predisposto per la trasmissione dati su rete LORA.
- 3 È stata aggiornata la definizione dei *database* (locali e remoti) per la gestione ulteriore dei parametri temperatura e umidità.
- 4 I dati inviati dai siti remoti sono ora già convertiti in Bacquerel per metro cubo.
- 5 È possibile configurare da *web* l'intervallo di cattura dei valori di concentrazione radon.

Bibliografia

- Avallone A., Selvaggi G., D'Anastasio E., D'Agostino N., Pietrantonio G., Riguzzi F., Serpellon, E., Anzidei M., Casula G., Cecere G., D'Ambrosio C., De Martino P., Devoti R., Falco L., Mattia M., Rossi R., Tammaro U., Zarrilli L., (2010). *The RING network: improvement of a GPS velocity field in Central Mediterranean*. Annals of Geophysics, 53 (2), DOI: 10.4401/ag-4549.
- Cannelli V., (2017). *IRON-DB: a database for the Italian Radon mOnitoring Network*. Rapp. Tec. INGV, 371: 1-16.
- Cannelli V., Piersanti A., Galli G. and Melini D., (2018). *Italian Radon mOnitoring Network (IRON): A permanent network for near real-time monitoring of soil radon emission in Italy*. Annals of Geophysics, 61, SE444, doi: 10.4401/ag-7604.
- Cannelli V., Galli, G., Rao S., Farroni S., Salvaterra L., Piersanti A., (2020). *La rete di monitoraggio radon IRON all'interno del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro": integrazione con la Rete Sismica Nazionale*. Misc. INGV, questo volume.
- INGV RING Working Group (2016). *Rete Integrata Nazionale GNSS*, Doi:10.13127/Ring.
- Michellini A., Margheriti L., Cattaneo M., Cecere G., D'Anna G., Delladio A., Moretti M., Pintore S., Amato A., Basili A., Bono A., Casale P., Danecek P., Demartin M., Faenza L., Lauciani V., Mandiello A.G., Marchetti A., Marocci C., Mazza S., Mele F.M., Nardi A., Nostro C., Pignone M., Quintiliani, M., Rao S., Scognamiglio L., and Selvaggi G., (2016). *The Italian National Seismic Network and the earthquake and tsunami monitoring and surveillance systems*. Adv. Geosci., 43, 31–38, <https://doi.org/10.5194/adgeo-43-31-2016>, 2016.
- Pondrelli S., Di Luccio F., Scognamiglio L., Molinari I., Salimbeni S., D'Alessandro A., and Danecek P., (2019). *The First Very Broadband Mediterranean Network: 30 Yr of Data and Seismological Research*. Seismol. Res. Lett. XX, 1–16, doi: 10.1785/0220190195.
- Rao S., Alparone S.C., Cannelli V., D'Alema E., D'Alessandro A., Di Prima S., Massa M., Moretti M., Orazi M., Piersanti A., Pietrantonio G., (2020). *Descrizione generale delle attività svolte e risultati conseguiti*. Misc. INGV, questo volume.
- Rao S., Moretti M., Piersanti A., Margheriti L., Pietrantonio G., Pintore S., Stramondo S., Alparone S.C., Cannelli V., Neri M., Orazi M., Sepe V., (2018). *Project for an Italian multiparametric seismic network*. In: Geophysical Research Abstracts. Vol. 20, EGU2018-13022. EGU General Assembly 2018.

⁶⁴ <https://www.algade.com/pdf/NOUVELLES%2ODOCS%20FR/NT-XFAB562-201%20indB%20-%20AER%20+%20AER%20C%20-%20FR.pdf>

Il principale obiettivo del WP3 è stato quello di sviluppare procedure automatiche per l'integrazione nelle Sale Operative di dati, misure, modelli predittivi e prodotti di ricerca dell'INGV.

Alle attività di questo WP hanno partecipato tutte le sedi INGV distribuite sul territorio italiano che, ognuna con la sua specificità, ha sviluppato ed ingegnerizzato procedure automatiche:

- per la visualizzazione nelle Sale Operative di dati e misure geochimiche, ionosferiche, geomagnetiche, telerilevate da satellite (SAR e ottico), multi-parametriche da fondale marino, *space weather*
- per rendere fruibili ai responsabili delle sale di monitoraggio sismico e vulcanico, i prodotti ottenuti utilizzando modelli predittivi, sviluppati a partire da dati sismici, geochimici, geodetici, telerilevati da satellite (SAR e ottico) e multiparametrici

L'elevata eterogeneità di competenze scientifiche e tecniche, ha permesso lo sviluppo di procedure e prodotti di particolare pregio, che porterà dei vantaggi nell'immediato futuro, sia per ciò che riguarda l'incremento dei dati disponibili nelle Sale Operative dell'INGV, che per ciò che riguarda gli strumenti di analisi dei parametri geofisici ed ambientali monitorati.

La recente eruzione dell'Etna del 24 dicembre 2018, seguita dall'evento sismico del 26 dicembre 2018, localizzato lungo la faglia di Fiandaca-Pennisi, ha permesso di testare le procedure che si trovavano già in una fase di sviluppo avanzato, ed i risultati delle nuove procedure hanno fornito ulteriori strumenti per l'analisi in *near real time* sia dell'evento eruttivo che dell'evento sismico. Hanno coadiuvato il sottoscritto responsabile del WP nel lavoro di coordinamento: Flavio Cannavò e Ciro Del Negro per l'OE, Antonio Avallone, Christian Bignami, Stefano Corradini, Enrico Serpelloni, e Malvina Silvestri per l'ONT, Flora Giudicepetro e Sergio Guardato per l'OV, Tomaso Esposti Ongaro ed Augusto Neri per la Sezione di Pisa, Marco Massa per la Sezione di Milano, Manfredi Longo, Franco Italiano e Antonio Paonita della sezione di Palermo, Domenico Di Mauro della Sezione di Roma 2.

I lavori riportati in questo volume rappresentano solo una parte (non esaustiva) delle attività svolte all'interno del WP3, e per il raggiungimento degli obiettivi di progetto sono stati effettuati vari acquisti di beni e strumenti ed è stato reclutato del personale a tempo determinato.

Francesco Guglielmino

One of the aims of the “S.O.I.R. future monitoring “was to develop automatic procedures for the integration of INGV new data, measurements, predictive models and research products into the Control rooms.

The main objectives of WP 3 are: a) the engineering of automatic procedures for displaying geochemical, ionospheric, geomagnetic, remote sensing from satellite (SAR and optical), multiparametric seabed and space weather measurements in the Control rooms. b) the engineering of automatic procedures to display predictive models, developed from seismic, geochemical, geodetic, satellite remote sensing and multiparametric data available, to the expert seismologist and volcanologist of the Control rooms.

The high heterogeneity of scientific and technical expertise has allowed the development of procedures and products of high value, which will bring advantages in the near future, both for what concerns the increase of the data available in the INGV control rooms, which as regards the tools for analyzing the geophysical and environmental parameters monitored

WP3 was very articulated; it was entirely coordinated by Francesco Guglielmino.

The undersigned head of the WP in the coordination work assisted: Flavio Cannavò e Ciro Del Negro for the Osservatorio Eolie (INGV-OE), Antonio Avallone, Christian Bignami, Stefano Corradini, Enrico Serpelloni and Malvina Silvestri for the Osservatorio Nazionale Terremoti (INGV-ONT), Flora Giudicepetro and Sergio Guardato for the Osservatorio Vesuviano (INGV-OV), Tomaso Esposti Ongaro and Augusto Neri for the Pisa section, Marco Massa for the Milan section, Manfredi Longo, Franco Italiano e Antonio Paonita from the Palermo section, Domenico Di Mauro from the Rome 2 section.

Francesco Guglielmino

Sistema FLOWSAT per la caratterizzazione dei flussi lavici dallo spazio

Ciro Del Negro, Giuseppe Bilotta, Annalisa Cappello, Veronica Centorrino, Claudia Corradino, Gaetana Ganci

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

Autore corrispondente: ciro.delnegro@ingv.it

Introduzione

Le eruzioni effusive dell'Etna sono frequenti sia dai crateri sommitali sia da bocche eruttive laterali, con la lava che può scorrere per lunghe distanze sui fianchi del vulcano [Del Negro et al., 2019]. Le osservazioni satellitari forniscono una vista sinottica di un vulcano, permettendo di osservare l'evoluzione spazio-temporale dei flussi di lava soprattutto in aree remote, non facilmente accessibili per rilievi in loco. Per migliorare l'affidabilità delle valutazioni in tempo quasi reale della pericolosità di inondazione da colate laviche è stato implementato il sistema FLOWSAT capace di analizzare una varietà di dati satellitari. Questo sistema permette di elaborare dati satellitari multispettrali con il duplice compito di: (i) riconoscere e caratterizzare i flussi lavici utilizzando immagini multispettrali nell'infrarosso e (ii) aggiornare il modello digitale della topografia del vulcano utilizzando immagini ottiche.

FLOWSAT è un sistema modulare progettato per rilevare la presenza di anomalie termiche superficiali attraverso l'analisi di immagini nell'infrarosso termico acquisite da una varietà di sensori satellitari, come MODIS, SEVIRI e VIIRS. L'uso combinato di sensori con differenti risoluzioni spaziali (da 375 m per VIIRS a 3 km per SEVIRI) e temporali (fino a 5 minuti per SEVIRI) si è rivelato uno strumento robusto e affidabile per l'individuazione e il tracciamento delle anomalie termiche legate all'attività vulcanica e per la stima del tasso di emissione lavico in caso di eruzioni effusive [Ganci et al., 2016]. Recentemente FLOWSAT è stato migliorato e potenziato con due nuovi moduli. Il primo permette di mappare i campi lavici attivi, sia per determinare le componenti termiche presenti sia per quantificare l'estensione della colata attiva, attraverso l'elaborazione di dati satellitari nell'infrarosso vicino (VNIR e SWIR) a più alta risoluzione spaziale, come Sentinel-2 (fino a 10 m). Il secondo consente di analizzare le immagini ottiche ad altissima risoluzione spaziale in modalità stereo, *tri-stereo* o *multiview*, come quelle acquisite dalla costellazione *Pléiades* (50 cm), per aggiornare tempestivamente la topografia del vulcano quando viene modificata da nuovi depositi vulcanici. Inoltre, in caso di eruzione, FLOWSAT redige in automatico un *report* di tutti i prodotti generati (Figura. 1).

Risultati

Ingegnerizzazione del modulo di estrazione campo lavico attivo

Le immagini satellitari acquisite dal sensore *MultiSpectral Imager* (MSI) a bordo del satellite Sentinel-2 offrono una copertura multispettrale con un'alta risoluzione spaziale, da 10 a 60 m, che hanno permesso di ricostruire in modo dettagliato il campo lavico delle più recenti eruzioni dell'Etna. A questo proposito è stato sviluppato un classificatore basato su tecniche di apprendimento automatico (*Machine Learning*) progettate per classificare pixel correlati ai recenti flussi di lava da immagini multispettrali pre- e post-eruttive, combinate con la topografia pre-eruttiva [Corradino et al., 2019]. L'approccio si basa su un classificatore *k-medoide* non

supervisionato, in grado di separare i punti dati in diversi *cluster*, secondo la misura di correlazione tra i *pixel* appartenenti all'area di interesse. La nuova procedura è stata applicata con successo per mappare i campi lavici delle eruzioni recenti dell'Etna di agosto e dicembre 2018 e di maggio e luglio 2019 (Figura 2).

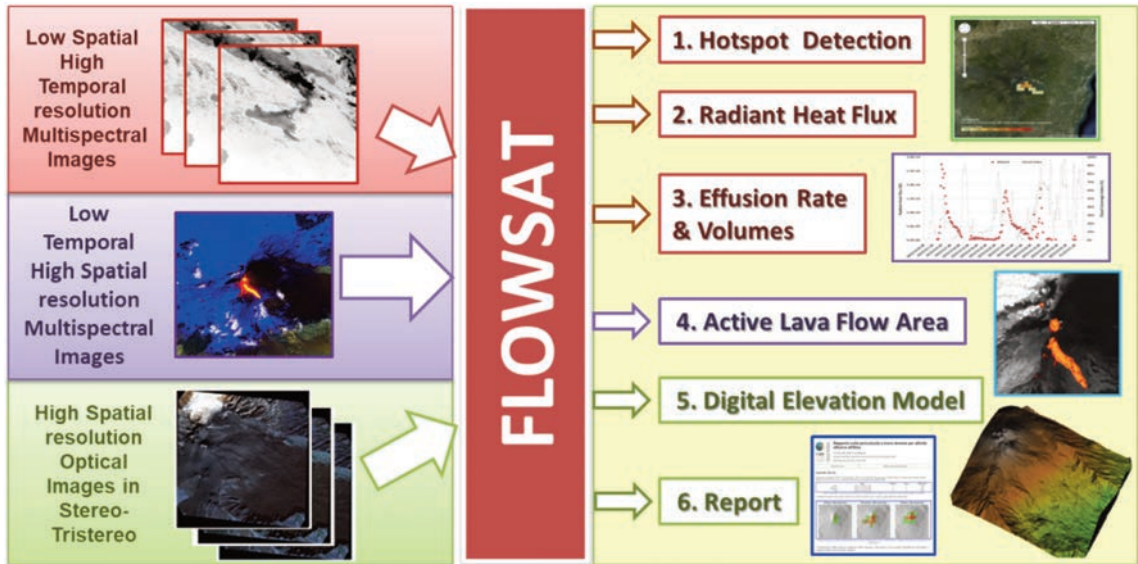


Figura 1 Diagramma di flusso del sistema FLOWSAT. Il sistema è costituito da 6 moduli che forniscono i seguenti prodotti: (1) anomalie termiche; (ii) flusso radiante; (iii) tasso effusivo e volumi emessi, (iv) area del campo di lava attivo; (v) modello digitale della topografia e (vi) rapporto.

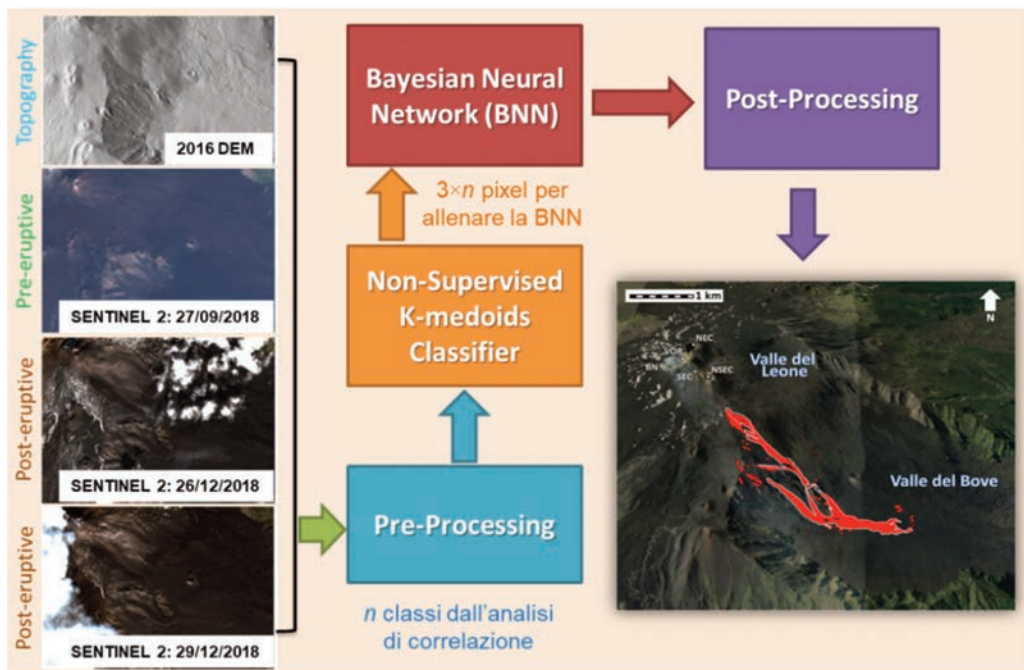


Figura 2 Flusso di lavoro adottato per mappare i campi di lava basato sui dati topografici e sulle immagini di Sentinel-2 MSI. I dati di input vengono prima pre-elaborati e forniti come *input* al classificatore *k-medioide* non supervisionato; quindi *n pixel* per ogni classe vengono utilizzati per addestrare la BNN. Infine l'output della BNN viene post-elaborato ottenendo un'immagine con l'estensione areale della colata lavica [da Corradino et al., 2019].

Sviluppo del modulo per l'aggiornamento della topografia

È stata implementata una procedura per la produzione e l'aggiornamento rapido di Modelli Digitali del Terreno (DEM) utilizzando le immagini ottiche ad altissima risoluzione spaziale (50 cm) in stereoscopia e/o in configurazione *tri-stereo* acquisite dal sistema di satelliti duali di osservazione *Pléiades* [Ganci et al., 2018; 2019a; 2019b]. Le immagini satellitari sono state processate usando il *software free* e *Open Source MicMac*⁶⁵. L'elaborazione consiste di tre passi principali: (i) creazione di immagini epipolari che descrivono i vincoli geometrici tra le coppie di immagini stereo; (ii) *matching* tra la coppia di immagini stereo per generare un'immagine di parallasse in cui sono associati i punti corrispondenti delle due immagini; (iii) creazione e geocodifica del DEM che viene creato dalle differenze della coppia di immagini stereo e viene riproiettato dalla proiezione epipolare al sistema di riferimento (*datum* e proiezione) di interesse. Grazie alla procedura sviluppata, è stato possibile produrre diversi DEM dell'Etna ad una risoluzione spaziale di 2 m [Ganci et al., 2018], che sono stati fondamentali per monitorare le modifiche della topografia del vulcano dovute ai depositi e stimare i volumi dei prodotti emessi durante le eruzioni [Ganci et al., 2019b].

Implementazione della routine per la produzione di *report* automatici in caso di eventi effusivi

È stata implementata una *routine* per la redazione semi-automatica del rapporto di sintesi di tutti i prodotti generati da FLOWSAT in caso di un'eruzione effusiva. Tale *routine* riflette la strategia per le simulazioni delle colate di lava sviluppata per la piattaforma Lav@Hazard [Vicari et al., 2011], che è composta dalla sequenza: determinazione delle anomalie termiche (*hot-spot*) ⇒ stima del tasso effusivo ⇒ simulazione degli scenari attesi per le colate di lava. I rapporti generati sono quindi composti dalla sintesi del monitoraggio termico da satellite effettuato con FLOWSAT e da scenari di previsione della pericolosità da colate laviche a breve termine simulati con il modello MAGFLOW [Cappello et al., 2016]. La generazione dei rapporti è guidata dall'operatore che può selezionare il periodo di interesse e, opzionalmente, la posizione della bocca effusiva (altrimenti determinata dalla posizione del primo *hot-spot*). Questo rapporto automatico rappresenta una singola valutazione (da aggiornare continuamente) della pericolosità dell'attività effusiva durante un'eruzione ed è destinato prevalentemente a chi opera in Sala Operativa (Figura 3).

Discussione e conclusioni

Il sistema FLOWSAT è uno strumento robusto e affidabile sviluppato per riconoscere e seguire i fenomeni termici associati agli eventi vulcanici. FLOWSAT è integrato in un servizio GIS, ed è in grado di analizzare contemporaneamente tutti i dati satellitari nel termico disponibili in tempo reale con il duplice obiettivo di monitorare l'attività vulcanica e di fornire, in caso di eruzione, informazioni quantitative utili ai fini delle simulazioni numeriche delle colate di lava. Inoltre, attraverso l'analisi di immagini ottiche ad alta risoluzione permette un continuo aggiornamento della topografia. Tale sistema, in situazioni di emergenza sull'Etna, permette: (i) la rapida localizzazione delle zone interessate dall'attività termica; (ii) di fornire una stima del tasso di emissione lavico (*Time Average Discharge Rate*, TADR); (iii) di rilevare l'estensione areale del campo di lava attivo; (iv) di produrre DEM aggiornati del vulcano; (v) di redigere in automatico un *report* sui prodotti forniti.

Il funzionamento di FLOWSAT è stato dimostrato durante le eruzioni effusive del 2018 e 2019 all'Etna. L'implementazione di tale sistema ha richiesto anche lo sviluppo di un *feedback* tra

⁶⁵ <http://micmac.ensg.eu>

modellazione e tecniche satellitari. Le immagini satellitari a infrarossi sono state utilizzate per distinguere le parti attive dei flussi di lava. Tali informazioni sono state fornite in ingresso ai modelli numerici usati per eseguire le simulazioni delle colate di lava, verificando nel contempo che l'area del campo di lava derivata da satellite fosse effettivamente plausibile. Vale la pena notare che i dati satellitari possono aggiornare continuamente il TADR utilizzato per le simulazioni degli scenari attesi basate sul modello e, di controverso, le valutazioni basate sul modello della probabile area della colata e della distribuzione dello spessore possono aiutare a perfezionare o almeno a verificare la plausibilità delle routine di conversione satellitare.

Il confronto con le aree reali dei campi di lava mappate durante le recenti eruzioni dell'Etna ha permesso di convalidare la nostra metodologia, le previsioni e i risultati. La nostra metodologia si basa totalmente su simulazioni numeriche dei percorsi delle colate guidate da stime satellitari dei tassi di effusione. Poiché queste stime dei tassi possono essere ottenute in tempo reale e le simulazioni che coprono diversi giorni di eruzione possono essere calcolate in pochi minuti, l'approccio combinato ha il potenziale per fornire previsioni tempestive delle aree che potrebbero essere inondate dalla lava. Inoltre, tali scenari di previsione possono essere continuamente aggiornati in risposta ai cambiamenti nell'attività eruttiva appena sono rilevati dalle immagini satellitari. I nostri risultati dimostrano come i prodotti di FLOWSAT estratti dai dati satellitari possono essere efficacemente utilizzati dai modelli del flusso di lava per produrre durante le crisi eruttive scenari realistici della pericolosità delle colate di lava e per aiutare le autorità locali a prendere decisioni durante un'eruzione vulcanica.



**ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

INGV
terremoti
vulcani
ambiente

Rapporto sulla pericolosità a breve termine per attività effusiva all'Etna

Generato dalla piattaforma Lav@Hazard

Periodo di riferimento: dal 2019-07-26 02:00 CEST al 2019-07-28 02:00 CEST

Data emissione: 2019-07-27 19:32 CEST

Anomalie rilevate
Mappa di pericolosità preliminare

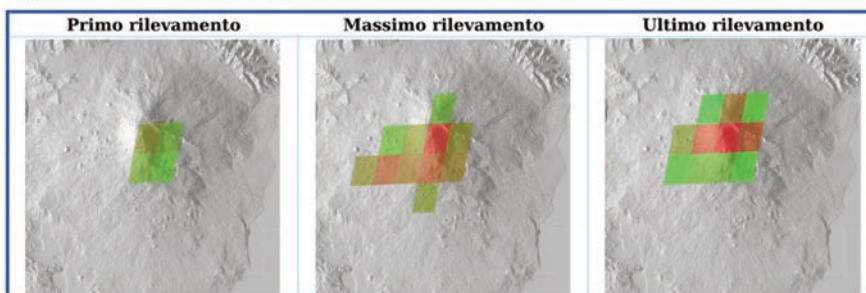
Anomalie rilevate

Nel periodo di riferimento (2019-07-26 02:00 CEST / 2019-07-28 02:00 CEST) sono stati rilevati 2 giorni di attività. Una sintesi delle anomalie termiche (hotspot) rilevate all'inizio, al picco ed alla fine dell'attività sono presentate nella seguente tabella:

	Data	Hotspot	Saturi	VRP (GW)
Inizio	2019-07-27T08:45:10Z	4	0	3.09
Massimo	2019-07-27T14:45:09Z	11	0	11.98
Fine	2019-07-27T16:45:10Z	11	0	9.89

Numero di hotspot, numero di hotspot saturi e potenza radiante (VRP) stimata per il primo rilevamento, il picco dell'attività, e l'ultimo rilevamento nel periodo di riferimento.

La distribuzione spaziale delle anomalie termiche nel rilevamento iniziale, di picco e finale è rappresentata nella seguente figura:



Rappresentazione grafica degli hotspot per il primo rilevamento, il picco dell'attività, e l'ultimo rilevamento nel periodo di riferimento.

Figura 3 Estratto del *report* automatico dei prodotti generati dal sistema FLOWSAT redatto in tempo reale durante l'eruzione dell'Etna del 27 luglio 2019.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato parzialmente finanziato dal progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro”, WP3 “Nuovi Dati e Misure”. Il manoscritto ha beneficiato dei commenti di Claudia Spinetti.

Bibliografia

- Cappello A., H erault A., Bilotta G., Ganci G., Del Negro C. (2016). *MAGFLOW: a physics-based model for the dynamics of lava flow emplacement*. In: Harris, A., De Groeve, T., Garel, F. & Carn, S. A. (eds) *Detecting, Modelling and Responding to Effusive Eruptions*. Geological Society, London, Special Publications, 426, doi:10.1144/SP426.16;
- Corradino C., Ganci G., Cappello A., Bilotta G., H erault A., Del Negro C. (2019). *Mapping Recent Lava Flows at Mount Etna Using Multispectral Sentinel2 Images and Machine Learning Techniques*. *Remote Sens.* 2019, 11(16), 1916; doi:10.3390/rs11161916;
- Del Negro C., Cappello A., Bilotta G., Ganci G., H erault A., Zago V. (2019). *Living at the edge of an active volcano: Risk from lava flows on Mt. Etna*. *The Geological Society of America Bulletin*, doi:10.1130/B35290.1;
- Ganci G., Bilotta G., Cappello A., H erault A., Del Negro C. (2016). *HOTSAT: a multiplatform system for the satellite thermal monitoring of volcanic activity*. In: Harris, A., De Groeve, T., Garel, F. & Carn, S. A. (eds) *Detecting, Modelling and Responding to Effusive Eruptions*. Geological Society, London, Special Publications, 426, doi:10.1144/SP426.21;
- Ganci G., Cappello A., Bilotta G., H erault A., Zago V., and Del Negro C. (2018). *Mapping volcanic deposits of the 2011–2015 Etna eruptive events using satellite remote sensing*. *Front. Earth Sci.* 6:83. doi: 10.3389/feart.2018.00083;
- Ganci G., Cappello A.; Bilotta G.; Corradino C.; Del Negro C. (2019a). *Satellite-Based Reconstruction of the Volcanic Deposits during the December 2015 Etna Eruption*. *Data* 4(3), 120; doi:10.3390/data4030120;
- Ganci G., Cappello A., Zago V., Bilotta G., H erault A., and Del Negro C. (2019b). *3D Lava flow mapping of the 17–25 May 2016 Etna eruption using tristereo optical satellite data*. *Ann. Geophys.* 62, 2, VO220, doi: 10.4401/ag7875;
- Vicari A., Bilotta G., Bonfiglio S., Cappello A., Ganci G., H erault A., Rustico E., Gallo G., Del Negro C. (2011). *LAV@HAZARD: A WebGis interface for volcanic hazard assessment*. *Ann. Geophys.*, 54, 5, doi: 10.4401/ag5347.

Dati accelerometrici INGV in tempo reale: processamento automatico e verifica di qualità del dato

Marco Massa¹, Ezio D'Alema¹, Sandro Rao², Alfonso Giovanni Mandiello², Milena Moretti², Lucia Margheriti²

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: marco.massa@ingv.it

Introduzione

Ruolo fondamentale delle stazioni accelerometriche è la registrazione di dati di qualità utilizzati per il calcolo dei principali parametri di scuotimento considerati nell'ambito della sismologia applicata all'ingegneria. In caso di terremoti da moderati a forti, l'immediata disponibilità di dati accelerometrici di qualità è inoltre rilevante per ovviare gli eventuali effetti di saturazione alle stazioni velocimetriche, consentendo di effettuare molte analisi sismologiche fondamentali per il calcolo della magnitudo, il tensore momento sismico e la localizzazione del terremoto utilizzando anche i tempi di arrivo della fase S.

Il principale obiettivo di questo lavoro è la messa a punto di metodologie automatiche per l'individuazione di cause epistemiche nel malfunzionamento delle stazioni accelerometriche della Rete Sismica Nazionale (RSN, [Michelini et al., 2016])⁶⁶, di fornire un dato grezzo analizzato in automatico in grado di garantire fin dai primi minuti dopo l'evento un quadro generale dello scuotimento affidabile, oltre che rendere disponibile agli operatori della Sala Operativa dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) una serie di informazioni dedicate alla qualità del dato contenute in pagine *web* riservate denominate ISMDq_c (*quality check*) all'interno del portale accelerometrico ISMD [Massa et al., 2014]⁶⁷.

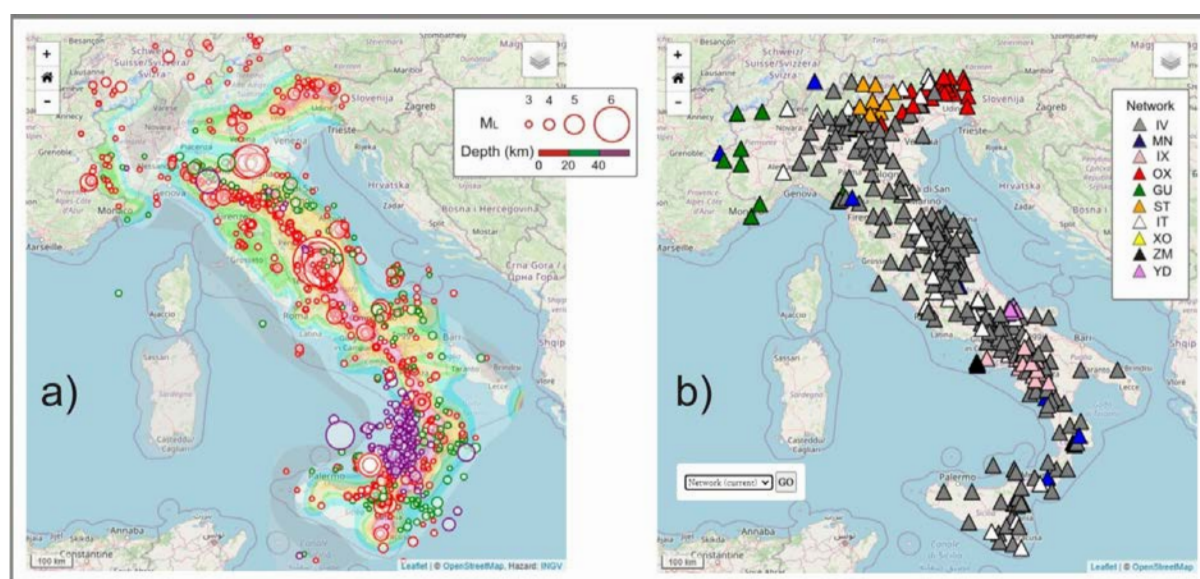


Figura 1 a) eventi test per le procedure proposte; b) stazioni accelerometriche INGV in *real time*.

⁶⁶ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/IV>

⁶⁷ <http://ismd.mi.ingv.it>

Il portale ISMD svolge dal 2012 l'acquisizione, l'analisi automatica ed il controllo di qualità in tempo reale per tutti i dati registrati dalle stazioni accelerometriche della RSN acquisite in telemetria, oltre che dalle stazioni con trasmissione in *realtime* installate in emergenza dai gruppi operativi SISMICO ed EMERSITO⁶⁸, come già avvenuto per le sequenze di Mirandola 2012, Amatrice 2016, Ischia 2017, e Molise 2018. Per garantire questo servizio, gli *streams* in continuo archiviati al nodo INGV EIDA (*European Integrated Data Archive*)⁶⁹ vengono ridonati in *real time* al CED della Sezione di Milano dell'INGV, con un flusso di dati che ad oggi ammonta a circa 25 Gbyte giornalieri, comprendendo dal 2018 il *backup* dei dati accelerometrici acquisiti da 40 stazioni della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN-DPC) acquisite nella Sala Operativa ONT e selezionate in base alla possibilità di archiviare i dati parametrici rispettando le regole internazionali (unicità della sigla di stazione ed iscrizione all'*International Seismological Centre, ISC*⁷⁰). Ad oggi (i.e luglio 2020) sono oltre 300 le stazioni accelerometriche della RSN acquisite in tempo reale (Figura 1). Di queste, l'INGV gestisce direttamente circa 200 stazioni, di cui circa 190 con codice di rete IV⁷¹, 7 con codice di rete MN (*MedNet, Mediterranean Very Broadband Seismographic Network*⁷², e 1 con codice di rete ZM⁷³ (SISMICO, emergenza Ischia). Il flusso dati in tempo reale verso la Sala Operativa ONT è ad oggi garantito sia dalla presenza di altri nodi *seedlink* primari dislocati nelle sezioni e sedi INGV sia da convenzioni attive di scambio dati con altri enti pubblici ed università, quali le stazioni dell'Irpinia Seismic Network (ISNet⁷⁴), le stazioni dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS⁷⁵), le stazioni della Provincia Autonoma di Trento⁷⁶, le stazioni della rete dell'Italia Nord Occidentale e Lunigiana Garfagnana, gestita dall'Università degli Studi di Genova⁷⁷, a cui si aggiungono 40 stazioni della Rete RAN gestita dal Dipartimento di Protezione Civile⁷⁸.

Risultati

Per migliorare l'analisi di qualità del dato accelerometrico in tempo reale nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", sono state messe a punto due metodologie, una sviluppata nel dominio del tempo ed una nel dominio della frequenza. La prima si basa sul calcolo degli involucri di porzioni selezionate di accelerogrammi, ovvero della loro energia, confrontata con quella del *noise* ambientale di riferimento alla singola stazione. La seconda si basa sul confronto tra spettri di *Fourier* (FFT) e *Pseudo Spectral Density* (PSD) calcolati su differenti porzioni di accelerogramma ed in diverse bande di frequenza rispetto al *noise* medio calcolato sia alla singola stazione, sia mediato su gruppi di stazioni classificate in differenti classi di suolo secondo la normativa antisismica vigente. I risultati hanno permesso di individuare per i dati elaborati in automatico 4 classi di qualità decrescente (A, B, C, D) in grado di definire con immediatezza le forme d'onda con qualità al di sotto di una soglia minima definita a priori in base ai rapporti spettrali.

⁶⁸ <http://www.ingv.it/it/monitoraggio-e-infrastrutture-per-la-ricerca/emergenze/gruppi-di-emergenza>

⁶⁹ <https://www.orfeus-eu.org/data/eida/nodes/INGV/>

⁷⁰ <http://www.isc.ac.uk/>

⁷¹ <http://www.fdsn.org/networks/detail/IV>

⁷² <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/MN>

⁷³ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/ZM>

⁷⁴ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/IX>

⁷⁵ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/OX>

⁷⁶ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/ST>

⁷⁷ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/GU>

⁷⁸ <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/IT>

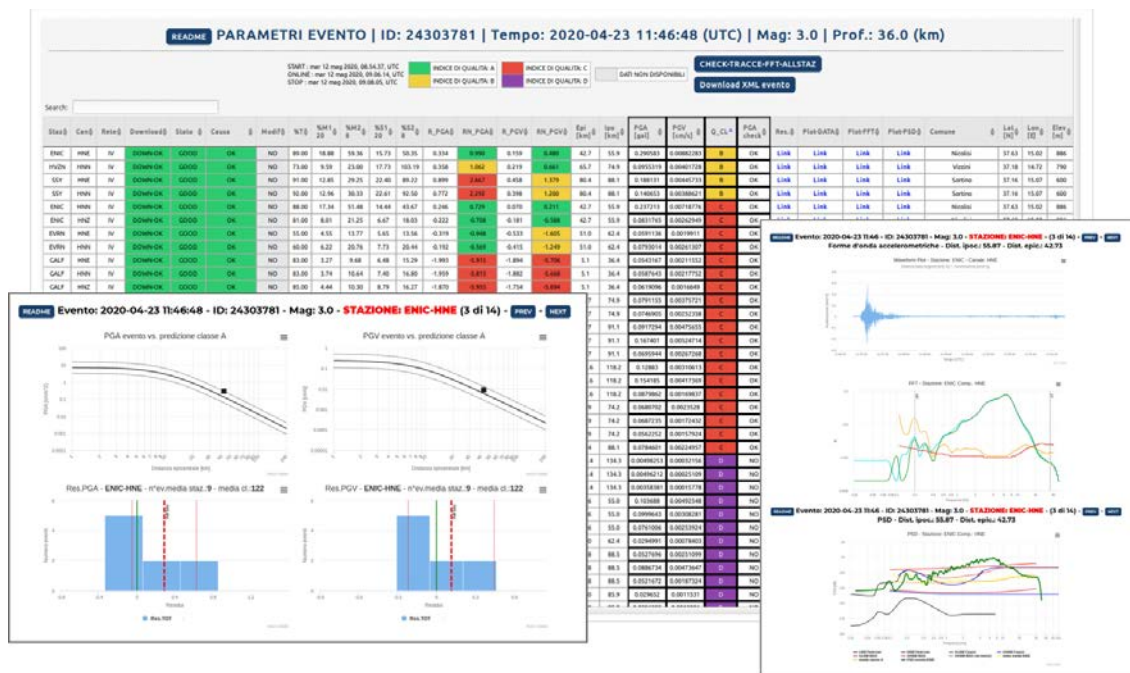


Figura 2 ISMDq: esempio di *report* automatico per un evento test. In basso a sinistra analisi dei residui da GMPE, a destra, confronto con modelli di *noise* (FFT e PSD) alla stazione considerata. Classe di qualità e *check* sui parametri di scuotimento sono visualizzabili direttamente in tabella (celle in neretto).

La procedura di acquisizione controllo e pubblicazione del dato accelerometrico tramite il portale ISMD viene effettuata utilizzando due *server* e due *workstation* in ridondanza operative al CED della sezione di Milano. In occasione di ogni evento il sistema interroga tramite un servizio preferenziale il *webservice* ONT per ottenere i parametri focali dell'evento. Interrogando la tabella stazioni del *database postgresql* ISMD dedicato vengono calcolate le distanze epicentrali per ogni stazione della rete ed in base alla magnitudo evento viene selezionata una soglia in distanza sotto la quale tutte le stazioni vengono analizzate. Le soglie di taglio sono state determinate a priori in base ad analisi sul rapporto segnale rumore alle singole stazioni.

La catena di acquisizione, verifica della qualità del dato e processamento automatico prevede:

- estrazione di 5 minuti di segnale a partire dal tempo origine (UTC) sugli *stream* HN, HL o HG in continuo in formato *MiniSEED* ed immediata conversione nel formato SAC (entrambi in *counts*);
- eliminazione delle stazioni che non acquisiscono correttamente gli *stream* di dati per le tre componenti;
- conversione dei dati nel formato ASCII e applicazione del processamento automatico del segnale che prevede l'eliminazione *dell'offset*, la rimozione della media, un *taper* coseno ad inizio e fine finestra e l'applicazione di una banda di filtraggio di tipo *Butterworth* con soglie passa basso e passa alto selezionate in modo fisso in base alla magnitudo dell'evento. I filtri sono stati desunti a seguito di uno studio comparativo con quanto riportato in Pacor et al. [2011] considerando stazioni accelerometriche di tipo digitale. Tutti i dati sono ricampionati a 100 Hz, avendo preliminarmente verificato che l'operazione non comporti *bias* in termini di valore dei parametri di scuotimento;
- eliminazione delle stazioni con meno di 10 secondi di registrazione ad eccezione delle stazioni entro i primi 20 km di distanza epicentrale;
- selezione delle finestre pre evento (t_1), evento (t_2) e post evento (t_3). Questa operazione è basata su tre differenti metodi: empirico, in base a distanza ipocentrale e modello di

velocità selezionato a priori; 90% di energia del segnale stimato in base all'intensità di Arias; taglio di una finestra fissa di segnale;

- individuazione di *spike* spuri nelle finestre t1 e t3 evento per determinare se la porzione di segnale è affetta da una quantità significativa di transienti antropici: se il numero individuato è minore della soglia stabilita, gli *spike* vengono sostituiti con il valor medio dei campioni di segnale individuati prima e dopo ogni singolo disturbo. Al contrario la traccia viene eliminata;
- controllo sulla finestra t2 per la presenza di *spike* spuri con valori superiori a N deviazioni *standard* riferita alla mediana della GMPE di riferimento [Bindi et al., 2011], considerando per ogni stazione la classe di sito da normativa. In caso affermativo la traccia alla stazione viene scartata in quanto l'operazione di sostituzione di campioni nella finestra evento andrebbe a creare un artefatto che potrebbe non coincidere con il reale valore di scuotimento massimo;
- controllo nella finestra t2 dei valori di picco sulle tre componenti del segnale per stabilire la presenza di differenze significative che potrebbero indicare un picco di accelerazione non dovuto al reale scuotimento, ma ad un malfunzionamento o settaggio errato della singola componente: se la differenza massima risulta essere maggiore di valori sperimentali impostati a priori la traccia viene eliminata;
- calcolo della GMPE di riferimento per la classe di sito riferita a ogni singola stazione per PGA (*Peak Ground Acceleration*) e PGV (*Peak Ground Velocity*), valutazione dei residui tra dato registrato e predetto e valutazione del residuo medio calcolato per la classe di suolo della stazione analizzata: se la differenza è maggiore di un numero selezionato di deviazioni *standard* della mediana della GMPE la stazione è eliminata.

Sui segnali non eliminati in automatico in base ai criteri sopra elencati, il sistema automatico calcola:

- il valore percentuale dell'indice di qualità nel dominio del tempo come sopra descritto;
- per le finestre t2 le FFT (*spettri di Fourier*) e le PSD (*Pseudo Spectral Density*);
- per ogni componente, gli involucri spettrali sulla finestra evento e confronto con gli involucri calcolati su spettri di *noise* ambientale di riferimento calcolati a priori su tutte le stazioni, considerando sia la singola stazione che la media riferita alla classe di sito NTC;
- gli indici di qualità nel dominio spettrale su due differenti porzioni di segnale, tra 2-8 Hz e tra 1-20 Hz, considerando come riferimento sia il *noise* ambientale alla stazione che il *noise* medio della classe di sito. I rapporti ottenuti serviranno a stabilire la presenza effettiva di un evento (confronti nella banda 2-8 Hz) e la classe di qualità dell'evento stesso (banda di frequenza tra 1-20 Hz);
- infine, in base a soglie sperimentali impostate a priori e basate sul contenuto spettrale dei segnali, vengono definite 4 classi di qualità, da A (100% della banda spettrale disponibile in base alle soglie di filtraggio automatico), a D (banda spettrale disponibile < 40%). Le stazioni o singole componenti con segnali classificati in classe D verranno eliminate.

Per i segnali in classe di qualità A, B, C verranno calcolate, a partire dalle forme d'onda in accelerazione, le tracce in velocità e spostamento, oltre che i valori di picco dello scuotimento registrato, gli spettri di risposta ed altri parametri di durata di interesse ingegneristico (ad es. Intensità di Arias ed Housner). I parametri di scuotimento desunti andranno a costituire un file nel formato xml contenente PGA, PGV, ordinate spettrali nei periodi 0.3s, 1.0s, 3.0s e l'informazione relativa alla classe di qualità. Il file è compatibile con i formati ad oggi utilizzati per il calcolo delle *shakemaps*, disponibili al [link shakedata](http://link.shakedata)⁷⁹. Verranno infine create, in

⁷⁹ http://terremoti.ingv.it/webservices_and_software

automatico, pagine in formato php, denominate ISMDqc (*quality check*), disponibili all'interno del portale ISMD e visualizzabili tramite filtro effettuato su IP statici abilitati a priori per operatori di Sala, contenenti *log*, *report* e visualizzazioni grafiche relative all'avvenuto *check* per tutti i passaggi della catena sopra descritta (Figura 2).

Discussioni e conclusioni

Le procedure descritte relative al sistema di analisi e processamento dei segnali accelerometrici hanno consentito di ottimizzare il numero di stazioni accelerometriche analizzate per ogni evento di magnitudo superiore a 3.0, in quanto indipendenti da falsi *trigger* su fasi sismiche con basso rapporto segnale disturbo, in particolare sulla fase *strong motion*. I risultati ottenuti da test in *playback* su eventi registrati dalla rete accelerometrica a partire dal 2012, hanno consentito di testare le procedure su circa 48.000 forme d'onda classificate nelle categorie A, B, C, D di cui circa 5.400 risultate in categoria D e quindi eliminate (circa il 10% delle registrazioni considerate). Per quanto riguarda l'individuazione di cause epistemiche relative ai malfunzionamenti, esse sono state raggruppate in 4 categorie, ovvero, segnali con insufficiente rapporto segnale rumore, malfunzionamenti della stazione di vario tipo, presenza di *spike* spuri nelle registrazioni, interruzione nella trasmissione dei dati. Le procedure sopra descritte hanno consentito in questi anni di individuare inoltre la presenza di settaggi errati dei parametri di stazione dovuti a possibili errori di *data entry* nella compilazione da parte dei gestori di reti del *data base* di riferimento *Seisface* [Pintore et al., 2012]. I controlli di qualità hanno consentito di poter disporre di un dato automatico utilizzabile al fine di migliorare l'attendibilità delle prime *shakemaps*.

Ringraziamenti

I dati accelerometrici analizzati tramite le procedure proposte sono resi disponibili grazie a molti colleghi INGV che ricoprono diversi compiti nella catena di produzione del dato, dalla manutenzione delle stazioni all'acquisizione, archiviazione e successiva distribuzione. Si ringraziano tutti i colleghi INGV che contribuiscono alla gestione della Rete Sismica Nazionale e delle reti sismiche mobili di pronto intervento.

Bibliografia

- Bindi D., Pacor F., Luzi L., Puglia R., Massa M., G. Ameri, and R. Paolucci (2011). *Ground Motion Prediction Equations Derived from the Italian Strong Motion Data Base*. Bull. Earth. Eng., 9, 6, 1899-1920.
- Massa M., Lovati S., Franceschina G., D'Alema E., Marzorati S., Mazza S., Cattaneo M., Selvaggi G., Amato A., Michelini A. and Augliera P. (2014). *ISMD, a web portal for real time processing and dissemination of INGV Strong Motion Data*. Seism. Res. Lett., 85, Number 4 July/August 2014.
- Michelini A. and Co-Authors (2016). *The Italian National Seismic Network and the earthquake and tsunami monitoring and surveillance systems*. Advances in Geosciences, 10.5194/adgeo-43-31-2016.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (NTC 2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Part 3: Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*. Gazzetta Ufficiale, 42, 20/02/2018.
- Pacor F., Paolucci R., Ameri G., Massa M. and Puglia R. (2011). *Italian strong motion records in ITACA: overview and record processing*. Bull. Earth. Eng., 9, 6, 1741-1759.
- Pintore S., Marcocci C., Bono A., Lauciani V., Quintiliani M., (2012) *Seisface: interfaccia di gestione delle informazioni della rete sismica nazionale centralizzata*. Rapp. Tec. INGV, 218: 1-30.

Uno strumento *software* per l'inversione rapida di dati di deformazione

Mahak Singh Chauhan, Flavio Cannavò

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

Autore corrispondente: flavio.cannavo@ingv.it

Sommario

L'obiettivo del lavoro è stato quello di rendere disponibile uno strumento semplice per l'inversione di dati geodetici registrati dalla rete GPS permanente Etnea. Lo strumento sviluppato offre la possibilità di invertire i dati di deformazione sia in tempo quasi reale che *offline*. Per quanto riguarda l'algoritmo di inversione, è stato utilizzato un approccio probabilistico basato sul metodo denominato *Monte Carlo Markov Chain*, in grado di stimare la distribuzione della densità a posteriori dei parametri del modello della sorgente vulcanica. Nello strumento sono disponibili sorgenti di tipo sferico e rettangolare per riuscire a modellizzare sia eruzioni sommitali che intrusioni tensili di dicchi. Il risultato finale in uscita al *tool* riporta su mappa interattiva, la posizione della sorgente stimata e la distribuzione della densità a posteriori di ciascun parametro del modello. Il *software* è implementato utilizzando strumenti disponibili gratuitamente come *Python*, *JavaScript*, *PHP*.

Introduzione

Negli ultimi anni sono state sviluppate diverse tecniche per la rapida inversione di dati geodetici con l'obiettivo di ottenere velocemente una stima dei parametri di sorgenti magmatiche attive in aree vulcaniche [Ji et al., 2013]. Gli sviluppi nelle misurazioni continue tramite reti geodetiche permanenti e i progressi nell'elaborazione delle informazioni hanno permesso di applicare queste tecniche di inversione in tempo quasi reale [Cannavò et al., 2015]. Nell'ottica di una rapida risposta a possibili scenari eruttivi, tali studi affrontano il problema del tracciamento della risalita di magma per individuare in maniera affidabile le tempistiche e i potenziali siti di eruzione. Tuttavia, la questione intrinseca della non unicità nell'inversione geofisica combinata con dati geodetici altamente rumorosi (quali quelli processati in tempo reale) può portare, in alcuni casi, alla stima di modelli non realistici. Per affrontare tali problemi, è necessario eseguire un'analisi dell'incertezza dei parametri del modello, utilizzando, possibilmente, un approccio probabilistico. Pertanto, nell'ambito dell'inversione quasi in tempo reale, si è scelto di usare un approccio Bayesiano per la stima dei parametri sorgente incorporando l'algoritmo *Metropolis-Hasting* [Hasting, 1970], secondo il metodo *Monte Carlo Markov Chain* (MCMC), per campionare la funzione di densità di probabilità (PDF) a posteriori del modello di sorgente ignota. La tecnica utilizzata è vantaggiosa rispetto all'inversione euristica tradizionale in quanto offre l'opportunità di trattare nativamente le incertezze presenti nel modello iniziale e quelle associate ai dati. Per modellare sia la ricarica che lo svuotamento di una sorgente magmatica, ed eventuali dicchi intrusivi, abbiamo considerato i modelli di tipo sferico e di tipo tensile rettangolare, rispettivamente noti come sorgenti di Mogi e di Okada [Mogi, 1958; Okada, 1992], definiti in un semispazio lineare omogeneo ed isotropo.

Il *software* che implementa l'algoritmo di inversione tramite MCMC è stato sviluppato utilizzando strumenti *Open Source* e disponibili gratuitamente come *Python*, *JavaScript*, *HTML* e *PHP*. Nella

sezione successiva, sarà illustrata la metodologia utilizzata e i dettagli del *software* implementato nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro".

Metodi

L'inversione dei dati geodetici può essere eseguita utilizzando approcci euristici o probabilistici. In questo lavoro, è stato utilizzato l'approccio probabilistico grazie alla sua naturale integrazione dell'incertezza associata ai dati per quantificare le incertezze nello spazio dei parametri della sorgente. Per l'inversione viene utilizzato il metodo MCMC con campionatore Metropolis-Hasting [Hasting, 1970]. L'algoritmo campiona la funzione di densità di probabilità a posteriori secondo il teorema di Bayes [Tarantola, 1984]:

$$p(d) = \frac{p(m)p(d|m)}{p(d)} \quad (1)$$

dove $p(m)$ è la distribuzione a priori dei parametri del modello \mathbf{m} , $p(d)$ è la distribuzione marginale sui dati \mathbf{d} , $p(m)$ è la funzione di verosimiglianza e $p(d)$ è la PDF a posteriori del modello conoscendo i dati \mathbf{d} . Per l'insieme di dati \mathbf{d} con errore associato non correlato (σ), possiamo scrivere la funzione di verosimiglianza come segue:

$$p(d|m) = (2\pi)^{-N/2} |\Sigma|^{-1/2} \times \exp \left[-\frac{1}{2} \mathbf{r}^T \Sigma^{-1} \mathbf{r} \right] \quad (2)$$

dove \mathbf{r} è il vettore dei residui tra dati osservati e calcolati, e $\Sigma \in N(0, \sigma^2)$ è la matrice di covarianza ponderata diagonale.

L'approccio probabilistico implementato utilizza le tecniche sopra menzionate per invertire il campo di deformazione campionando le PDF dei parametri sorgenti conoscendo la loro distribuzione a priori e i dati realmente misurati. Nell'inversione classica, che fa uso di approcci euristici, invece, il modello ottimale in uscita non tiene generalmente conto delle incertezze presenti nello spazio dei modelli. La tabella seguente descrive brevemente le principali differenze tra questi approcci:

Approccio probabilistico	Approccio euristico
1. Stima la funzione di verosimiglianza a partire dall'incertezza associata ai dati.	1. Trova il minimo della seguente funzione di errore: $E = \sum d_{obs} - d_{cal} ^2$
2. Campiona la funzione di densità di probabilità a posteriori secondo il teorema di Bayes	2. Calcola un nuovo modello casuale seguendo determinati criteri, che dipendono dall'algoritmo
3. Trova il modello a partire dalla distribuzione a priori indicata con $p(m)$.	3. Fornisce il modello più adatto come risultato finale.
4. La stima dell'incertezza può essere eseguita sui campioni della distribuzione a posteriori.	4. Non incorpora in maniera nativa le incertezze dei parametri nel modello risultante.

Tabella 1 Differenze tra un approccio euristico e l'approccio probabilistico utilizzato, in un problema di inversione.

Per campionare la distribuzione a posteriori del modello, l'algoritmo MCMC estrae iterativamente un nuovo campione in modo casuale dalla precedente distribuzione della densità di probabilità $p(m)$; uniforme nel nostro caso) al fine di esplorare lo spazio dei parametri del modello. Gli unici vincoli precedenti utilizzati sono il limite inferiore e superiore per ciascun parametro del modello. I criteri di accettazione di un nuovo campione di prova sono decisi dal rapporto delle verosimiglianze $p(m)$ di due campioni di modello ($m_{trial}/m_{current}$). Se il rapporto è maggiore di un numero casuale ($U \in [0,1]$), il campione di prova viene accettato per approssimare la distribuzione della densità posteriore. La fase iniziale di ottimizzazione dell'algoritmo (chiamata anche fase di *burn-in*) è importante per ottenere il tasso di accettazione ottimale (ovvero il rapporto tra i campioni accettati e i campioni prelevati totali; ~ 15 - 25%). Alla fine delle iterazioni, i campioni accettati nello stadio di *burn-in* sono esclusi e solo i campioni *post-burn-in* sono usati per approssimare la vera distribuzione posteriore [Bagnardi and Hooper, 2018].

Struttura del *tool* di inversione

Al fine di ottenere un *software* efficiente come prodotto finale, lo strumento di inversione è stato sviluppato in maniera modulare, suddividendo il problema in più aspetti tra loro indipendenti. Di seguito si riportano alcune brevi informazioni sull'implementazione dei vari moduli per il raggiungimento dell'obiettivo finale di inversione dei dati geodetici in tempo reale:

- *Forward Modeling software*: Due tipologie di modelli sono implementate per approssimare la sorgente magmatica: sorgente di Mogi per la modellazione di sorgente di pressione sferica e il modello di Okada per dicco intrusivo.
- *Inversion software*: Il motore di inversione accetta in ingresso le posizioni delle stazioni GPS e le rispettive deformazioni rilevate fornite in formato JSON [<https://www.json.org>] e fornisce i campioni della distribuzione a posteriori dei parametri sorgenti e i loro valori medi, tra cui le coordinate della posizione della sorgente su mappa.
- *Webserver implementation*: il protocollo *Python* che utilizza la libreria *http.server* è stato scritto e testato correttamente offline sia su *server Windows* che in ambiente *Linux*. Per una maggiore robustezza del servizio *online*, la versione finale del *software* è stata messa in linea su una macchina *server Linux* virtuale che esegue nel centro di calcolo (CED) della Sala Operativa. Le figure delle PDF in uscita all'inversione sono prodotte utilizzando la libreria interattiva disponibile gratuitamente denominata *HighCharts*⁸⁰.

Implementazione e Prodotti

Al *tool* di inversione si può accedere direttamente dai seguenti collegamenti (al momento accessibile solo tramite la rete locale dell'Osservatorio Etno, o tramite VPN):

- Pagina dedicata al servizio⁸¹
- La pagina principale per la Sala Operativa⁸²

⁸⁰ <https://www.highcharts.com>

⁸¹ http://hpctsd/tsdws/GPS_inv/

⁸² <http://hpctsd/tsdws/Rep/php/viewDV.php?>

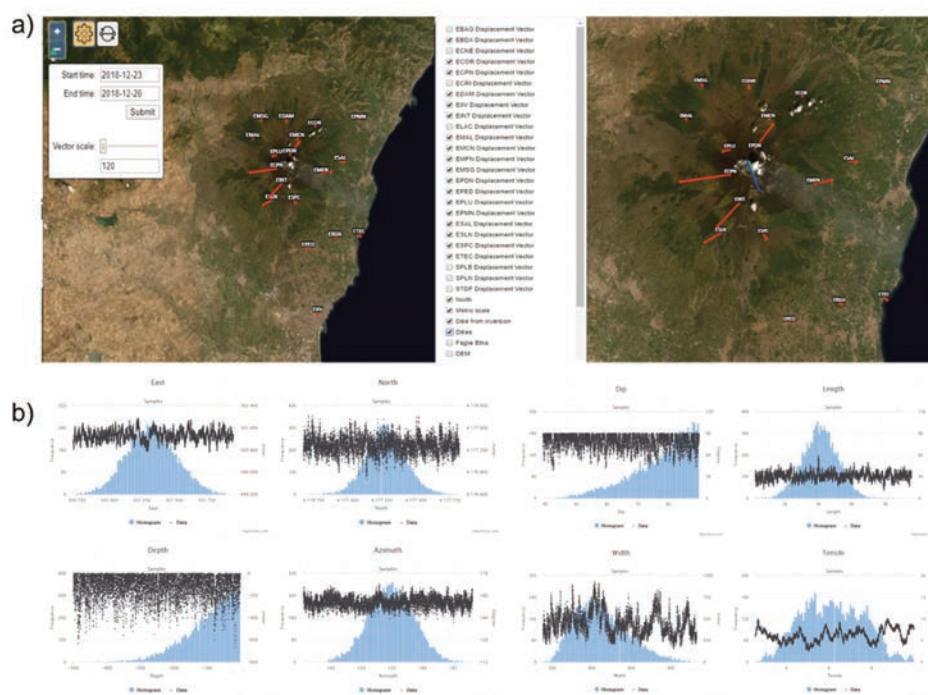


Figura 1 Vista dell'uscita dello strumento sviluppato. Come mostrato nel riquadro sinistro di (a), il periodo viene scelto per calcolare il campo di deformazione, il riquadro destro mostra la posizione del dicco dopo l'inversione. (b) mostra le PDF dei parametri del modello di dicco per l'eruzione del 2018 all'Etna.

La procedura per eseguire l'algoritmo di inversione è la seguente:

1. Dopo aver acceduto alla pagina principale tramite il *link* sopra indicato, l'utente seleziona l'intervallo temporale su cui calcolare il campo di deformazione, come mostrato nel riquadro sinistro della Figura 1a.
2. Una volta calcolato il campo di deformazione, con un semplice clic su "Esegui inversione" i dati vengono inviati al servizio di inversione. Non appena termina l'esecuzione dell'inversione, la posizione della sorgente viene tracciata sulla mappa (ad es. dicco di colore blu come mostrato nel riquadro destro della Figura 1a).
3. Scorrendo verso il basso sulla stessa pagina *web*, vengono riportate le PDF di ciascun parametro della sorgente (istogramma di colore blu nella Figura 1b; asse x: valore del parametro, asse y sinistro: frequenza) e i grafici della traccia dei campioni accettati *post burn-in* (grafici di colore nero nella Figura 1b; asse y destro: valore del parametro; ordine asse x: sequenza del campionamento).

Conclusioni

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stato sviluppato uno strumento *user-friendly* per invertire il campo di deformazione usando un approccio probabilistico. Precisamente, è stato usato il metodo MCMC integrando il campionario *Metropolis-Hasting* per approssimare le PDF in uscita. Due tipi di modelli (Mogi e Okada) sono stati incorporati nel *tool* per modellare la sorgente magmatica. Lo strumento non solo fornisce la posizione della sorgente su mappa, ma riporta anche le PDF stimate e la serie dei campioni accettati *post burn-in* di ciascun parametro del modello. Le PDF possono essere analizzate al fine di osservare il comportamento generale del modello e la convergenza verso soluzioni ben vincolate nello spazio dei modelli. Il

front-end del software è scritto e implementato utilizzando un'interfaccia interattiva, incorporando un'interfaccia *web* già a disposizione sulla rete locale dell'INGV - Catania. L'interfaccia generale del software è interattiva e di facile utilizzo.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Dr. Carmelo Cassisi per l'aiuto nello sviluppo del *front-end* integrato ai tool di Sala Operativa.

Bibliografia:

- Bagnardi M., & Hooper A., (2018). *Inversion of surface deformation data for rapid estimates of source parameters and uncertainties: A bayesian approach*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19(7), 2194–2211. doi: 10.1029/2018gc007585.
- Cannavò F., Camacho A., González P., Mattia M., Puglisi G., & Fernández J., (2015). *Real Time Tracking of Magmatic Intrusions by means of Ground Deformation Modeling during Volcanic Crises*. *Sci Rep* 5, 10970. <https://doi.org/10.1038/srep10970>.
- Hastings W.K., (1970). *Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications*. *Biometrika*, 57 (1). 97-109. doi: 10.1093/biomet/57.1.97.
- Ji K.H., Herring T.A. & Llenos A.L., (2013). *Near real-time monitoring of volcanic surface deformation from GPS measurements at Long Valley Caldera, California*. *Geophys. Res. Lett.* 40, 1054–1058.
- Mogi K., (1958). *Relations between the eruptions of various volcanoes and the deformation of the ground surfaces around them*. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo* 36, 99–134.
- Okada Y., (1992). *Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space*. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 82 (2), 1018-1040.
- Tarantola A., (1984). *Inversion of seismic reflection data in the acoustic approximation*. *GEOPHYSICS*, 49 (8), 1259-1266, doi: 10.1190/1.1441754.

Procedure automatiche per la rilevazione e la stima dei parametri delle nubi vulcaniche da satellite

Dario Stelitano, Stefano Corradini, Luca Merucci, Lorenzo Guerrieri

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: dario.stelitano@ingv.it

Introduzione

Il telerilevamento satellitare è una risorsa indispensabile per gli studi di carattere ambientale e la mitigazione dei rischi connessi con i fenomeni naturali. La moltitudine di satelliti, sia in orbita geostazionaria che polare, aventi differenti risoluzioni spaziali e temporali, garantisce il monitoraggio di un determinato fenomeno in tempo reale, sia di giorno che di notte.

Presso la sede INGV di Roma era già presente un sistema di acquisizione per satelliti geostazionari dotato di singola parabola da 60cm e server implementati dall'azienda Kongsberg affiancati da una parabola per la ricezione dei satelliti polari del diametro di 4 metri, installata dalla stessa ditta. La cessazione del contratto di manutenzione con la ditta Kongsberg ha fatto sorgere il problema dell'aggiornamento del sistema stesso e del suo funzionamento con le future piattaforme.

All'interno del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", e con il supporto di ulteriori fondi, è stato implementato presso la sede di Roma INGV, MAST (*Multimission Acquisition System*), un sistema di acquisizione e processamento di dati da piattaforme sia polari che geostazionarie (ad esempio SEVIRI-METEOSAT, MODIS-AQUA/TERRA, VIIRS-S-NPP /NOAA-20, ecc.). Tale sistema è stato testato per applicazioni vulcanologiche ma le sue potenzialità sono estendibili a tutti i campi della ricerca ambientale.

Risultati

Sono state analizzate le diverse criticità dei precedenti sistemi di acquisizione al fine di rendere il nuovo sistema pronto per uno scenario operativo con dati processati in tempo quasi reale (NRT). Il sistema è stato totalmente costruito sia nella parte *hardware* che *software* presso la sede di Roma dell'INGV partendo da una parabola NanoMetrics di 1.8 m non più utilizzata presso la stazione sismica di Posta Fibreno (FR). Il segnale acquisito in KU-Band è convertito tramite un LNB (*Low Noise Block Converter*) e posto in ingresso di due ricevitori Novra S300E. I dati, convertiti in pacchetti TCP/IP sono poi trasferiti a due server di acquisizione e processamento dati. L'installazione, a breve, di una parabola gemella, permetterà di completare la ridondanza di tutte le componenti del sistema INGV-MAST.

I dati sono salvati su un disco allo stato solido e, tramite un *buffer* circolare, cancellati dopo un numero di ore prefissato, nel frattempo sono trasferiti su un'area di *storage* sullo stesso server. Nei casi di interesse, ad esempio per quanto concerne il monitoraggio satellitare di nubi vulcaniche in presenza di allerta VONA (*Volcano Observatory Notices for Aviation*) di colore arancione o rosso, i dati sono trasferiti automaticamente su un'area di *storage* esterna per successive ulteriori analisi.

Il *software* di processamento per la *detection* di nubi vulcaniche è stato scritto nel linguaggio *Open Source Python*, sia per poter avere il totale controllo di tutta la catena di processamento, sia per mitigare il rischio di malfunzionamenti dovuti a problemi di licenza, già riscontrati in

passato, con *software* commerciali quali ENVI-IDL e MATLAB. In Figura 1 vengono mostrate le varie componenti del sistema INGV-MAST dall'acquisizione al processamento. In particolare, la figura sulla sinistra mostra la parabola utilizzata nella precedente stazione sismica e successivamente sul tetto dell'edificio di Roma. Nella medesima figura, in alto, al centro, il ricevitore satellitare a cui viene inviato il segnale in radiofrequenza per essere convertito e trasmesso ai server (al centro in basso). Sulla destra, alla fine di tutta la catena di processamento, il prodotto finale elaborato.

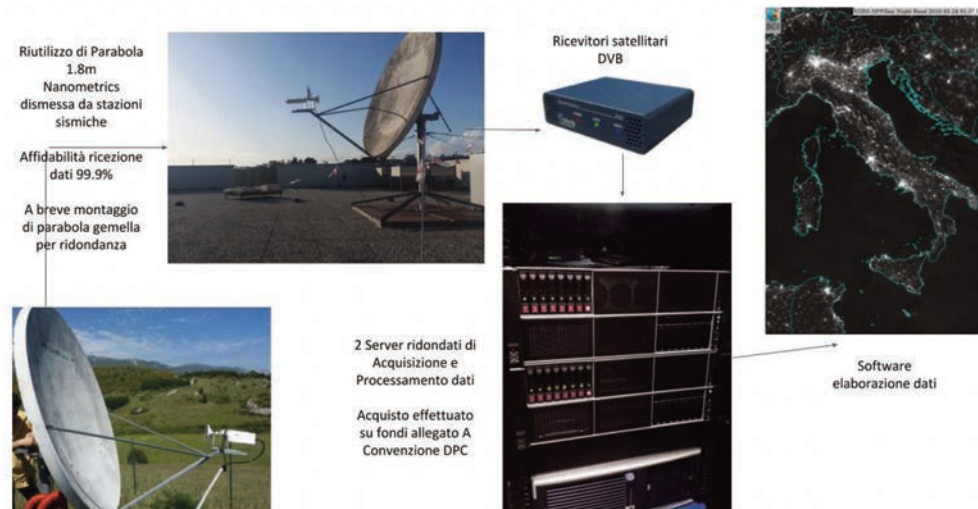


Figura 1 Le varie componenti del sistema di acquisizione e processamento INGV-MAST.

Il sistema MAST è stato testato sull'eruzione del vulcano Etna del 24-30 dicembre 2018 [Corradini et al., 2020]. Ogni 15 minuti, i segmenti di dati del sensore SEVIRI dal satellite geostazionario Meteosat-11, sono composti a formare l'immagine full-disk dell'intero emisfero. Utilizzando i canali 8.7-11-12 μm viene generato un *composite RGB* (Red, Green, Blue) che consente la rilevazione di nubi vulcaniche di cenere ed SO_2 (Figura 2, immagine a sinistra). Le immagini sono poi automaticamente ritagliate e proiettate sull'area di interesse (Figura 2, immagine a destra).

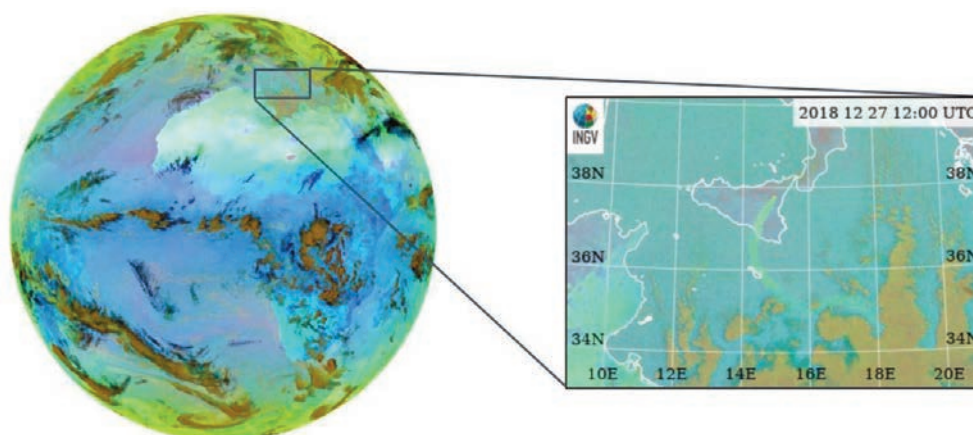


Figura 2 Il *composite RGB* dell'interno emisfero visto dal satellite Meteosat-11 posto a 0° di longitudine. Il *composite RGB* è riferito ai dati acquisiti il 27 dicembre 2018 alle ore 12.00 UTC. Da esso si è creato un ritaglio in cui è visibile, in verde, sulla Sicilia meridionale, Malta e l'area centrale del Mediterraneo, la nube di SO_2 emessa dal vulcano Etna.

I prodotti sono generati sia in formato immagine, Png e Geotiff, che dati, NetCDF. Usando la differenza di temperatura di brillantezza (*Brightness Temperature Difference*, BTM) calcolata dalla radianza nei canali 11 e 12 μm è possibile discriminare le nubi di cenere vulcanica da quelle meteorologiche [Prata, 1989a; 1989b].

Le stesse operazioni di pre-processamento applicate a composite RGB sono replicate anche per la BTM.

Oltre al processamento in automatico di dati il sistema INGV-MAST è stato dotato anche di un *front end* grafico (GUI) per ulteriori processamenti *on the fly* (Figura 3). È possibile selezionare data, piattaforma, area e *dataset* per processare e visualizzare dati di interesse che sono salvati nei dischi di *storage*. Il *front end* grafico permette di avviare i codici di processamento in modo intuitivo e *user-friendly* senza il rischio di dover modificare il codice. Questa modalità si presta bene ad un uso operativo in cui è necessario poter disporre di prodotti in maniera facile e veloce

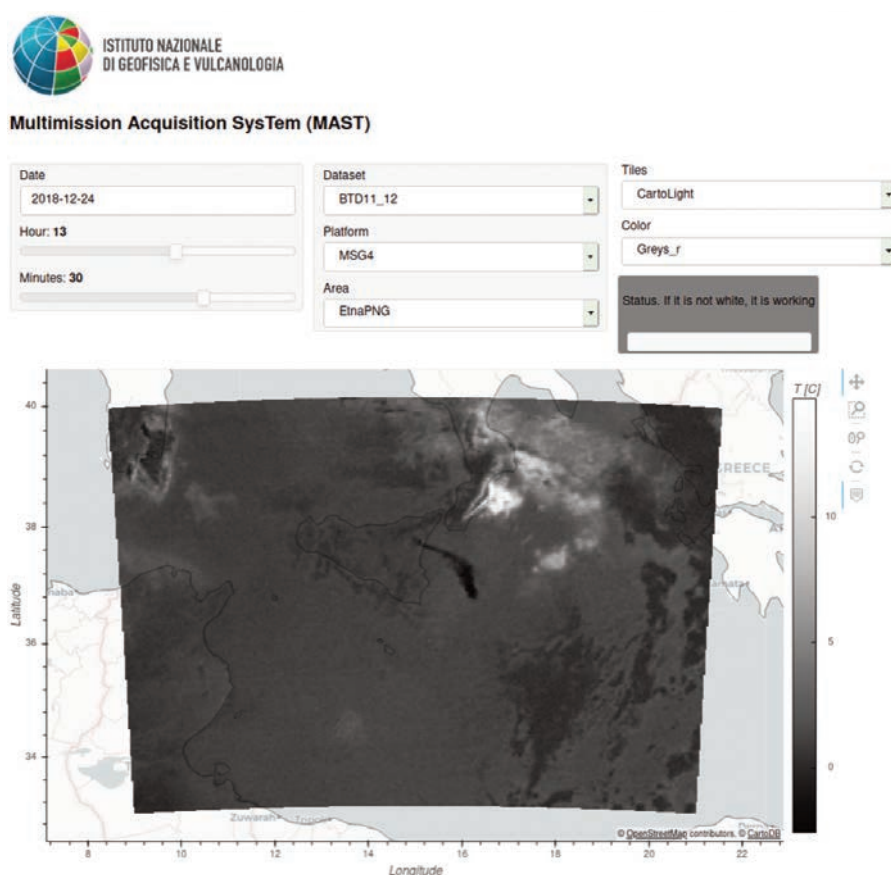


Figura 3 *Front-End* grafico (GUI) da cui è possibile selezionare piattaforma, data, proiezione, visualizzare i dati satellitari e/o prodotti già salvati, o processarli al momento. In figura la BTM tra i canali a 11 e 12 μm del sensore SEVIRI a bordo del satellite Meteosat-11 (MSG4). Area del Mediterraneo Centrale, giorno 24-12-2018 ore 13:30 UTC, visibile al centro immagine la nube di cenere emessa dall'Etna [Corradini et al., 2020].

Conclusioni

INGV-MAST (*Multimission Acquisition System*) permette l'acquisizione e processamento di dati da piattaforme sia polari che geostazionarie. Il sistema è utilizzabile non solo per applicazioni vulcanologiche, ma anche ambientali. I dati acquisiti e salvati in loco, sono processati in real-time anche in caso di *failure*.

Il Sistema è ridonato ed automatizzato, esso permette la riproiezione, il ritaglio, la georeferenziazione, la visualizzazione e il salvataggio dei dati acquisiti in un'area di *storage*.

In un'ottica di risparmio economico (per un sistema a doppia antenna il risparmio è quantificabile nell'ordine di 3-4000€) e soprattutto come *best-practice* ambientale, riutilizza, ove possibile, materiale già presente in Istituto non più in uso per altri scopi, altrimenti destinato alla dismissione.

Il *software* per il processamento è *Open-Source*, scritto in linguaggio *Python*: ciò permette di realizzare soluzioni *custom* a seconda delle esigenze, una facile manutenzione e una scalabilità nel tempo.

Si è scelto di realizzare, sia a livello *hardware* che *software*, una soluzione in *house*, aumentando il *know-how* del personale coinvolto ed un sistema manutenibile nel tempo e ponendo così l'intera catena di acquisizione e processamento sotto il nostro controllo.

In futuro è previsto l'aumento della capienza di *storage* a seconda delle necessità ed utilizzando le infrastrutture *cloud* presenti in Istituto.

Ringraziamenti

Oltre al progetto del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR)- FISR 2017-SOIR (Decreto n. 3455 del 4/12/2017), lo sviluppo *hardware* e *software* del sistema è stato supportato dal progetto Premiale MIUR-Ash-RESILIENCE, dal progetto ESA-VISTA (*Volcanic monitoring using SenTinel sensors by an integrated Approach*), *grant number* 4000128399/19/I-DT, dal progetto FP7-APhORISM (Grant Agreement No. 6067380), dal progetto EU- E-shape (*grant agreement*: 820852) e dalla Convenzione INGV- DPC - Allegato A.

Bibliografia

- Corradini S., Guerrieri L., Stelitano D., Salerno G., Scollo S., Merucci L., Prestifilippo M., Musacchio M., Silvestri M., Lombardo V., Caltabiano T., (2020). *Near Real-Time Monitoring of the Christmas 2018 Etna Eruption Using SEVIRI and Products Validation*. *Remote Sens.* 2020, 12, 1336.
- Prata A.J., (1989a). *Observations of volcanic ash clouds in the 10-12 μ m window using AVHRR/2 data*. *International Journal of Remote Sensing*, 10:4-5, 751-761,1989, DOI: 10.1080/01431168908903916.
- Prata A.J., (1989b). *Infrared radiative transfer calculations for volcanic ash clouds*. *Geophys. Res. Lett.* 16, 1293–1296, <https://doi.org/10.1029/GL016i011p01293>.

Procedure per la stima della temperatura superficiale e generazione di mappe di colate durante eruzione da satellite

Malvina Silvestri

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: malvina.silvestri@ingv.it

Introduzione

L'utilizzo dei dati satellitari offre la possibilità di avere una stima della temperatura superficiale di aree vulcaniche con una copertura spaziale più ampia di quella rilevata da una rete di monitoraggio *in situ*. In particolare l'elaborazione di dati acquisiti da sensori aventi canali che acquisiscono nella regione dell'infrarosso (IR) termico permette di ottenere, dopo un'opportuna correzione per la rimozione del contributo atmosferico, una mappa della temperatura superficiale complementare a quelle ottenute dalle reti di terra e validabile dalle stesse. Inoltre i dati satellitari in caso di eruzione, utilizzando una particolare composizione di bande spettrali, permettono di identificare e delineare un flusso lavico e la sua evoluzione nel tempo.

Le missioni satellitari che acquisiscono dati nell'IR termico con risoluzioni spaziali idonee all'analisi della temperatura superficiale, ad oggi sono le consolidate Landsat 8 ed ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) e la recente ECOSTRESS (*ECOsystem Spaceborne Thermal Radiometer Experiment on Space Station*) sulla stazione spaziale internazionale. In questa attività tuttavia sono stati utilizzati solo i dati ASTER e Landsat8, mentre per la mappatura delle colate laviche (in caso di eruzione) sono state ottenute utilizzando Sentinel 2 di Copernicus. La Figura 1 riporta le principali caratteristiche dei tre sensori. Per quanto riguarda Landsat 8 per questo studio è stato considerato il sensore *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), avente due bande nel termico, a 10.6 e 12.5 micron, mentre per ASTER il sensore considerato è quello che acquisisce nell'infrarosso termico.

Descrizione	ASTER	Unit
Numero di bande spettrali nel termico	5	-
Centro banda	8.29; 8.63; 9.07; 10.66; 11.32 0.35; 0.35; 0.35;	μm
FWHM	0.7; 0.7	μm
Risoluzione spaziale al nadir	90	m
Swath	60	km
Tempo di rivisita	16	giorno

Descrizione	L8	Unit
Numero di bande spettrali nel termico	2	-
Centro banda	10.9; 12.0	μm
FWHM	0.6;	μm
Risoluzione spaziale al nadir	100	m
Swath	185	km
Tempo di rivisita	16	giorno

Descrizione	S2	Unit
Bande	13	-
Range spettrale	443-2190	nm
FWHM	0.6;	μm
Risoluzione spaziale al nadir	10-20-60	m
Swath	290	km
Tempo di rivisita	2-3	giorno

Figura 1 Principali caratteristiche dei sensori. Nel riquadro blu sono riportate le caratteristiche per i sensori che producono le mappe di temperatura superficiale, nel riquadro rosso le caratteristiche di Sentinel 2 per la mappatura delle colate laviche durante una eruzione.

I dati Landsat 8, Aster ed Ecstress sono disponibili gratuitamente previa registrazione al sito USGS⁸³. Dal momento che le immagini satellitari acquisite di giorno sono fortemente contaminate dalla illuminazione solare, il valore di temperatura superficiale stimato, soprattutto nell'aree dove sono presenti possibili anomalie termiche, è poco affidabile. Per questo motivo sono stati elaborati e analizzati principalmente i dati relativi ai passaggi notturni. Le immagini notturne individuano con maggior precisione possibili variazioni di temperatura nelle aree in cui sono presenti punti di emissione termica grazie ad una temperatura di "background" più uniforme in quanto è assente l'interazione tra l'irraggiamento solare e la morfologia.

Per quanto riguarda invece la mappatura delle colate laviche attive durante un'eruzione, l'unica condizione per l'utilizzo dei dati satellitari è l'assenza della copertura nuvolosa. In questa attività sono stati considerati i dati Sentinel 2 *cloud free* (< 10%) sulle aree di interesse.

Risultati

L'obiettivo di questo lavoro è la generazione di mappe di temperatura superficiale ottenute processando dati satellitari ottici, in particolare ASTER e Landsat 8, al fine di analizzare le eventuali variazioni termiche sulle aree vulcaniche (ad es. Stromboli, Vesuvio, Campi Flegrei). La generazione di tali mappe è vincolata dalla disponibilità dei dati satellitari e dalla copertura nuvolosa.

Analogamente, utilizzando dati Sentinel-2, solo in caso di eruzione, il *task* prevede la generazione di mappe di colate laviche attive sulle aree vulcaniche. Anche in questo caso, le mappe sono vincolate alla disponibilità dei dati e dalla copertura nuvolosa.

Le metodologie utilizzate per ottenere le mappe di temperatura superficiale da dati satellitari sono state ampiamente testate e descritte nei lavori riportati in bibliografia [Caputo et al., 2019; Silvestri et al., 2020, Silvestri et al., 2019] mentre per quanto riguarda la mappatura delle colate laviche gli algoritmi considerati sono [Giglio et al., 2008; Murphy et al., 2016; Musacchio et al., 2020; Schroeder et al., 2008]. Nel primo caso gli algoritmi considerati prevedono l'utilizzo delle radianze acquisite nelle bande spettrali dell'infrarosso termico (ASTER e Landsat 8, Figura 1) dalle quali viene rimosso il contributo atmosferico, nel secondo la delineazione delle colate laviche avviene considerando le riflettanze al sensore (quindi non corrette per il contributo atmosferico) acquisite nelle tre bande (0.87, 1.6 e 2.2 micron) permettendo attraverso un sistema di soglie, opportunamente selezionate, di individuare le aree con presenza di punti caldi (e quindi anche le colate laviche attive).

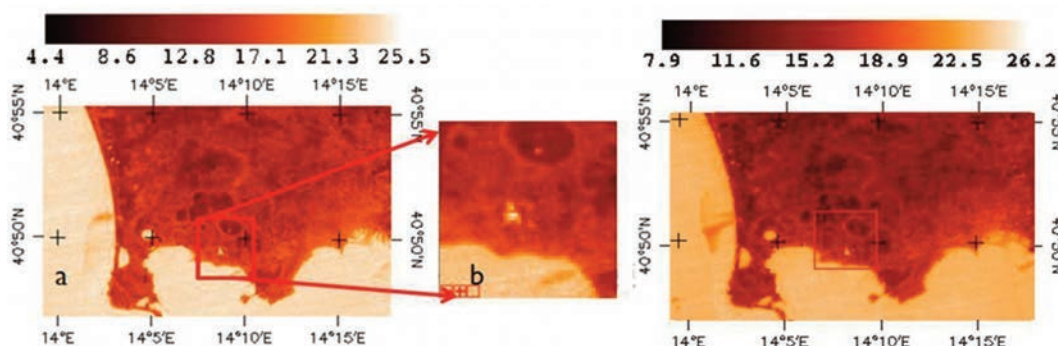


Figura 2 Mappa di temperatura superficiale: a) ASTER acquisito alle 21.10 UTC del 17 ottobre 2019; b) particolare della temperatura ottenuta da ASTER sull'area della Solfatara; c) Landsat 8 acquisito alle 20.46 UTC del 18 ottobre 2019.

⁸³ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Nella Figura 2 sono riportate a titolo di esempio le mappe di temperatura espresse in gradi Celsius sui Campi Flegrei (Campania) ed in particolare l'area relativa alla Solfatara di Pozzuoli. Le mappe sono generate in formato GeoTIFF (UTM - WGS-84).

La confidenza del risultato ottenuto è stata ampiamente riportata nei lavori di Silvestri et al. [2019] e Caputo et al. [2019] nei quali è mostrato come le misure ottenute dai dati satellitari siano comparabili con quelle ottenute durante campagne di misura o nel caso della Solfatara di Pozzuoli con le misure acquisite attraverso la rete di monitoraggio di camere termiche fisse (TIRNet, gestita da INGV-Osservatorio Vesuviano).

Nella Figura 3 sono riportate invece la mappa di temperatura ottenuta da Landsat 8 e una mappa della colata lavica rilevata con Sentinel 2 su Stromboli durante la recente eruzione di luglio 2019. In particolare la Figura 3c mostra in giallo le aree attive della colata. Anche in questo caso, come per le mappe di temperatura, il prodotto è distribuito in formato GeoTIFF, UTM-WGS84.

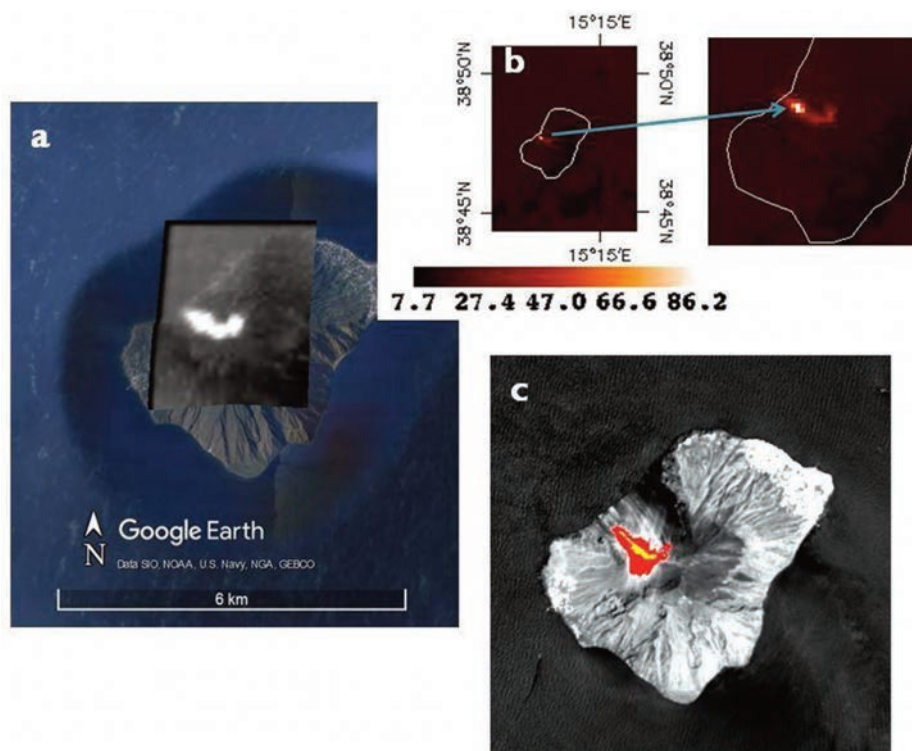


Figura 3 Eruzione dello Stromboli: a) mappa di temperatura ottenuta da Landsat 8 il 14 luglio 2019 alle 20.46 UTC in scala di grigio riportata su *Google Earth*; b) particolare sul dato in temperatura di Landsat 8; c) mappa della colata lavica ottenuta dal dato Sentinel 2 acquisito il 17 luglio 2019 alle 09.50 UTC.

Discussioni e conclusioni

L'utilizzo di dati satellitari permette di produrre informazioni a valore aggiunto su un fenomeno ad evoluzione rapida come può essere una eruzione o la stima di temperatura superficiale in ampie zone. Queste metodologie permettono di delineare una colata lavica o stimare la temperatura superficiale in totale sicurezza anche durante un evento. Inoltre queste procedure assicurano un risultato affidabile anche in zone remote in assenza di reti di monitoraggio di terra considerando che le immagini satellitari ad alta risoluzione spaziale Landsat 8, ASTER e Sentinel 2 acquisiscono a scala globale. Inoltre il vantaggio della distribuzione gratuita permette di avere dei costi associati alla generazione dei prodotti contenuti con un *effort* ridotto.

Ringraziamenti

Si ringrazia Massimo Musacchio per i suggerimenti ed il supporto nell'analisi dei dati satellitari.

Bibliografia

- Giglio L., Csiszar I., Restás Á., Morisette J.T., Schroeder W., Morton D., & Justice C.O. (2008). *Active fire detection and characterization with the advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER)*. *Remote Sensing of Environment*, 112(6), 3055–3063. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.003>.
- Murphy S.W., de Souza Filho C.R., Wright R., Sabatino G., & Pabo, R.C. (2016). *HOTMAP: Global hot target detection at moderate spatial resolution*. *Remote sensing of environment*, 177, 78-88.
- Schroeder W., Prins E., Giglio L., Csiszar I., Schmidt C., Morisette J., & Morton D. (2008). *Validation of GOES and MODIS active fire detection products using ASTER and ETM+ data*. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 2711–2726. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2008.01.005>.
- Musacchio M., Silvestri, M., Rabuffi, F., Buongiorno, M.F., Falcone, S., (2020). *Kīlauea -Leilani 2018 lava flow delineation by using Sentinel2 and Landsat8 images*. *The Geological Society Special Publications*, in press.

Attività sui dati, metadati e prodotti per le stazioni GNSS in area Mediterranea

Sergio Bruni¹, Daniele Randazzo², Adriano Cavaliere², Antonio Avallone¹, Enrico Serpelloni¹, Roberto Devoti¹, Nicola D'Agostino¹, Grazia Pietrantonio¹, Federica Riguzzi¹, Gianpaolo Cecere¹, Ciriaco D'Ambrosio¹, Luigi Falco¹ Leonardo Martelli²

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna, Italia

Autore corrispondente: sergio.bruni@ingv.it

Introduzione

All'interno del WP3 del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", il gruppo GNSS dell'ONT aveva l'obiettivo di implementare procedure per l'aggiornamento automatico, con minima latenza (legata ai prodotti IGS o JPL necessari all'analisi), delle serie temporali di spostamento della rete RING e di calcolare spostamenti cosismici in tempi rapidi, in caso di evento sismico significativo, anche utilizzando dati messi a disposizione da altre reti.

Per raggiungere questi obiettivi era necessario rendere disponibili ai centri di analisi dati GNSS i file giornalieri in formato RINEX e i relativi metadati associati, aggiornati giornalmente. Per ogni stazione GNSS di interesse, i metadati associati a tali dati consistono principalmente in informazioni legate alla storia della strumentazione installata e ai valori dell'altezza dell'antenna GNSS rispetto al caposaldo geodetico. Per quanto riguarda i dati e i metadati della RING⁸⁴, essi sono già oggetto di un controllo quotidiano nell'ambito delle attività ordinarie legate alla manutenzione e gestione dell'intera infrastruttura RING e sono disponibili attraverso il data repository⁸⁵. Per quanto riguarda le altre reti permanenti, invece, la disponibilità dei metadati non è garantita. Per reti sviluppate per scopi diversi da quelli scientifici (topografici, commerciali, ecc.), infatti, queste informazioni o non ci sono o non sono costantemente monitorate o aggiornate o sono incomplete. La disponibilità di dati e metadati delle reti GNSS esistenti permetterebbe ai centri di analisi INGV di implementare procedure automatizzate per analizzare i dati giornalmente, e caricare i risultati in termini di serie temporali, in un formato comune, su un archivio condiviso in rete.

Per raggiungere questo scopo, in questo articolo descriveremo le attività svolte per: 1) la realizzazione di un archivio dei dati e metadati delle stazioni GNSS permanenti in area Euro-Mediterranea; 2) l'implementazione di procedure automatiche per la generazione di prodotti GNSS (finali e rapidi) con *software* non commerciali diversi (Bernese, Gipsy, Gamit); 3) la visualizzazione dei prodotti geodetici (es. serie temporali di spostamento) ottenuti dall'analisi su menzionata.

Dati e metadati delle stazioni GNSS permanenti in area Mediterranea

Prima del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", le procedure di scarico e archiviazione erano gestite dai diversi centri di analisi. Esisteva quindi una eterogeneità degli approcci in termini di sviluppo *software* e anche di dati archiviati a seconda degli obiettivi scientifici di ogni centro di

⁸⁴ <http://ring.gm.ingv.it>

⁸⁵ <ftp://gpsfree.gm.ingv.it>.

analisi. Questo progetto ha rappresentato l'occasione per l'intero gruppo GNSS dell'ONT, ed in particolare per i ricercatori e tecnologi che lavorano sull'analisi dei dati GNSS, di confrontarsi in modo da unire esperienze e conoscenze sulle procedure di scarico dati e archiviazione nonché sulla distribuzione delle diverse reti permanenti nell'area Euro-Mediterranea. Ciò ha permesso di iniziare un percorso che ha l'obiettivo di ottimizzare le risorse verso un unico archivio di dati e metadati centralizzato ed accessibile dalle diverse sedi INGV. Per raggiungere questo scopo, a partire dal 2018, sono state sviluppate procedure di scarico e di archiviazione dei dati GNSS sul server `gnssgiving.int.ingv.it`, utilizzando librerie del software *Python*. Oltre agli aspetti standard (scarico e archiviazione su *file system*), tali procedure includono anche:

- il riconoscimento di nuove stazioni all'interno di archivi remoti di una determinata rete permanente;
- la valutazione della possibilità che le stazioni nuove rilevate siano in area di interesse (utile per *data repository* globali come UNAVCO, IGS, EUREF, ecc.);
- l'implementazione di strumenti per l'individuazione di stazioni omonime (con lo stesso ID a 4 caratteri) ma localizzate in posti diversi e appartenenti a reti diverse.

L'analisi del dato può avvenire in modo robusto ed efficace solo se il dato è accompagnato da informazioni supplementari (metadati) concernenti le caratteristiche della strumentazione e dell'installazione su ogni sito. Per questo, ove reso disponibile dai *data-providers*, è stato utilizzato il "log file", un formato *standard* per la descrizione della singola stazione, come sorgente primaria per tali informazioni. Per le reti per cui tali "log files" non sono disponibili, è stata implementata una procedura per l'estrazione dei metadati partendo dalle informazioni contenute negli *headers* dei file RINEX e la conversione di tali metadati nei vari formati utili all'analisi dati GNSS, ovvero nei formati *station-info* adatti all'analisi con i software GAMIT, BERNESE e nel formato SINEX. Il contenuto di tali metadati viene verificato da un algoritmo che, dove possibile, ripristina automaticamente i codici ed il formato dei parametri (antenne, ricevitori, data), segnala variazioni anomale repentine dei parametri sensibili (ad esempio l'altezza dell'antenna), permette all'operatore di intervenire per risolvere eventuali errori. I *file station-info* possono essere generate solo dai Rinex, solo dai *logfile* o da entrambe le fonti, in base alla disponibilità.

Per irrobustire l'infrastruttura, è stato creato un "mirror" dell'archivio⁸⁶ al RECAS di Bari, nell'ambito di una Convenzione esistente tra l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e l'INGV. Tale "mirror" (accessibile a utenti INGV di tutte le sedi, Figura 1), è raggiungibile anche dalle sedi esterne⁸⁷.

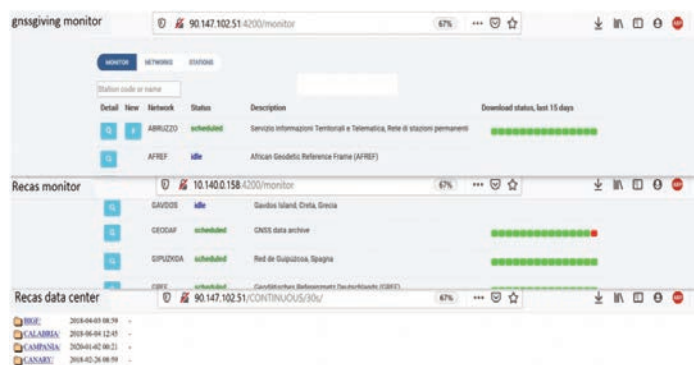


Figura 1 Screenshot dell'interfaccia di controllo (GPSmonitor) delle procedure di scarico e archiviazione sui server INGV e Recas.

⁸⁶ <http://gnssgiving.int.ingv.it>

⁸⁷ <http://90.147.102.51>

Ad oggi, nei *data repositories* su menzionati, avviene lo scarico giornaliero dei dati (e la relativa generazione di metadati) per un numero totale di 81 reti permanenti e 3 reti temporanee, e un numero totale di 3825 stazioni.

Prodotti geodetici

L'analisi dei dati GNSS viene effettuato con strategie diverse e legate a tre diversi *software* non commerciali: il Bernese⁸⁸, il GAMIT/GLOBK⁸⁹ e il Gipsy/Oasis II⁹⁰. I dettagli relativi alle strategie di tali analisi sono descritti in un precedente studio [Devoti et al., 2017]. L'analisi del dato GNSS può avvenire grazie all'utilizzo di ulteriori informazioni esterne, quali, ad esempio, le orbite e orologi relativi ai satelliti osservati durante il periodo di osservazione. Grazie al lavoro sui dati e metadati descritto nel paragrafo precedente, le strategie di calcolo relative alle tre soluzioni GNSS hanno portato avanti lo sviluppo di procedure per ottenere soluzioni e serie temporali aggiornate giornalmente utilizzando anche orbite rapide (ad es. con latenza di 1-2 giorni). Tali soluzioni giornaliere sono potenzialmente utili per ottenere campi di spostamento statico co-sismico in caso di evento sismico significativo.

Il 26 novembre 2019, un terremoto di magnitudo Mw 6.5 ha colpito l'Albania e, più in particolare la zona di Durazzo [Ganas et al., 2020]. Tale evento ha dato la possibilità di testare e confrontare le procedure sviluppate. In Figura 2 sono mostrati il campo di deformazione co-sismico statico (sinistra) e un esempio di serie temporale (sito di Durazzo, rete ALBPOS) che evidenzia l'*offset* co-sismico. L'*offset* co-sismico è stato ottenuto come differenza tra la posizione media calcolata nel periodo pre-sismico 14/11/2019-26/11/2019 e quella determinata per il giorno 27/11/2019, successivo a quello del terremoto. Ulteriori dettagli sono disponibili sul sito della RING⁹¹.

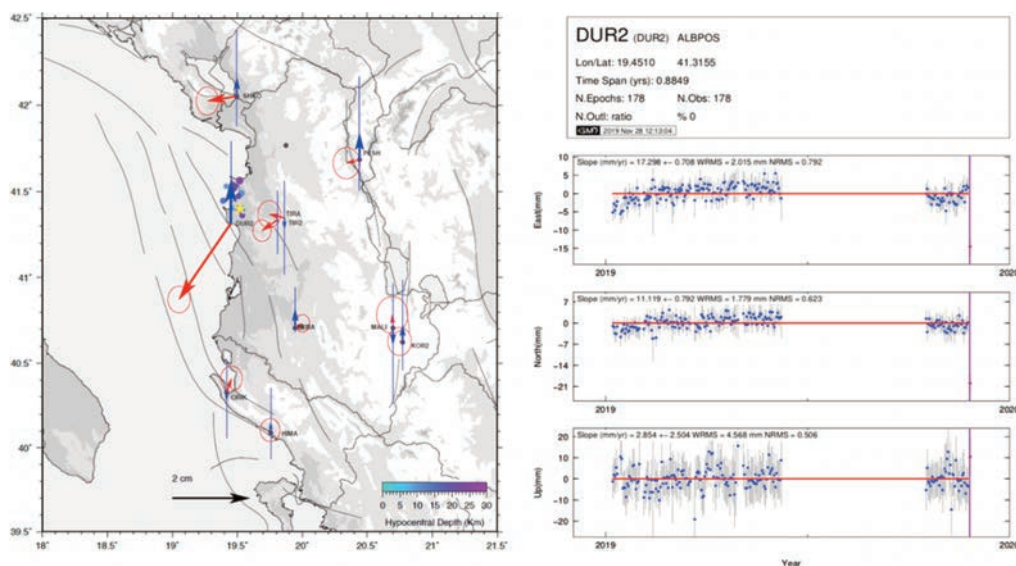


Figura 2 (sinistra) Mappa del campo di spostamento cosismico osservato alle stazioni GNSS della rete ALBPOS; (destra) Esempio di serie temporale con *offset* cosismico per la stazione DUR2 (Durazzo).

⁸⁸ <http://www.bernese.unibe.ch/>

⁸⁹ <http://geoweb.mit.edu/gg/>

⁹⁰ <https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov/>

⁹¹ <http://ring.gm.ingv.it/?p=1419>

Visualizzazione dei prodotti

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", è stato deciso di utilizzare il *software* TSDsystem (sviluppato dal personale di INGV-OE) per la visualizzazione delle serie temporali di spostamento del suolo. In Figura 3 è visibile un esempio di visualizzazione della serie temporale della stazione permanente di Amatrice (rete Regione Lazio). Tale *software* prevede formati per le serie temporali perfettamente in linea con i formati standard decisi in ambito EPOS (*European Plate Observing System*)⁹², un programma infrastrutturale per la condivisione di dati e prodotti relativi a infrastrutture di ricerca. Tali formati sono riconducibili a quelli usati nell'ambito del progetto *Plate Boundary Observation (PBO)*⁹³ finanziato dalla *National Science Foundation* americana e con l'aiuto del consorzio UNAVCO⁹⁴.

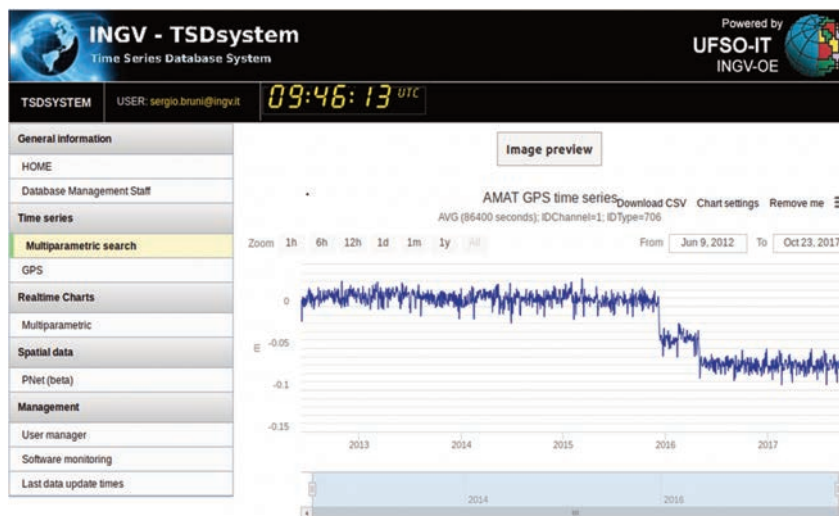


Figura 3 esempio di visualizzazione di una serie temporale GNSS con TSDsystem. L'esempio è relativo alla stazione GNSS di Amatrice (rete Regione Lazio).

Conclusioni

Lo sviluppo attuale delle attività del gruppo GNSS dell'ONT ha permesso di creare un portale con dati e metadati relativi a un cospicuo numero di stazioni GNSS permanenti distribuite nell'area Mediterranea. Questo ha dato la possibilità ormai di monitorare l'andamento della deformazione intorno alle principali strutture sismogenetiche del territorio nazionale nonché in paesi limitrofi e con una latenza sempre minore (1-2 giorni).

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" per il supporto delle attività su aggiornamenti giornalieri delle serie temporali e determinazione rapida del campo di deformazione co-sismico e il progetto EPOS-Italia per le attività relative allo scarico e archiviazione dei dati e metadati delle stazioni GNSS permanenti in area Mediterranea.

⁹² <https://www.epos-eu.org/>

⁹³ <https://www.unavco.org/projects/past-projects/pbo/pbo.html>

⁹⁴ <https://www.unavco.org/>

Bibliografia

- Ganas A., Elias P., Briole P., Cannavo F., Valkaniotis S., Tsironi,V. and Partheniou E.I. (2020). *Ground Deformation and Seismic Fault Model of the M6.4 Durrës (Albania) Nov. 26, 2019 Earthquake, Based on GNSS/INSAR Observations*. *Geosciences*, 10, 210, doi:10.3390/geosciences10060210.
- Devoti R., D'Agostino N., Serpelloni E., Pietrantonio G., Riguzzi F., Avallone A., Cavaliere A., Cheloni D., Cecere G., D'Ambrosio C., Falco L., Selvaggi G., Metois M., Esposito A., Sepe V., Galvani A. and Anzidei M., (2017). *A Combined Velocity Field of the Mediterranean Region*. *Annals of Geophys.*, 60, 2, 2017, S0215; doi:10.4401/ag-7059.

SISTEM - Integrazione dati SAR e GNSS dell'area etnea

Alessandro Bonforte, Francesco Guglielmino

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Etneo - Sezione di Catania, Italia

Autore corrispondente: alessandro.bonforte@ingv.it

Introduzione

La mattina del 24 dicembre 2018 è iniziata una eruzione laterale dell'Etna, caratterizzata da un intenso sciame sismico e vistose deformazioni del suolo causate dall'intrusione di un dicco magmatico. Lo sciame sismico che ha accompagnato la fase eruttiva, si è protratto per giorni ed ha interessato le principali strutture vulcano-tettoniche dell'intero edificio vulcanico, così come testimoniato anche dalle numerose osservazioni di terreno⁹⁵.

Il 26 dicembre 2018, alle ore 02:19 GMT si è verificato un terremoto di magnitudo Mw 4.9 localizzato sul fianco orientale dell'Etna ad una profondità inferiore di 1 km. Questo evento è il principale tra quelli localizzati nel corso dell'intensa attività sismica etnea iniziata il 24 dicembre 2018 e caratterizzata da una settantina di eventi con magnitudo $M > 2.5$, concomitante all'attività eruttiva [Bonforte et al., 2019].

In questo lavoro sono riportati i risultati preliminari dell'integrazione dati GNSS e SAR ottenuta utilizzando l'approccio SISTEM [Guglielmino et al., 2011], al fine di caratterizzare la deformazione del suolo generata da questa complessa sequenza di fenomeni.

Dati GNSS

Subito dopo l'inizio dell'eruzione, è stata effettuata una campagna di misure GNSS utilizzando una rete di stazioni mobili dislocate sui fianchi meridionale e Sud-Orientale, effettuando misure di 24H dal 26 dicembre 2018 al 03 gennaio 2019 sui capisaldi della rete periodica, insistenti sui settori del vulcano maggiormente interessati dalla sismicità ed a maggiore rischio di propagazione dell'intrusione magmatica. I dati acquisiti sono poi stati elaborati insieme ai dati acquisiti dalla rete permanente GNSS per ottenere soluzioni più robuste e sull'intero edificio vulcanico. Le misure di posizione dei capisaldi così ottenute sono poi state confrontate con le misure precedenti, fatte a luglio 2018 sull'intera rete GPS Etna [Bonforte et al., 2016]. I risultati, mostrati in Figura 1, indicano gli spostamenti, spesso decimetrici, misurati sui punti rilevati durante la campagna di dicembre 2018, rilevando la deformazione sommitale generata dal dicco, l'intensa deformazione dovuta al terremoto del 26 dicembre avvenuto lungo la faglia di Fiandaca-Pennisi ed altri movimenti localizzati su altre faglie del vulcano. È evidente infatti il *pattern* deformativo legato all'intrusione del dicco orientato circa N-S, con la forte estensione E-W della parte alta del vulcano, accoppiata anche alla contrazione N-S rivelata dagli spostamenti sul versante settentrionale (ad es. ECNE [Bonforte et al., 2019]). A questo *pattern* in area sommitale legato all'intrusione si somma una forte deformazione dei versanti meridionale ed orientale dell'edificio, i cui spostamenti rendono chiari i ruoli di svincolo della faglia della Pernicana a NE e della faglia di Fiandaca a SE, che sono state le strutture maggiormente interessate dalla sismicità in quei giorni [Bonforte et al., 2019].

⁹⁵ <https://ingvterremoti.com/2018/12/25/leruzione-laterale-etnea-24-dicembre-2018/>

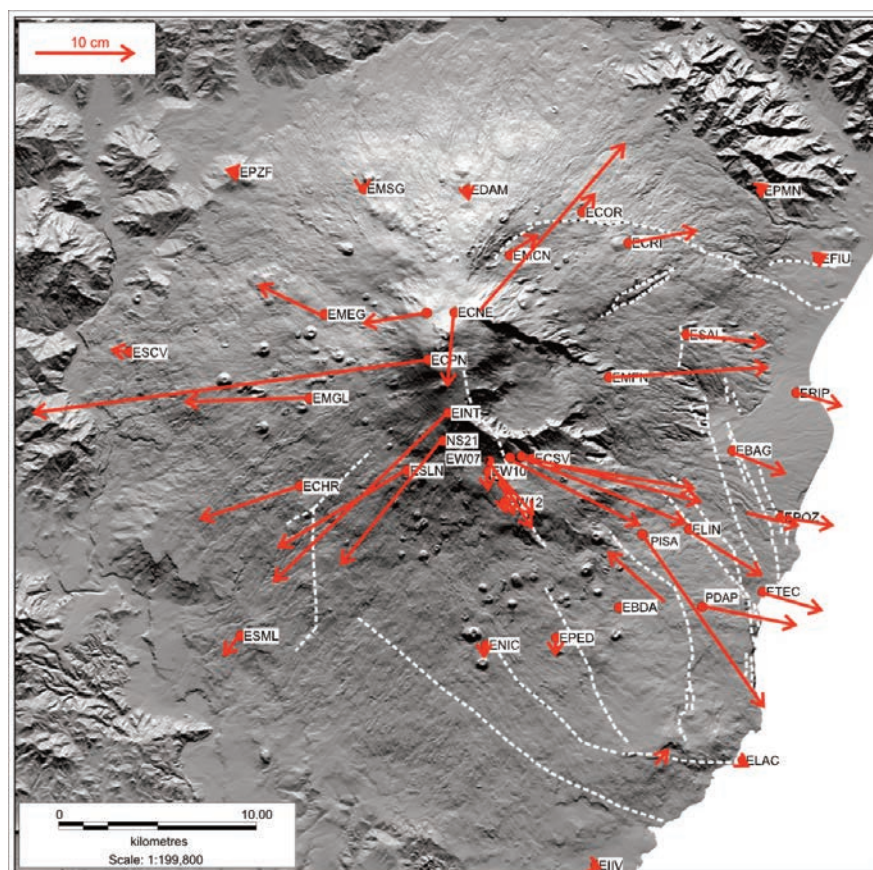


Figura 1 Spostamenti GNSS misurati tra luglio 2018 e 28 dicembre 2018 sulla rete permanente integrata dai dati della rete mobile sui fianchi meridionale e Sud- Orientale.

Dati SAR Sentinel 1

Al fine di confrontare, validare ed integrare i i risultati delle campagne GNSS, sono state elaborate le coppie interferometriche Sentinel 1A/1B riferite ai passaggi del 1° luglio 2018 e del 28 dicembre 2018 acquisite in geometria ascendente e discendente.

In Figura 2, sono riportati gli interferogrammi in fase acquisiti in geometria ascendente e discendente, che mostrano a grande scala il vulcano diviso in due lobi con movimento opposto rispetto alla linea di vista dei satelliti (Line Of Sight; LOS), a cui si accompagnano deformazioni locali lungo le principali strutture vulcano-tettoniche. Il complesso *pattern* deformativo risultante è quindi la somma degli effetti di più sorgenti di deformazione, in particolare è possibile distinguere (i) la deformazione determinata dal dicco intruso il 24 dicembre nell'alta Valle del Bove; (ii) la deformazione associata al terremoto Mw 4.9 del 26 dicembre, localizzato sul basso versante sud-orientale, lungo la faglia di Fiandaca-Pennisi, e (iii) la deformazione associata all'attivazione delle principali strutture vulcano tettoniche dell'Etna: la Faglia della Pernicana a Nord, la faglia di Ragalna a Sud-Ovest, e la faglia di Borello-Ognina nel basso versante meridionale. Oltre a queste deformazioni si registra il movimento generale del fianco orientale, come già noto da numerosi studi precedenti [Bonforte et al., 2018].

Integrazione SISTEM

I vettori spostamento ottenuti con misure GNSS e gli interferogrammi presentati nelle sezioni precedenti, sono stati successivamente integrati utilizzando l'approccio SISTEM [Guglielmino

et al., 2011], che permette l'integrazione delle mappe di spostamento ottenute con tecniche di interferometria SAR (DInSAR) con i vettori spostamento GNSS. Tale approccio, basato sulla teoria delle piccole deformazioni, e l'utilizzo del metodo di ottimizzazione dei minimi quadrati pesati, permette di ottenere le componenti del tensore di *strain* per ogni *pixel* dell'immagine SAR, e quindi l'intero campo di spostamento nelle tre componenti: N-S, E-W e verticale.

I risultati dell'integrazione SISTEM forniscono un eccezionale dettaglio del campo di deformazione, permettendo di analizzare gli effetti e caratterizzare le diverse sorgenti di deformazione. In particolare è possibile distinguere che: (i) il dicco intruso il 24 dicembre nell'alta Valle del Bove ha prodotto una deformazione massima di circa 30 cm verso Ovest e circa 40 cm verso Est; (ii) la faglia di Fiandaca-Pennisi (basso versante Sud-Est) mostra uno spostamento massimo relativo tra i due lati di 20 cm; (iii) la faglia della Pernicana (versante Nord-Est) ha mostrato uno spostamento massimo relativo tra i due lati di circa 3 cm; (iv) la faglia di Ragalna (alto versante Sud-Ovest) ha mostrato uno spostamento massimo relativo tra i due lati di circa 2 cm; (v) la faglia di Borello-Ognina (basso versante meridionale) che ha mostrato uno spostamento massimo relativo tra i due lati di circa 2 cm.

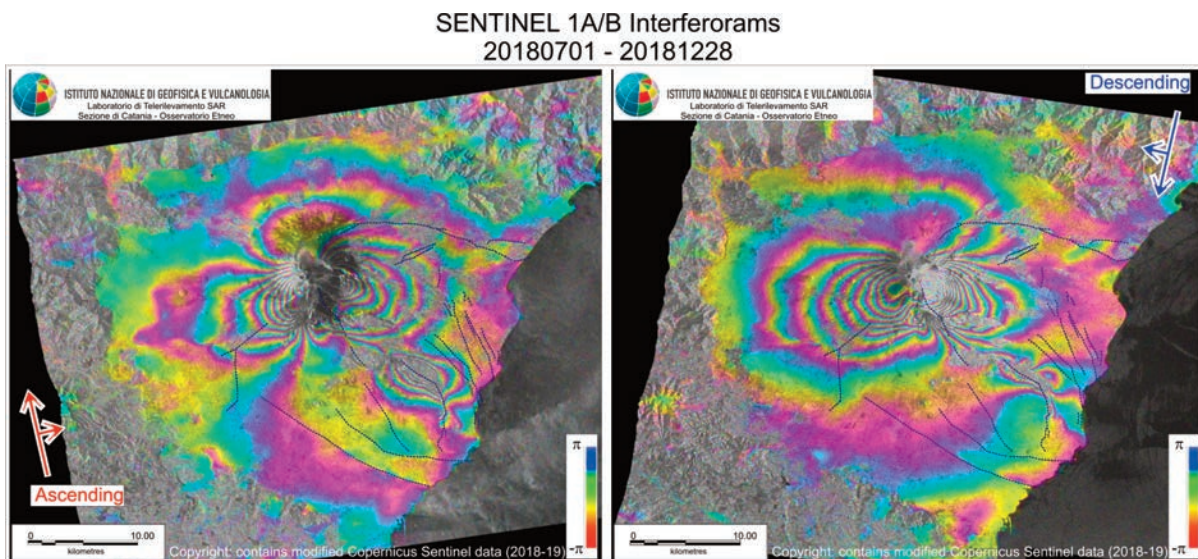


Figura 2 interferogrammi Sentinel 1A/B (a sinistra orbita ascendente ed a destra orbita discendente). Le linee nere rappresentano le principali strutture tettoniche note da bibliografia.

Conclusioni

La complementarità tra le tecniche geodetiche GNSS e InSAR utilizzate in questo approccio ha permesso di ottenere una mappa delle deformazioni associate alla crisi sismo-vulcanica di dicembre 2018 di eccezionale qualità e dettaglio. Il metodo trae ed integra il vantaggio di ciascuna delle due tecniche, integrando l'elevato dettaglio della tecnica InSAR nella misura degli spostamenti in linea di vista (LOS) con la completezza dell'informazione degli spostamenti 3D misurati puntualmente dalle misure GNSS. In tal modo, le mappe degli spostamenti 3D ottenute dall'integrazione permettono di evidenziare e ricostruire il pattern deformativo in maniera pressoché continua su tutta l'area, evidenziando anche le discontinuità del campo di deformazione generate dalla dislocazione delle strutture vulcano-tettoniche (ad es. faglia di Fiandaca-Pennisi, Faglia della Pernicana), consentendo anche la ricostruzione della loro cinematica con estremo dettaglio.

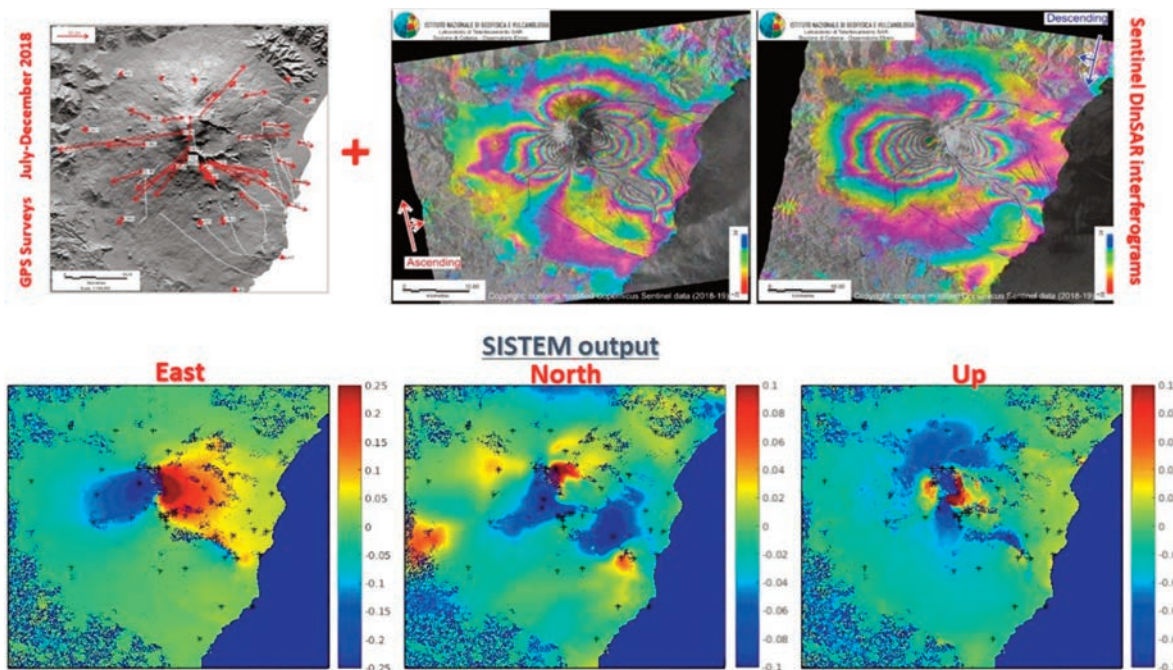


Figura 3 Risultati SISTEM.

Ringraziamenti

I dati Copernicus Sentinel-1 [2018] sono disponibili presso il *Copernicus Open Access Hub*⁹⁶. Si ringrazia tutto lo *staff* del Gruppo Rete Geodetica Discreta dell'Osservatorio Etneo, che hanno permesso la raccolta tempestiva dei dati GNSS.

Bibliografia

- Bonforte A., Bonaccorso A., Guglielmino F., Palano M., and Puglisi G., (2008). *Feeding system and magma storage beneath Mt. Etna as revealed by recent inflation/deflation cycles*. J. Geophys. Res., 113, B05406, doi:10.1029/2007JB005334.
- Bonforte A., Guglielmino F., and Puglisi G., (2019). *Large dyke intrusion and small eruption: The December 24, 2018 Mt. Etna eruption imaged by sentinel -1 data*. Terra Nova. <https://doi.org/10.1111/ter.12403>
- Bonforte A., Fagone S., Giardina C., Genovese S., Aiesi G., Calvagna F., Cantarero M., Consoli O., Consoli S., Guglielmino F., Puglisi B., Puglisi G., Saraceno B., (2016). *Global positioning system survey data for active seismic and volcanic areas of eastern Sicily, 1994 to 2013*. Sci. Data 3:160062 doi: 10.1038/sdata.2016.62 (2016).
- Guglielmino F., Nunnari G., Puglisi G., and Spata A., (2011). *Simultaneous and integrated strain tensor estimation from geodetic and satellite deformation measurements to obtain three-dimensional displacement maps*. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 49, 1815–1826, doi:10.1109/ TGRS.2010.2103078.

⁹⁶ <https://scihub.copernicus.eu>

Mt. Etna SAR – Il WEB-GIS interferometrico dell'area etnea

Cassisi Carmelo, Guglielmino Francesco

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

Autore corrispondente: francesco.guglielmino@ingv.it

Introduzione

Decenni di esperienze geofisiche condotte in vari contesti geodinamici hanno dimostrato quanto siano rilevanti le deformazioni del suolo per la comprensione della dinamica delle aree soggette a rischio vulcanico. Ed è oramai pienamente consolidato l'utilizzo delle tecniche di interferometria satellitare SAR (InSAR) per la misura di tali deformazioni e delle variazioni morfologiche in aree vulcaniche.

Con l'ampia diffusione dei dati acquisiti dalla missione Sentinel-1 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e altre missioni SAR già operative o pianificate di recente, l'utilizzo della tecnica InSAR per rilevare e monitorare le deformazioni del suolo aumenterà ancora di più nei prossimi anni. L'elevato numero di dati SAR disponibili ha quindi reso necessaria l'implementazione di una nuova strategia di elaborazione, la modifica degli algoritmi di analisi multitemporale, e la relativa visualizzazione dei prodotti interferometrici.

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stato quindi sviluppato un prototipo WEB-GIS per la visualizzazione interattiva delle serie temporali e delle mappe di velocità ottenute processando i dati SAR dei satelliti Sentinel-1A e Sentinel-1B dell'area etnea, consentendo tempi di rivisita di 6 giorni sulla stessa area.

L'interfaccia di visualizzazione è inizializzata con dei *link* alle mappe di velocità media in linea di vista del sensore (LOS, *Line Of Sight*) ascendenti o discendenti mostrate nella *home page* (Figura 1); l'interfaccia WEB-GIS supporta anche la grafica di mappe di base e livelli accessori (ad esempio il livello delle strutture e le faglie dell'Etna in formato vettoriale) con un'opzione *on/off* per la visualizzazione. Gli elementi di *input* da cui è possibile impostare le richieste di dati al *server* sono posizionati come *overlays* sulla mappa. L'interfaccia fornisce le opzioni di base per interrogare le serie temporali di spostamento (Figura 2) e la visualizzazione interattiva, inoltre è disponibile anche uno strumento per analizzare e confrontare le serie temporali di diversi punti di misura (Figura 3).

I dati Sentinel: il processamento e archiviazione sul *server*

Il Laboratorio di telerilevamento SAR dell'Osservatorio Etneo (OE), ha processato tutte le immagini Sentinel-1 relative all'area etnea, acquisite dal 2014 al 2019 sia in geometria ascendente che discendente e rese disponibili nell'ambito dell'iniziativa GEO-GSNL "Mt.Etna Volcano Supersite".

I dati, acquisiti in modalità TOPSAR (*Terrain Observation with Progressive Scans SAR*), sono stati pre-elaborati dal *software* GAMMA [Wegmüller et al., 2016] per ottenere le singole coppie interferometriche, utilizzando un metodo di diversità spettrale e una procedura in grado di co-registrare le coppie di immagini SAR con una precisione estremamente elevata (<0.01 *pixel*). I singoli interferogrammi ottenuti sono stati successivamente utilizzati come *stack* di *input* per l'analisi delle serie temporali utilizzando il pacchetto *software* per analisi multitemporali StaMPS [Hooper, 2008]. Al fine di ottimizzare i tempi di elaborazione, è stata implementata una nuova

architettura *software* basata sulla tecnologia di virtualizzazione *hypervisor* per le versioni x64 di Windows.

I dati SAR vengono archiviati all'interno di un RDBMS (*Relational DataBase Management System*) MySQL⁹⁷ e, attraverso delle *routine*, i dati processati vengono tradotti in tabelle che permettono anche il salvataggio di tipi di dato *geometry*, basati sull'*OpenGIS Geometry Model*⁹⁸. A partire dalla versione 5.4, infatti, MySQL implementa le funzionalità spaziali (come ad esempio la ricerca del *buffer* predisposta dall'interfaccia), in accordo alle linee guida per l'estensione di un RDBMS SQL (*Structured Query Language*) a supporto dei dati spaziali⁹⁹ proposte dall'OGC (*Open Geospatial Consortium*¹⁰⁰), un consorzio internazionale costituito da più di 250 aziende, agenzie e università che partecipano allo sviluppo di soluzioni concettuali disponibili al pubblico che possono essere utili con tutti i tipi di applicazioni che gestiscono i dati spaziali.

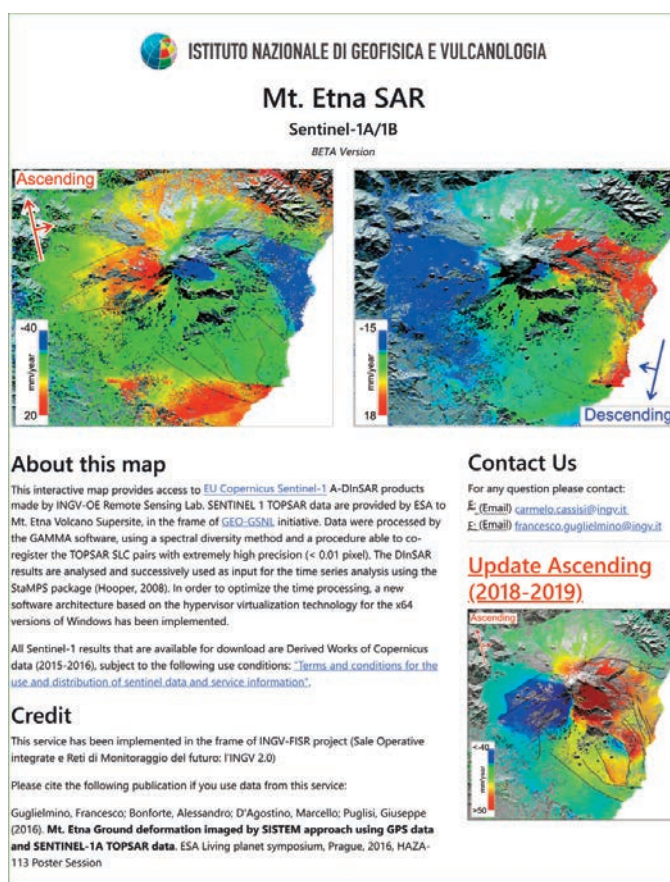


Figura 1 Home page del Mt. Etna SAR WEB-GIS.

Architettura WEB-GIS

Il prototipo di WEB-GIS, è basato sul *web* e su un'architettura di tipo *client-server*, ed è stato realizzato per offrire un accesso rapido e semplificato e per effettuare analisi speditive delle deformazioni del suolo, senza dover utilizzare *software* GIS di tipo "*desktop*" ed accedendo quindi a dati gestiti in modo centralizzato nel *server*.

⁹⁷ <https://www.mysql.com/it/>

⁹⁸ <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/opengis-geometry-model.html>

⁹⁹ <http://www.opengeospatial.org/standards/sfs>

¹⁰⁰ <https://www.ogc.org/>

Possiamo schematizzare il processo di funzionamento del WEB-GIS nel seguente modo:

- un utente sottomete una richiesta al *browser web*;
- la richiesta viene mandata, via *Internet*, al *server*;
- il *server* elabora la richiesta;
- la risposta viene ritornata all'utente per essere visualizzata da un *browser web*.

Gestione dell'interfaccia lato *client*

La componente *client* del sistema consiste in una interfaccia WEB-GIS, sviluppata con strumenti e librerie *Open Source* ed accessibile tramite *browser internet* (Chrome, Firefox, Edge, ecc.) ad utenti registrati; l'applicazione contiene le seguenti principali funzionalità: (i) gestione (consultazione, modifica, interrogazione spaziale ed alfanumerica, e *download* di file correlati) delle informazioni contenute nel *server* dati; (ii) visualizzazione e navigazione su mappa delle informazioni della banca dati; i dati visualizzabili ed accessibili da parte di ogni utente dipendono da specifici privilegi assegnati dall'amministratore; (iii) visualizzazione e gestione di *layer* cartografici (*base-map*) basati su *standard* WMS, provenienti dal *server* GIS della sezione dell'Osservatorio Etno integrato nel sistema [Montalto et al., 2016].

Per la gestione degli elementi e degli eventi di *input*, nonché l'aggiornamento dinamico dei contenuti della pagina, è utilizzato il *framework* jQuery¹⁰¹, una libreria *javascript* per la manipolazione del DOM (*Document Object Model*). Questo è lo *standard* ufficiale del W3C (*World Wide Web Consortium*¹⁰²) per la rappresentazione di documenti, e nativamente dei documenti in formato HTML (*Hyper Text Markup Language*), con il quale la pagina dell'applicazione viene rappresentata.

Per la gestione della mappa e la visualizzazione delle serie temporali vengono utilizzate rispettivamente le librerie *javascript* *Openlayers*¹⁰³ e *Highcharts*¹⁰⁴.

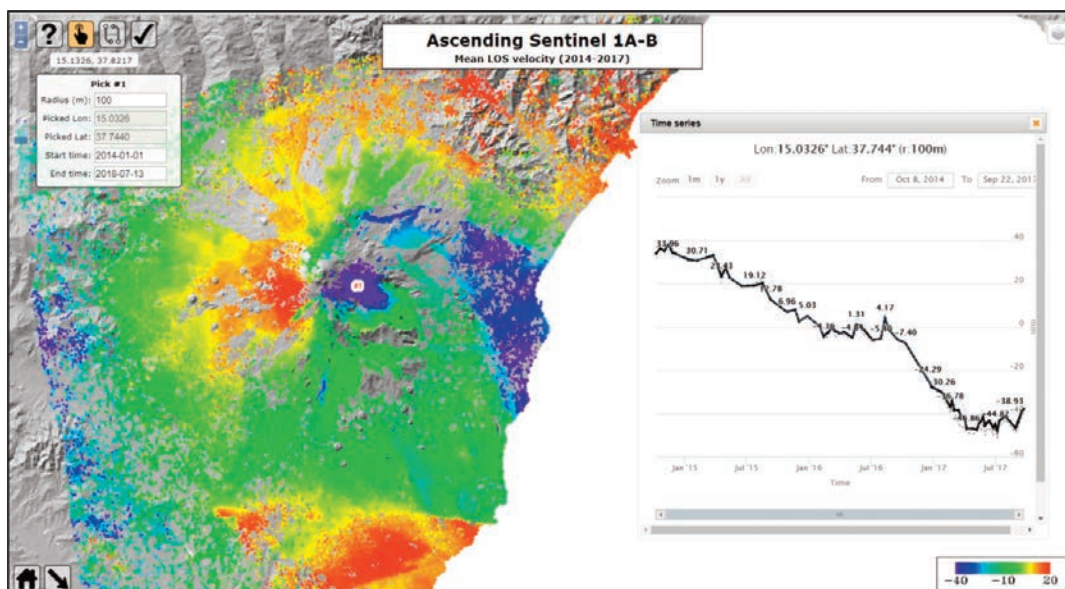


Figura 2 Visualizzazione serie temporali: selezionando un punto sulla mappa di velocità media si apre un *pop-up* che mostra l'andamento temporale (serie) dello spostamento.

¹⁰¹ <https://jquery.com/>

¹⁰² <https://www.w3.org/>

¹⁰³ <https://openlayers.org/>

¹⁰⁴ <https://www.highcharts.com/>

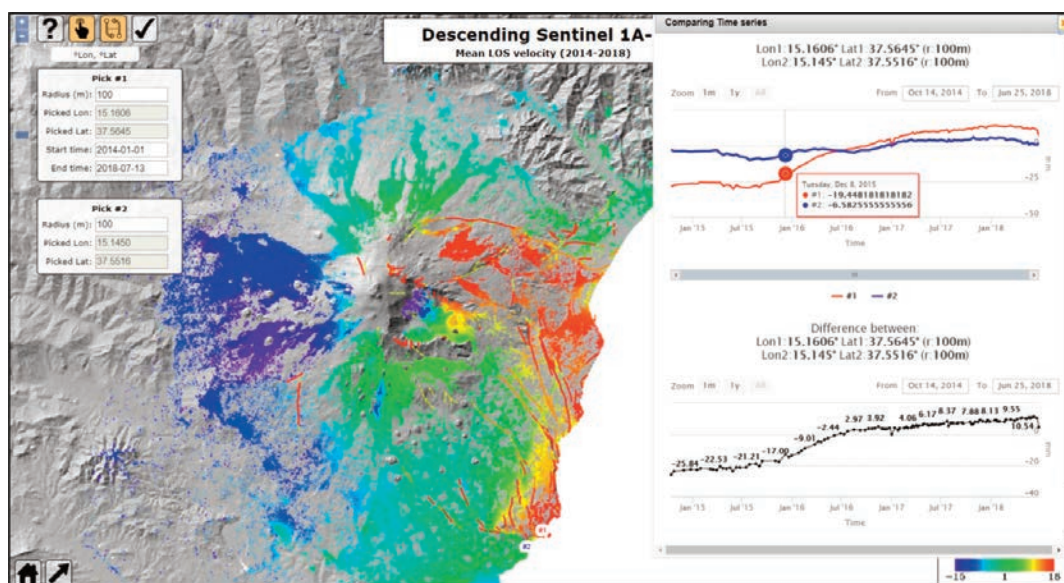


Figura 3 Tool di confronto serie temporali.

Gestione dell'interfaccia lato server

Lato server, viene utilizzata la tecnologia PHP¹⁰⁵ sia per la generazione della pagina web che ospita l'applicazione, che per l'interrogazione dei dati. Gli script PHP, infatti, si occupano della connessione al database dove risiedono i dati e dell'invio delle query spaziali e/o temporali sulla base dell'input ricevuto dell'utente, restituendo la risposta in formato JSON (*JavaScript Object Notation*¹⁰⁶).

Ringraziamenti

I dati Copernicus Sentinel-1 [2014-2019] sono disponibili presso il *Copernicus Open Access Hub*¹⁰⁷.

Bibliografia

- Hooper A., (2008). *A multi-temporal InSAR method incorporating both persistent scatterer and small baseline approaches*. Geophys. Res. Lett., 35, L16,302, doi:10.1029/2008GL03465, 2008.
- Montalto P., De Beni E., Cassisi C., Aliotta M., D'Agostino M., Mangiagli S., Prestifilippo M., Torrisi O., (2016). *Il GeoDatabase dell'INGV della Sezione di Catania - Osservatorio Etneo: progettazione ed implementazione*. Rapp. Tec. INGV 351: 1-32.
- Wegmüller U., Werner C., Strozzi T., Wiesmann A., Frey O., Santoro M., (2016). *Sentinel-1 Support in the GAMMA Software*. Procedia Comput. Sci. 2016,00, 1305-1312.

¹⁰⁵ <https://www.php.net/>

¹⁰⁶ <https://www.json.org/>

¹⁰⁷ <https://scihub.copernicus.eu>

Utilizzo preliminare del *failure forecast method* sui dati GPS di spostamento orizzontale registrati nella caldera dei Campi Flegrei dal 2011 al 2020

Andrea Bevilacqua¹, Abani Patra², E. Bruce Pitman³, Marcus Bursik³, Prospero De Martino⁴, Flora Giudicepietro⁴, Giovanni Macedonio⁴, Stefano Vitale⁵, Franco Flandoli⁶, Barry Voight⁷, Augusto Neri¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Pisa, Italia

²Tufts University, Medford, MA, USA

³University at Buffalo, Buffalo, NY, USA

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli – Osservatorio Vesuviano, Italia

⁵Università di Napoli Federico II, Napoli, Italia

⁶Scuola Normale Superiore, Pisa, Italia

⁷Pennsylvania State University, State College, PA, USA

Autore corrispondente: andrea.bevilacqua@ingv.it

Introduzione

La caldera dei Campi Flegrei è un campo vulcanico che ha prodotto almeno 70 eruzioni negli ultimi 15,000 anni [Smith et al., 2011; Bevilacqua et al., 2016]. Episodi di lento sollevamento e abbassamento del terreno, chiamati bradisismo, caratterizzano la dinamica recente del sistema [Acocella et al., 2014; Bevilacqua et al., 2020]. Negli ultimi decenni ci sono state due crisi bradisismiche, nel 1969/1972 e nel 1982/1984, con un sollevamento di 1.70 m e 1.85 m, rispettivamente. Migliaia di terremoti, con una magnitudo massima di 4.2, hanno causato l'evacuazione parziale di Pozzuoli nell'ottobre 1983. Le crisi sono state seguite da circa 20 anni di subsidenza, circa 1 m in totale, fino al 2005 [Del Gaudio et al., 2010]. Dopo il 2005 i Campi Flegrei si sono sollevati nuovamente, con un tasso più lento che nelle crisi precedenti ma accelerando progressivamente [De Martino et al., 2014; Chiodini et al. 2016; Giudicepietro et al., 2019; Tamburello et al., 2019], con uno spostamento verticale massimo nell'area centrale di ca. 70 cm¹⁰⁸.

In questo studio, usando il *failure forecast method* [Voight, 1988] si fornisce una stima preliminare del *failure time* dei segnali di *unrest* della caldera dei Campi Flegrei, concentrandoci sul dato di deformazione orizzontale registrato in 11 stazioni GPS nel periodo [2011, 2020]. In particolare, si applica un approccio probabilistico che modifica il metodo classico incorporando un rumore stocastico nelle equazioni linearizzate e una proprietà di *mean-reversion* per modularne gli effetti [Bevilacqua et al., 2019]. La formulazione stocastica permette di analizzare i dati registrati in ca. 10 anni di monitoraggio, includendo, tramite il rumore, gli effetti della dinamica variabile che caratterizza l'*unrest* della caldera. Si forniscono previsioni temporali con quantificazione dell'incertezza, cioè informazioni su un intervallo di possibili *failure times* (potenzialmente indicativi della data di eruzioni, vedi sotto).

La base del *failure forecast method* è una legge fondamentale dei materiali sollecitati verso il punto di rottura: $\dot{w} - \alpha \ddot{w} = A$, dove \dot{w} è il tasso del segnale precursore, e α , A sono parametri del modello che si adattano ai dati. Per $\alpha > 1$, la soluzione è una power law di esponente $1/(1 - \alpha)$ che diverge al tempo T_f , chiamato *failure time* [Cornelius and Voight, 1995]. Nel nostro caso, T_f è il tempo in cui i segnali in accelerazione, registrati ai Campi Flegrei, divergerebbero all'infinito,

¹⁰⁸ <http://www.ov.ingv.it/ov/it/campi-flegrei/monitoraggio.html>

se seguissero il modello *power law* nel futuro. L'interpretazione di T_f come l'inizio di un'eruzione vulcanica è puramente speculativa [Kilburn, 2018].

Risultati

In Figura 1 si mostra il modulo degli spostamenti orizzontali registrati in 11 stazioni GPS attive dal 2011. Tre stazioni aggiuntive non sono incluse in figura perché il segnale non presenta una chiara accelerazione; sette altre stazioni e quattro boe GPS sono state messe in posto dopo il 2011 e saranno oggetto di future analisi. Tutte le 11 stazioni descritte possiedono un *trend* in accelerazione - quattro di esse hanno registrato uno spostamento di ca. 30 cm, cinque di ca. 20 cm, due di ca. 10 cm. Brevi episodi di spostamento più rapido sono evidenti nel 2012-2013, nel 2016 e nel 2019-2020. In Figura 2 si mostrano le previsioni probabilistiche di T_f ottenute usando i dati GPS di 1/2011 - 3/2020. La figura è divisa in due da una linea verticale che segna il 3/2020. La parte sinistra mostra i tassi inversi del segnale e la curva di regressione linearizzata che meglio si adatta a essi. La parte destra mostra un campione di soluzioni stocastiche che estrapolano i dati dopo il 3/2020. Inoltre, si mostra l'intervallo di confidenza al 90% per T_f , e il tasso annuale di T_f , ad es. la sua funzione di densità di probabilità g . La funzione g è espressa come valor medio e 95° percentile a causa dell'incertezza sui parametri della regressione linearizzata e sulle proprietà del rumore stocastico [Bevilacqua et al., 2019]. Il 5° percentile di g è trascurabile.

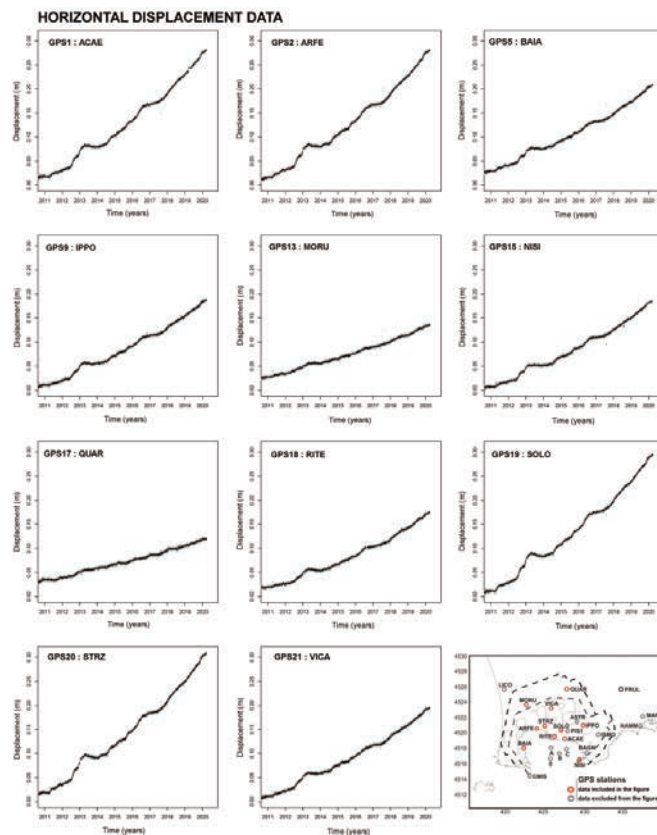


Figura 1 Modulo dello spostamento orizzontale registrato in 1/2011-3/2020 in 11 stazioni GPS mappate nell'angolo in basso a destra (UTM 33T). Lo spostamento è misurato rispetto al giorno di messa in posto, ad es. nell'anno 2000 per i GPS 1, 2, 5, 9, 13, 17, 18, nel 2008 per il GPS 20, e nel 2009 per i GPS 15, 19, 21.

Discussione e conclusioni

La funzione di densità di probabilità g , mostrata in Figura 2, si estende per vari decenni. La funzione ha dei massimi di ca. 12% probabilità media per anno, e valori di 95° percentile che possono raggiungere 25-30% probabilità per anno. In Tabella 1 si mostra la stima della probabilità P che il *failure time* si realizzi in 5, 10, o 25 anni dal 2020. I dati sono ordinati dal più grande al più piccolo, evidenziando tre gruppi di stime. Nel primo gruppo P è 31-36% in 5 anni, 60-64% in 10 anni, 92-94% in 25 anni. Nel secondo gruppo P è 6.0-12% in 5 anni, 28-40% in 10 anni, 74-82% in 25 anni. Nel terzo gruppo P è 0.0-0.4% in 5 anni, 0.2-8.6% in 10 anni, 22-63% in 25 anni. I tre gruppi corrispondono a spostamenti totali di ca. 30 cm, 20 cm e 10 cm, rispettivamente.

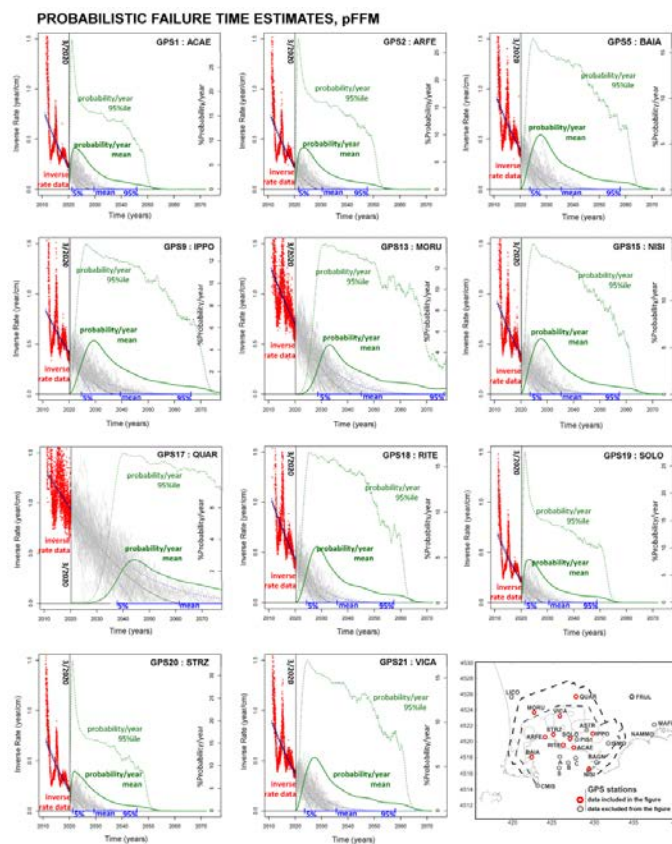


Figura 2 Previsioni probabilistiche di T_f ottenute dai dati GPS di 1/2011-3/2020. I punti in rosso a sinistra sono i tassi inversi del segnale, basati sul rapporto incrementale nei due anni precedenti. La linea in verde a destra è il valor medio della probabilità annuale di T_f , e le linee tratteggiate, il 95° percentile. La linea in blu segna l'intervallo di confidenza al 90%. Le linee punteggiate grigie mostrano 50 soluzioni stocastiche. Le stazioni GPS sono mappate in basso a destra (UTM 33T).

Questi risultati forniscono il punto di partenza per il miglioramento delle stime di pericolosità *short-term*, che utilizzano i dati di monitoraggio per adattare le previsioni e la loro incertezza tramite un approccio spazio-temporale, ad es. mappe di apertura bocche *short-term* [Bevilacqua et al., 2020a; Sandri et al., 2020]. È evidente che variazioni future nei dati potrebbero sia rallentare l'incremento osservato finora, sia incrementarlo improvvisamente, producendo *failure times* più corti di quelli ottenuti in questo studio. L'attenta interpolazione spazio-temporale potrà fornire una visione completa e facilitare il riconoscimento di anomalie.

Sebbene lo studio si concentri sullo spostamento orizzontale del terreno, una previsione più robusta del *failure time* dovrebbe usare dati multi-parametrici. Molti tipi di segnale di *unrest* possono essere modellati con il *failure forecast method*, inclusi i dati sismici e quelli geochimici [Chiodini et al., 2017; Patra et al., 2019].

Note

In aggiunta al progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro”, questo studio è stato supportato dal DPC, nell’ambito della Convenzione INGV-DPC 2019-2021, e dalla *National Science Foundation*, award 1821311. Lo studio non rappresenta necessariamente il punto di vista ufficiale e le opinioni del Dipartimento della Protezione Civile. Una versione in inglese è disponibile in Bevilacqua et al. [2020b].

GPS station	P{T _f < 2025} 5 years	P{T _f < 2030} 10 years	P{T _f < 2045} 25 years
ACAE-1	36%	64%	94%
STRZ-20	35%	62%	94%
SOLO-19	32%	60%	92%
ARFE-2	31%	59%	92%
NISI-15	12%	40%	81%
VICA-21	11%	40%	82%
BAIA-5	11%	39%	81%
RITE-18	7.90%	37%	82%
IPPO-9	6.00%	28%	74%
MORU-13	0.37%	8.60%	63%
QUAR-17	0.00%	0.18%	22%

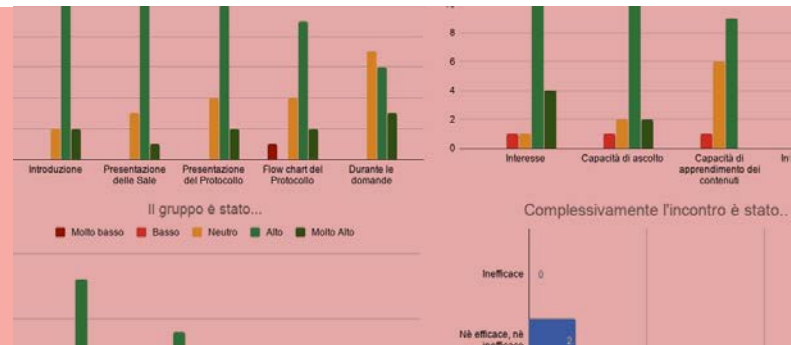
Tabella 1 Campi Flegrei GPS, dati spost. orizz. probabilità del *failure time*.

Bibliografia

- Acocella V., Di Lorenzo R., Newhall C., and Scandone R., (2015). *An overview of recent (1988 to 2014) caldera unrest: Knowledge and perspectives*. Rev. Geophys., 53, doi:10.1002/2015RG000492.
- Bevilacqua A., Flandoli F., Neri A., Isaia R., Vitale S., (2016). *Temporal models for the episodic volcanism of Campi Flegrei caldera (Italy) with uncertainty quantification*. Journal of Geophysical Research – Solid Earth, 121, 7821-7845, doi:10.1002/2016JB013171.
- Bevilacqua A., Pitman E.B., Patra A., Neri A., Bursik M., Voight B., (2019). *Probabilistic enhancement of the Failure Forecast Method using a stochastic differential equation and application to volcanic eruption forecasts*. Frontiers in Earth Science, 7:135.
- Bevilacqua A., Neri A., De Martino P., Isaia R., Novellino A., D’Assisi Tramparulo F., Vitale S., (2020a). *Radial interpolation of GPS and leveling data of ground deformation in a resurgent caldera: application to Campi Flegrei (Italy)*. J Geodesy, 94, 24, 1-23, doi.org/10.1007/s00190-020-01355-x.
- Bevilacqua A., Patra A., Pitman E.B., Bursik M., De Martino P., Giudicepietro F., Macedonio G., Vitale S., Flandoli F., Voight B., Neri A., (2020b). *First application of the failure forecast method to the GPS horizontal displacement data collected in the Campi Flegrei caldera (Italy) in 2011-2020*. ArXiv: 2007.02756.
- Chiodini G., Paonita A., Aiuppa A. et al., (2016). *Magmas near the critical degassing pressure drive volcanic unrest towards a critical state*. Nat Commun 7, 13712. https://doi.org/10.1038/ncomms13712.
- Chiodini G., Selva J., Del Pezzo E. et al., (2017). *Clues on the origin of post-2000 earthquakes at Campi Flegrei*

- caldera (Italy). Sci Rep 7, 4472. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04845-9>.
- Cornelius R., and Voight B. (1995). *Graphical and PC-software analysis of volcano eruption precursors according to the Material Failure Forecast Method (FFM)*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 64, 295–320. doi: 10.1016/0377-0273(94)00078-U.
- Del Gaudio C., Aquino I., Ricciardi G.P., Ricco C., Scandone R., (2010). *Unrest episodes at Campi Flegrei: a reconstruction of vertical ground movements during 1905–2009*. J Volcanol Geotherm Res 195:48–56.
- De Martino P., Tammaro U., Obrizzo F., (2014). *GPS time series at Campi Flegrei caldera (2000–2013)*. Ann Geophys 57(2):S0213.
- Giudicepietro F., Chiodini G., Caliro S., De Cesare W., Esposito A.M., Galluzzo D., et al., (2019). *Insight into Campi Flegrei Caldera Unrest through seismic tremor measurements at Pisciarelli Fumarolic Field*. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20, 5544-5555.
- Kilburn C.R.J. (2018). *Forecasting volcanic eruptions: beyond the failure forecast method*. Front. Earth Sci. 6:133.
- Patra A., Bevilacqua A., Pitman B., Bursik B., Voight B., Neri A., et al., (2019). *A statistical approach for spatial mapping and temporal forecasts of volcanic eruptions using monitoring data*. AGU Fall Meeting 2019, doi/10.1002/essoar.10502434.1.
- Sandri L., Bevilacqua A., Selva J., Neri A. et al., (2020). *Eruption forecasting and hazard assessment at INGV during the 2019 crisis exercise at Campi Flegrei*. 4th Rittmann Conference, Miscellanea INGV 52, ISSN 2039-6651.
- Smith V.C., Isaia R., and Pearce N.J.G., (2011). *Tephrostratigraphy and glass compositions of post-15 ka Campi Flegrei eruptions: Implications for eruption history and chronostratigraphic markers*. Quat. Sci. Rev., 30, 3638–3660.
- Tamburello G., Caliro S., Chiodini G., De Martino et al., (2019). *Escalating CO₂ degassing at the Pisciarelli fumarolic system, and implications for the ongoing Campi Flegrei unrest*. J Volcanol Geotherm Res, 384, 151– 157.
- Voight B., (1988). *A method for prediction of volcanic eruptions*. Nature 332, 125–130. doi: 10.1038/332125a0.

WP4 - FORMAZIONE DEL PERSONALE DELLE SALE OPERATIVE



Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" è stato fin dall'inizio chiaro che tutti gli sviluppi prodotti dal progetto e anche quelli sviluppati per il Dipartimento di Protezione Civile (DPC) dovevano essere condivisi con il personale impegnato nelle attività delle tre Sale Operative dell'ONT, OV e OE, rispettivamente a Roma, Napoli e Catania.

Le attività del WP4 sono state la naturale evoluzione di quanto realizzato da marzo 2017 nell'ambito del "Tavolo Tecnico delle Sale Operative INGV" (Decreto del Presidente INGV 295/2017) con l'obiettivo principale di migliorare la comunicazione verso DPC degli eventi sismici registrati nelle aree vulcaniche, evitando la ridondanza delle comunicazioni. Dopo un'attenta analisi della documentazione disponibile sui flussi di comunicazione tra INGV e DPC, sulle procedure di comunicazione di ciascuna Sala per gli eventi sismici in area vulcanica e sulle possibili interazioni e sovrapposizioni tra le Sale, è stata redatta una nuova versione dell'Allegato A dell'Accordo Quadro INGV-DPC 2012-2021, che sarà operativa dall'1° dicembre 2020. L'entrata in vigore delle procedure del nuovo Allegato A, è stata preceduta da un periodo di test per la messa a punto dei sistemi informatici per rendere operative le nuove procedure, e per lo svolgimento di attività di verifica delle conoscenze del Personale Turnista, anche in vista dell'inserimento dei nuovi parametri nelle Sale Operative, come previsto dal progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro". La formazione è avvenuta tramite l'organizzazione di corsi con lezioni frontali, esercitazioni pratiche e verifiche con esame finale, rivolti sia al personale che svolge attività di sorveglianza H24/7 nelle Sale Operative sia a tutto il personale in reperibilità. I principali obiettivi sono stati quelli di consolidare il livello delle conoscenze di base, migliorare l'interazione tra le Sale, standardizzare e ottimizzare le procedure. È stato anche stimolato lo scambio di informazioni ed esperienze tra personale delle diverse Sale Operative allo scopo di conoscere le procedure specifiche di ogni Sala Operativa (sismiche, vulcanologiche e allerta tsunami) ed essere in grado di fronteggiare emergenze che possono prevedere il coinvolgimento del personale di più sale. Durante gli ultimi mesi del progetto la formazione sarà focalizzata sulla conoscenza dei nuovi parametri che saranno introdotti nelle Sale Operative. Ciò permetterà di valorizzare non soltanto il grande patrimonio di dati multiparametrici che l'ente stesso acquisisce e conserva, ma soprattutto permetterà la prossima attivazione di servizi di monitoraggio e alerting in nuovi settori della geofisica, come quello, già maturo e parzialmente operante all'interno del consorzio PECASUS di cui INGV fa parte, legato alla meteorologia spaziale (*Space Weather*).

Hanno coadiuvato nel lavoro di coordinamento la sottoscritta, responsabile del WP: Concetta Nostro e Anna Nardi per l'ONT, Mario Castellano, Walter De Cesare e Patrizia Ricciolino per l'OV, Rosa Anna Corsaro e Pietro Bonfanti per l'OE, Massimo Crescimbene, Federica La Longa e Luca Pizzino per la Sezione di Roma 1, Domenico Di Mauro per la Sezione di Roma 2.

Ornella Cocina

From the beginning of the “S.O.I.R. future monitoring” it was clear that all the developments produced by the Project and also those developed for the Civil Protection Department (DPC) should to be shared with the staff involved in the activities of the three Control Rooms of ONT, OV and OE, respectively in Rome, Naples and Catania.

To this end, WP4 designed and implemented training courses for the staff operating in the Control Rooms, to consolidate the level of knowledge, improve interaction between the Rooms, standardize and optimize the new procedures. The training took place through lectures, practical exercises and tests with a final exam. The exchange of information and experiences between the staff of the different Control Rooms was stimulated.

Information on new multiparametric data will allow the next activation of monitoring and alerting services in new sectors of geophysics, such as the one, already mature and partially operating within of the PECASUS consortium of which INGV is a part, linked to space meteorology (Space Weather). Ornella Cocina coordinated the group with Concetta Nostro e Anna Nardi (ONT), Mario Castellano, Walter De Cesare e Patrizia Ricciolino (OV), Rosa Anna Corsaro e Pietro Bonfanti (OE), Massimo Crescimbene, Federica La Longa e Luca Pizzino (Sezione di Roma 1), Domenico Di Mauro (Sezione di Roma 2).

Ornella Cocina

La formazione del Personale delle Sale Operative INGV

Ornella Cocina¹, Concetta Nostro², Mario Castellano³, Pietro Bonfanti¹, Rosa Anna Corsaro¹, Massimo Crescimbene⁴, Walter De Cesare³, Domenico Di Mauro⁵, Federica La Longa⁴, Anna Nardi², Luca Pizzino⁴, Patrizia Ricciolino³

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 1, Italia

⁵Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2, Italia

Autore corrispondente: ornella.cocina@ingv.it

Introduzione

La continua attività di formazione del personale a tempo indeterminato e determinato coinvolto nelle attività di sorveglianza H24 all'Osservatorio Etneo (OE), all'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) e all'Osservatorio Vesuviano (OV), costituisce uno degli obiettivi istituzionali dell'Ente. Per questa ragione, le attività formative previste devono essere necessariamente coerenti sia con gli obiettivi istituzionali rappresentati dal Piano Triennale delle Attività, sia con le finalità concordate nell'Accordo Quadro con il Dipartimento della Protezione Civile (DPC). L'attività formativa nell'ambito dei servizi di sorveglianza riveste, dunque, una specifica rilevanza strategica in continua evoluzione, anche alla luce dell'aggiornamento delle procedure e dello sviluppo tecnologico in atto nelle Sale Operative dell'OE, dell'ONT e dell'OV.

Nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", sono stati progettati e realizzati dei corsi di formazione e aggiornamento per il personale operante nelle tre Sale Operative con l'obiettivo principale di i) consolidare il livello delle conoscenze di base; ii) migliorare l'interazione tra le Sale; iii) standardizzare e ottimizzare le procedure e iv) approfondire la conoscenza dei nuovi parametri che, nell'ambito del presente progetto, saranno introdotti nelle Sale Operative (geomagnetici, ionosferici, da osservatori sottomarini, geochimici, ecc.).

Le attività di "formazione condivisa" nelle Sale Operative INGV

L'obiettivo principale e propedeutico alle attività di formazione è stato quello di definire una proposta condivisa e integrata delle matrici di comunicazione di ciascuna Sala Operativa INGV verso la Sala Situazione Italia (SSI) e, in generale, verso DPC. Questo obiettivo è stato raggiunto analizzando le matrici di comunicazione di ciascuna Sala e proponendo soluzioni che consentissero l'omogeneizzazione delle procedure per le aree di propria competenza e di comune interesse. Il risultato ottenuto ha permesso di incrementare l'interconnessione tra le Sale OE, ONT e OV anche proponendo soluzioni tecniche per lo scambio e la visualizzazione di informazioni "di tutte" e "in tutte" le Sale Operative.

Il processo di formazione del personale che svolge turni e reperibilità nelle Sale Operative OE, ONT, OV è stato orientato a consolidare la condivisione delle conoscenze, delle procedure e delle diverse attività delle Sale, facendo accrescere la consapevolezza del lavoro che in ciascuna di esse si deve svolgere. Si è scelto, quindi, di seguire una strategia volta a facilitare, seppur a distanza, il processo di comunicazione tra Sale e verso DPC, a partire dai percorsi di aggiornamento che sono stati svolti in contemporanea. Il percorso formativo, iniziato nell'estate

2018, è stato articolato in 4 incontri in videoconferenza: il primo, rivolto a tutto il personale, dedicato alla presentazione di un protocollo provvisorio di comunicazione tra Sale; due incontri sono stati dedicati alla realizzazione di test operativi congiunti tra ONT-OV e ONT-OE, ai quali ha partecipato un numero limitato di turnisti su base volontaria (da 6 a 8); l'ultimo, dedicato alla condivisione dei risultati dei test operativi, rivolto a tutto il personale.

Nella prima giornata formativa è stato presentato il "Protocollo Provvisorio di comunicazione tra le Sale di Sorveglianza INGV per terremoti in aree vulcaniche", realizzato nell'ambito delle attività del "Tavolo Tecnico Sale Operative INGV" e che teneva conto delle nuove procedure che attualmente sono parte integrante del Nuovo Allegato A. Attraverso video-collegamenti tra OE, ONT e OV, per la prima volta, tutto il Personale Turnista e reperibile ha avuto la possibilità di conoscere nel dettaglio il funzionamento e le attività delle tre Sale Operative INGV (caratteristiche del servizio di sorveglianza svolto e organizzazione interna). Le attività della giornata formativa sono state monitorate da sedici osservatori indipendenti, presenti nelle tre sedi collegate in videoconferenza i quali, attraverso la compilazione di una scheda comune, hanno messo in luce alcuni elementi chiave del processo formativo. I risultati dell'osservazione (Figura 1) indicano una valutazione complessivamente positiva della giornata, sia a livello individuale che collettivo.

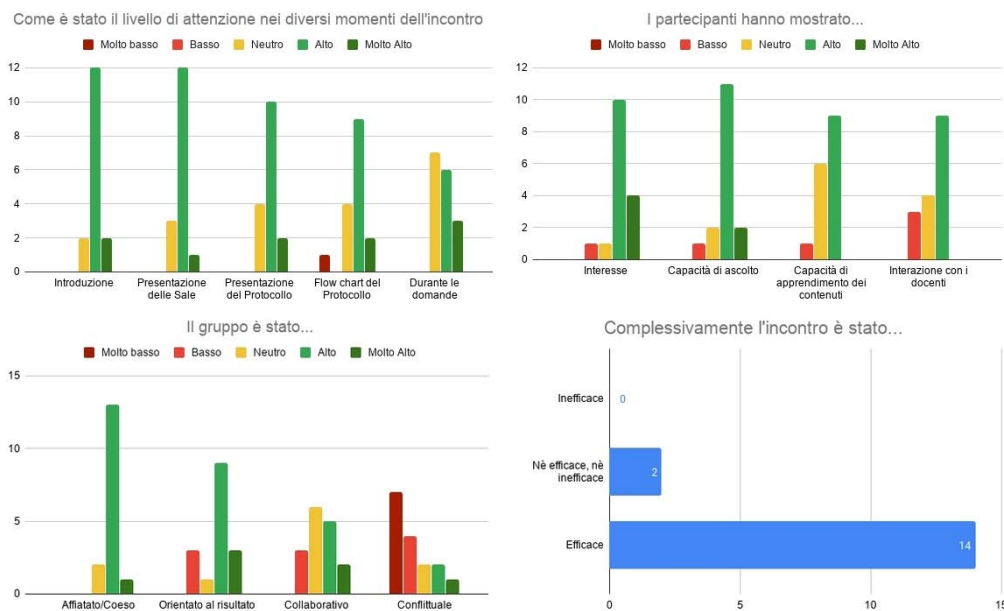


Figura 1 Alcuni dati statistici sugli incontri di aggiornamento per il personale delle Sale Operative INGV di Roma, Napoli e Catania.

Il percorso è proseguito con due giornate dedicate alle esercitazioni congiunte tra ONT-OV e ONT-OE, per testare le criticità nella comunicazione sia tra le Sale che verso DPC, in relazione all'applicazione del Protocollo Provvisorio di comunicazione tra le Sale Operative INGV per terremoti in aree vulcaniche. Ai test hanno partecipato alcuni colleghi volontari che, ricoprendo i diversi ruoli previsti in ciascuna Sala Operativa (Turnisti, Reperibili, Funzionari), hanno simulato l'applicazione del nuovo protocollo su 2-3 casi di sismicità in area vulcanica con criticità nella comunicazione. Anche in questa occasione, gli osservatori presenti hanno registrato, sulle schede di rilevamento, alcuni elementi di criticità della gestione della comunicazione tra Sale. L'ultimo passaggio del processo di aggiornamento ha riguardato la condivisione dei risultati dei test operativi con tutto il personale coinvolto nella formazione.

I punti di forza evidenziati dai test sono:

- aver consentito ai turnisti di conoscere il funzionamento delle tre Sale Operative;
- aver favorito un primo scambio di esperienze, in relazione sia all'analisi delle criticità, che alle capacità di *problem solving*;
- aver stimolato il personale operante nelle diverse sedi a “ragionare” in termini di obiettivi comuni, in funzione della comunicazione verso l'esterno;
- aver evidenziato la disponibilità dei singoli a mettersi in gioco per avviare un processo di cambiamento.

Le aree di miglioramento evidenziate dai test operativi indicano la necessità di:

- risolvere i problemi di comunicazione tra Sale aumentando le opportunità di conoscenza, ad esempio favorendo periodicamente uno scambio di esperienze dei turnisti nelle diverse sedi;
- rendere visibile l'operatività delle Sale attraverso monitor fissi, che mostrino alcuni parametri specifici del monitoraggio realizzato in ciascuna Sala;
- condividere i dati di monitoraggio e gestione ottimizzata e integrata delle tre Sale Operative.

Attività svolte presso la Sala di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami dell'ONT

L'ONT, già dal 2017 ha ritenuto utile predisporre un percorso di formazione integrato per diventare Turnisti per i Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami, sfruttando l'esperienza fatta nella fase sperimentale pre-operativa del Centro di Allerta Tsunami (CAT, operativo dal gennaio 2017) per la quale è stato formato parte del personale che da anni svolgeva la sola Sorveglianza Sismica. Tale percorso formativo, descritto in Nostro et al. [2020], prevede lezioni teoriche frontali, esercitazioni pratiche individuali, affiancamenti in Sala con turnisti esperti e una verifica finale. Obiettivo del percorso formativo è quello di i) avere ben chiaro il “senso” della partecipazione ai Servizi, anche nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile; ii) avere una conoscenza approfondita delle funzioni del Turnista sismologo e CAT descritte nei regolamenti e nei mansionari; iii) avere una specifica conoscenza delle peculiarità del Mediterraneo e del territorio nazionale per quanto attiene la sismicità e i maremoti, attraverso la conoscenza delle caratteristiche salienti delle diverse aree e iv) conoscere bene gli strumenti a disposizione in Sala Operativa ONT per la localizzazione e la comunicazione degli eventi (applicativi, web, telefoni, social media, ecc.). I Turnisti e Funzionari coinvolti nei percorsi formativi nel 2017 sono stati circa 70, nel 2018 sono stati circa 60, nel 2019 circa 15. Chiaramente, una parte del percorso formativo ha avuto come obiettivo la condivisione delle attività e delle comunicazioni tra le tre Sale Operative INGV.

Attività svolte presso la Sala di Monitoraggio dell'OV

Nell'ambito degli obiettivi del progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro” sono state apportate numerose modifiche alle procedure di Sala Operativa per consentire una migliore gestione dei dati e una sempre più efficace integrazione tra le Sale. Tutte le modifiche introdotte sono state oggetto di specifici corsi di formazione e aggiornamento del personale impegnato nelle attività di turnazione e reperibilità.

Un aspetto fondamentale, strategico per la reale integrazione tra le Sale, è stato il passaggio al *database* unico con nuove procedure per l'inserimento degli eventi dei vulcani campani nel nuovo

database SERENADE (*SEismic Restful ENabled DatabasE*) [Peluso, 2020]. L'introduzione di SERENADE e del suo client WESSEL (*WEb Service for Seismic Event Location*) [Peluso et al., 2020] ha visto la necessità di realizzare corsi di aggiornamento per Turnisti e Reperibili sismologi con lezioni frontali ed esercitazioni di localizzazioni ipocentrali e inserimento dati in Sala di Monitoraggio. Con lo scopo di migliorare la comunicazione delle informazioni, sono stati predisposti nuovi moduli per i comunicati, con un riferimento più pertinente alle modalità previste dai nuovi Flussi di Comunicazione per l'attività dei vulcani campani. Il Personale Turnista è stato affiancato da esperti per esercitazioni di localizzazioni ipocentrali e verifica periodica della corretta applicazione delle procedure di Sala.

In accordo con le nuove procedure previste dall'Allegato A della Convenzione INGV-DPC, sono stati effettuati corsi di aggiornamento per Turnisti e Reperibili sismologi sulle nuove soglie di comunicazione per attività sismica nelle aree vulcaniche campane. Contestualmente, sono iniziate le attività sulle procedure in carico ai reperibili sismologi per la produzione delle Relazioni di dettaglio (Comunicati Straordinari) in occasione di terremoti con $M \geq 4.0$ (ML per OE e Md per OV).

Ogni corso di formazione e aggiornamento ha visto la presenza di circa 60 persone tra ricercatori/tecnologi e tecnici impegnati nelle attività di turnazione e reperibilità.

Attività svolte presso la Sala Operativa dell'OE

Nel perseguimento degli obiettivi del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", sono stati realizzati una serie di incontri formativi con il personale operante nella Sala Operativa OE con la finalità prioritaria di uniformare le conoscenze di base del personale attraverso la condivisione di conoscenze ed esperienze. In particolare, sono state svolte i) esercitazioni periodiche di localizzazioni ipocentrali; ii) verifica periodica della corretta applicazione delle procedure di Sala; iii) incontri formativi sulle nuove procedure derivanti dall'inserimento della figura di funzionario sismologo e vulcanologo, in sostituzione di quella di reperibile e iv) incontri di aggiornamento sulle nuove funzionalità del *software* dedicato alla gestione delle attività di Sala. Inoltre, sono stati effettuati corsi di formazione, che per la prima volta hanno riguardato anche tematiche attinenti la sorveglianza vulcanologica, per 14 nuovi turnisti che dopo la fase formativa, sono stati sottoposti ad una fase di affiancamento in Sala prima dell'inserimento nel calendario turni. Nel mese di gennaio 2020 è stato condotto un corso di aggiornamento sul servizio di sorveglianza sismica e vulcanologica per tutti i turnisti (65 unità di personale) i cui dettagli sono riportati in Bonfanti et al. [2020].

I corsi, obbligatori per tutto il Personale Turnista, sono stati articolati in lezioni frontali ed esercitazioni su tematiche connesse con le attività di sorveglianza che si svolgono nella Sala Operativa dell'OE e si sono conclusi con una verifica dell'apprendimento che certifichi il possesso delle conoscenze necessarie per l'espletamento dei turni di sorveglianza. Conclusa la fase di formazione nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" i corsi saranno svolti con cadenza almeno annuale per la formazione di nuovo personale e l'aggiornamento di quello già in turnazione.

Discussioni e conclusioni

Nell'ambito del WP4 sono state programmate ed effettuate delle azioni che, partendo da un'analisi critica delle matrici decisionali di ciascuna Sala, hanno consentito di proporre procedure di comunicazione condivise e omogenee. Conseguentemente, il processo di formazione del personale è stato finalizzato a condividere le conoscenze e le procedure

operative nei tre Osservatori, anche mediante lo scambio dei turnisti operanti nelle diverse Sale. L'attività progettuale ha evidenziato l'importanza del dialogo continuo tra le varie figure professionali presenti nelle Sale, che nel passato si erano poco/nulla confrontate. Questa collaborazione ha contribuito a definire un linguaggio comune, utile all'interno dell'Ente e indispensabile affinché la comunicazione istituzionale verso il DPC risulti univoca. Ha inoltre consentito di mettere a punto metodologie per la formazione del personale che, pur mantenendo le specificità di ciascuna Sala, avessero principi comuni. In particolare, la formazione vulcanologica svolta presso l'OE, è stata svolta per la prima volta in modo strutturato. L'esperienza e le competenze acquisite per la formazione del personale delle Sale Operative INGV rappresentano dunque un importante patrimonio utile per l'organizzazione dei corsi futuri, che rientrano nelle attività istituzionali dell'Ente. In particolare, l'organizzazione didattica e le buone pratiche messe a punto nelle diverse fasi di formazione e aggiornamento del personale, consentiranno di organizzare dei brevi corsi per istruire, in una prima fase e in via sperimentale, il personale stesso alla gestione delle informazioni che scaturiranno dal monitoraggio di altri parametri osservativi, diversi dalla sismologia e vulcanologia in senso stretto.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i Turnisti, i Reperibili e i Funzionari delle Sale Operative INGV ed i colleghi che hanno svolto attività di formazione come docenti.

Bibliografia

- Bonfanti P, Cocina O., Corsaro R.A., (2020). *La condivisione di esperienza e conoscenza nel percorso formativo dei turnisti dell'Osservatorio Etneo*. Misc. INGV, questo volume.
- Nostro C., Nardi A., Pizzino L., Margheriti L., Piatanesi A., Graziani L., Romano F., Mele F M., Lombardi A. M., Cheloni D., Baccheschi P., (2020). *La formazione del personale della Sala di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami di Roma*. Misc. INGV, questo volume.
- Peluso R., (2020a). *Il database sismico SERENADE: un sistema REST per la gestione delle localizzazioni sismiche*. Misc. INGV, questo volume.
- Peluso R., Benicasa A., Cirillo F., Di Filippo A., Scarpato G., (2020). *Lo sviluppo dei nuovi sistemi integrati di Sala, il sistema WESSEL ed i suoi simbiotici*. Misc. INGV, questo volume.

La formazione del Personale della Sala di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami di Roma

Concetta Nostro¹, Anna Nardi¹, Luca Pizzino², Lucia Margheriti¹, Alessio Piatanesi², Laura Graziani², Fabrizio Romano², Francesco Mariano Mele¹, Anna Maria Lombardi², Daniele Cheloni¹, Paola Baccheschi¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Roma 1, Italia

Autore corrispondente: concetta.nostro@ingv.it

Introduzione

L'INGV è Centro di Competenza per i fenomeni sismici, vulcanici e i maremoti per il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (DPC). Nell'ambito delle attività previste dall'Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021 (AQ vigente), l'INGV svolge attività di sorveglianza tecnico-scientifica sulla sismicità del territorio nazionale, sui fenomeni vulcanici e sui maremoti, finalizzata ai compiti di protezione civile, in modo ininterrotto (H24 per 365 giorni l'anno). Tale attività viene realizzata con uno specifico assetto organizzativo, che consente la trasmissione in tempo reale verso il DPC di tutte le informazioni riguardanti eventi e rischi sismici, vulcanici e da maremoto di interesse per il Dipartimento stesso.

La sorveglianza sismica del territorio nazionale e delle aree limitrofe è in carico all'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT), insieme alle comunicazioni relative agli eventi in area mediterranea e nel mondo. La sorveglianza delle aree vulcaniche campane (Campi Flegrei, Ischia, Vesuvio) e siciliane (Etna, Stromboli, Vulcano, altre isole Eolie, Pantelleria) sono rispettivamente in carico all'Osservatorio Vesuviano (OV) e all'Osservatorio Etneo (OE).

Dal gennaio 2017 è diventata ufficialmente operativa anche l'attività di monitoraggio e il Servizio di allerta dei maremoti di origine sismica (Centro Allerta Tsunami - CAT) con l'introduzione nella Sala INGV di Roma di una nuova unità di personale. In fase sperimentale, fino alla fine del 2016, e per i primi mesi di operatività, il personale per il Servizio di Allerta Tsunami è stato scelto all'interno del gruppo di turnisti che da anni svolgeva il Servizio di Sorveglianza Sismica; successivamente, è stato reclutato e formato nuovo personale in grado di svolgere entrambi i Servizi. A partire dal 2017 e nei due anni successivi sono stati attivati, quindi, i corsi per la formazione di nuovi Turnisti e Funzionari per i servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami ed anche per i reperibili di Sala [Quintiliani et al., 2020].

La formazione del personale che partecipa al Servizio di Sorveglianza Sismica è prevista nei Piani di attività annuali relativi all'Allegato A dell'AQ vigente, tematica "Sorveglianza sismica" e quella del personale che partecipa alle attività del CAT nella tematica "Centro Allerta Tsunami (CAT)". Inoltre, il Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" ha tra le sue finalità quella della formazione del personale delle Sale Operative INGV, essendo il WP4 "Formazione" uno dei sei *working package* del progetto espressamente dedicato a questo.

Percorsi formativi del personale per i Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami

Per pianificare il percorso di formazione per diventare turnisti per il Servizio di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami è stata sfruttata l'esperienza fatta nella fase sperimentale (pre-

operativa) del CAT per la quale è stato formato parte del personale che da anni svolgeva il Servizio di Sorveglianza Sismica. Si è ritenuto utile, quindi, predisporre un percorso che formasse prima i turnisti per il Servizio di Sorveglianza Sismica e a seguire per il Servizio di Allerta Tsunami. Nel 2017 la formazione era stata organizzata in modo contestuale per lo stesso personale, ma nei due anni successivi è stata effettuata in modo differito, con circa 6 mesi di intervallo. In questo modo è stato possibile chiudere il percorso formativo per il Servizio di Sorveglianza Sismica, far entrare in turno il personale che aveva superato la verifica, fargli fare esperienza diretta di Sala e contemporaneamente iniziare il percorso formativo per il Servizio di Allerta Tsunami.

Il percorso è stato strutturato nel seguente modo:

- Parte TEORICA: corso con lezioni frontali di 8 ore per la sorveglianza sismica e di 8 ore per il CAT.
- Parte PRATICA: per la sorveglianza sismica (8 ore) e per il CAT (4 ore).
 - Esercitazioni, affiancamenti e analisi dati per sviluppare la capacità e la manualità con tutti gli applicativi di Sala sia per la localizzazione sia per la comunicazione degli eventi sismici;
 - Esercitazioni per gruppi o individuali: 24 ore di esercitazione (6 sessioni di 4 ore) per la formazione sismologica e 12 ore di esercitazione (3 sessioni di 4 ore) per la formazione CAT con turnisti esperti (TUTOR). Nel 2018 e nel 2019 è cambiato il numero di ore di esercitazione CAT: 24 ore (6 sessioni di 4 ore).
 - Affiancamento in Sala di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami: 7 sessioni di 6 ore per un totale di 42 ore per la parte sismologica e 6 sessioni di 6 ore per un totale di 36 ore per il CAT con turnisti esperti (TUTOR). Nel 2018 e nel 2019 è cambiato il numero di ore di affiancamento CAT: 24 ore (4 sessioni di 6 ore).
 - Analisi di almeno 2 giorni di bollettino sismico.

I percorsi di formazione proposti hanno avuto come finalità quella di portare il nuovo Turnista a:

- avere piena consapevolezza della partecipazione ai turni di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami anche nell'ambito del Sistema nazionale ed europeo di Protezione Civile;
- conoscere bene le funzioni del Turnista sismologo e del Turnista CAT descritte nei mansionari;
- conoscere le caratteristiche peculiari del Mediterraneo e del territorio nazionale dal punto di vista sismico e dei maremoti, approfondendo l'analisi delle caratteristiche salienti delle diverse aree sismiche (sismicità recente, storica, pericolosità, sismotettonica, vocazione agli tsunami, ecc.);
- conoscere bene gli strumenti a disposizione nella Sala di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami per la localizzazione e la comunicazione degli eventi (web, telefoni, social media, ecc.).

Alla fine del percorso di formazione e addestramento sono state effettuate le verifiche con una commissione costituita da 2 TUTOR (2 sismologi o 2 esperti CAT) e il Direttore dell'ONT o un suo delegato.

Attività svolta nel 2017

- **Formazione dei nuovi turnisti Sismo-CAT**

Nel corso del 2017 sono stati realizzati i corsi di formazione e le relative attività di affiancamento ed esercitazioni per 30 nuovi turnisti e per 15 turnisti che già erano inseriti

nel Servizio di Sorveglianza Sismica.

Parte TEORICA

- Corso per Sismologi: 20 e 27 giugno 2017, Corso per turnisti CAT: 22 giugno e 4 luglio 2017 a cui hanno partecipato i 30 nuovi turnisti e i 15 turnisti che già partecipavano al Servizio di Sorveglianza Sismica.

Parte PRATICA

- Per Sismologi: 28 giugno e 3 luglio 2017 per 15 nuovi turnisti.
- Per turnisti CAT: 23 giugno, 5 e 6 luglio 2017 per i 15 turnisti che già partecipavano alla Sorveglianza Sismica.

Esercitazioni e affiancamenti

- Per Sismologi: 44 sessioni di esercitazioni sismiche di 4 ore e 100 sessioni di affiancamento in Sala di 6 ore per 15 nuovi turnisti.
- Per turnisti CAT: 14 sessioni di esercitazioni CAT di 4 ore e 64 sessioni di affiancamento in Sala di 6 ore per i 15 turnisti che già partecipavano alla Sorveglianza Sismica.

Analisi dati

- Supporto e verifica dei giorni assegnati di bollettino sismico per 15 nuovi turnisti sismologi.

A fine 2017, dei 15 nuovi turnisti Sismo-CAT, 9 hanno ultimato il percorso formativo e superato la verifica mentre gli altri 6 lo hanno completato nel corso del 2018.

- **Aggiornamento per i turnisti CAT già in servizio**

Per circa 40 turnisti CAT che già partecipavano al Servizio di Allerta Tsunami sono stati realizzati i seguenti corsi e attività pratiche:

Parte TEORICA

- Corso: 11 aprile e 23 maggio 2017.

Parte PRATICA

- Esercitazioni: 11 e 12 aprile 2017, 23 maggio 2017.

Attività svolta nel 2018

- **Formazione dei nuovi turnisti Sismo-CAT e aggiornamento per i turnisti CAT già in servizio**

Parte TEORICA

- Corso per Sismologi: 22 marzo 2018 per 5 nuovi turnisti sismologi.
- Corso di aggiornamento formativo per turnisti CAT: 12 e 15 marzo 2018 per 9 nuovi turnisti CAT.

Parte PRATICA

- Per Sismologi: 26 marzo 2018 per 5 nuovi turnisti.

Esercitazioni e affiancamenti

- Per Sismologi: 27 sessioni di esercitazioni sismiche di 4 ore e 57 sessioni di affiancamento in Sala di 6 ore per i 5 nuovi turnisti sismologi e 1 Turnista sismologo del corso 2017.
- Per turnisti CAT: 39 sessioni di esercitazioni CAT di 4 ore per i 9 nuovi turnisti CAT e 38 turnisti CAT già in servizio e 55 sessioni di affiancamento in Sala di 6 ore per 9 nuovi turnisti CAT.

Analisi dati

- Supporto e verifica dei giorni assegnati di bollettino sismico per 12 turnisti sismologi: 5 nuovi turnisti del corso 2018, 6 del corso 2017 e 1 Turnista del corso 2017 con percorso formativo da analista sismologo.

• Formazione dei nuovi funzionari CAT

- Corso di formazione per 2 nuovi funzionari CAT (23 marzo e 15 maggio 2018) con relative sessioni di esercitazione.

Attività svolta nel 2019

- **Formazione dei nuovi turnisti Sismo-CAT e aggiornamento per i turnisti CAT già in servizio**

Parte TEORICA

- Corso di formazione per turnisti CAT: 16 aprile 2019 per 15 nuovi turnisti CAT.

Esercitazioni e affiancamenti

- Per turnisti CAT: 41 sessioni di esercitazioni CAT di 4 ore per 15 nuovi turnisti CAT e 61 sessioni di affiancamento in Sala di 6 ore per 9 nuovi turnisti CAT.

• Aggiornamento per i turnisti sismologi e per i funzionari sismici già in servizio

- Due giornate di aggiornamento per la condivisione delle localizzazioni delle Sale Operative OV e OE e per la gestione della pubblicazione della localizzazione automatica sul canale Twitter INGVterremoti: 4 e 13 giugno 2019.

Altre attività formative

Obiettivo principale del WP4 “Formazione” del Progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro” è stato quello di progettare e realizzare incontri formativi condivisi di tutto il personale coinvolto nei servizi di sorveglianza delle tre Sale Operative INGV. Questa attività, descritta in Cocina et al. [2020], è stata progettata e realizzata a valle di un processo di analisi critica delle matrici decisionali di ciascuna Sala, che ha consentito di proporre procedure di comunicazione condivise ed omogenee tra le Sale.

Discussioni e conclusioni

Complessivamente, nei 3 anni, sono stati coinvolti nel processo formativo 246 tra turnisti e funzionari dei due Servizi con 70 persone nel 2017, 61 nel 2018 e 115 nel 2019. I docenti coinvolti nei 3 anni sono 68 con 29 persone nel 2017, 24 nel 2018 e 15 nel 2019 (Figura 1). Contestualmente alla formazione di nuovi turnisti e funzionari, si è lavorato anche per l'aggiornamento dei turnisti e funzionari dei Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami per garantire la condivisione delle procedure e delle attività dei Servizi.

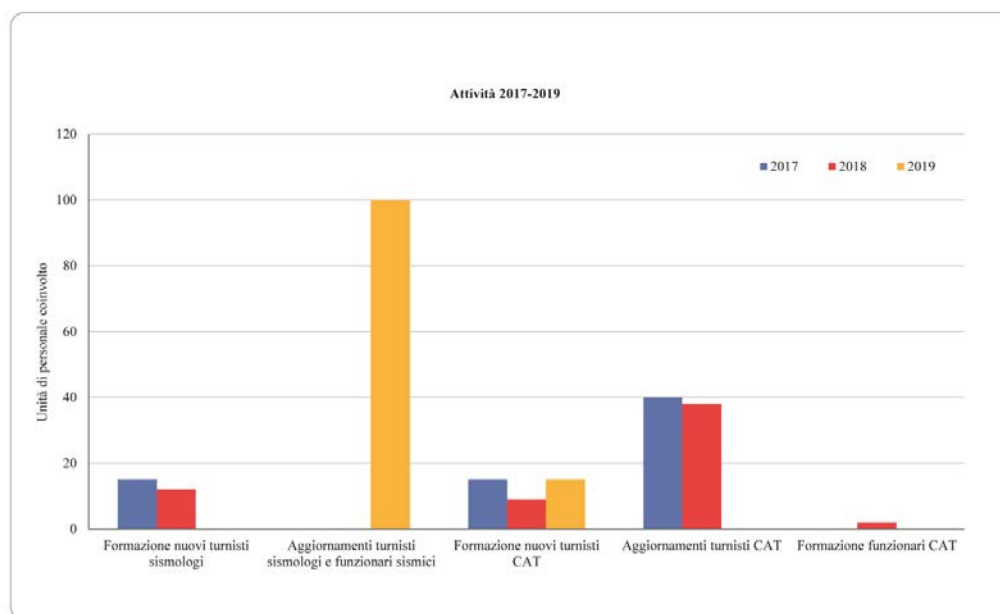


Figura 1 Personale che ha partecipato alle attività di formazione e aggiornamento per la Sala Operativa di Roma.

Il processo di formazione e aggiornamento è stato preceduto da un lavoro di analisi dei bisogni formativi e informativi e da una progettazione peculiare per i diversi servizi. Ciò è stato possibile soprattutto grazie al lavoro costante e continuo del “Servizio di Supporto nella gestione del Servizio di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami”, servizio di supporto della Direzione dell’ONT e, in particolare del “Gruppo per la Formazione Permanente” dei turnisti e funzionari sismologi e CAT, turnisti Tecnici, reperibili. Un ruolo importante lo ha avuto anche il Progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro” che ha dedicato un working package proprio alla formazione del personale delle Sale Operative.

A queste attività si è aggiunta anche quella relativa alla formazione condivisa tra le tre Sale Operative INGV, descritta in Cocina et al. [2020], che ha visto coinvolto tutto il personale impegnato nel Servizio di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami.

L’attività progettuale e anche quella formativa hanno evidenziato l’importanza del dialogo continuo con il personale coinvolto in tutte le attività relative al Servizio di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami e del coinvolgimento di varie professionalità che operano nell’Ente, nelle Sale Operative in particolare, e che in passato si erano confrontate poco. Questa attività, insieme a quella relativa alla condivisione tra Sale Operative, ha contribuito a definire una metodologia comune per progettare e realizzare percorsi formativi efficaci, integrati tra i diversi Servizi, e utili a migliorare la comunicazione all’interno dell’Ente e soprattutto verso il Dipartimento di Protezione Civile.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i turnisti, i reperibili e i funzionari delle tre Sale INGV ed i colleghi che hanno svolto attività di formazione come docenti e quelli che pazientemente hanno svolto attività come *TUTOR* durante gli affiancamenti nella Sala di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami.

Bibliografia

Cocina O., Nostro C., Castellano M., Bonfanti P., Corsaro R.A., Crescimbene M., De Cesare W., Domenico Di Mauro D., La Longa F., Nardi A., Pizzino L., Ricciolino P., (2020). *La formazione del Personale delle Sale Operative*. INGV. Misc. INGV, questo volume.

Quintiliani M., Pintore S., Lauciani V., Bono A., Bernardi F., Mele F.M., Margheriti L., (2020). *Contenuti del corso per reperibile informatico per i sistemi di analisi dati della Sala Operativa di Roma*. Misc. INGV, questo volume.

La formazione del Reperibile informatico per i sistemi di Analisi Dati della Sala Operativa di Roma

Matteo Quintiliani, Stefano Pintore, Valentino Lauciani, Andrea Bono, Fabrizio Bernardi, Francesco Mariano Mele e Lucia Margheriti

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: matteo.quintiliani@ingv.it

Introduzione

Il reperibile informatico per i sistemi di Analisi Dati della Sala Operativa di Roma (Reperibile ADS) è una figura che interviene su richiesta dei funzionari, dei turnisti o di altri reperibili in servizio, al fine di risolvere tempestivamente possibili malfunzionamenti ai sistemi di Sala Operativa che pregiudichino il funzionamento dei Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami.

In particolare, sulla base di quanto riportato nel mansionario, il Reperibile ADS viene chiamato se si evidenziano criticità nel funzionamento:

- dei sistemi *software* di localizzazione automatica per la sorveglianza sismica e l'allerta tsunami;
- dei *database* e ai servizi di archiviazione degli eventi sismici;
- dei sistemi *software* di revisione interattiva degli eventi sismici utilizzati dal Turnista sismologo e da quello preposto per l'allerta tsunami;
- dei sistemi di messaggistica e dei servizi di distribuzione in tempo reale dei parametri e dei prodotti relativi ad eventi sismici, sia verso il Dipartimento di Protezione Civile (DPC) che verso il pubblico, in particolare alle comunicazioni tramite *e-mail*, SMS, *webservices*, sistemi di comunicazione punto-punto nell'ambito dell'allerta tsunami e all'aggiornamento automatico del sito *web* "Lista terremoti¹⁰⁹" e dell'*account* ufficiale INGVterremoti su Twitter.

Il Reperibile ADS può essere chiamato anche qualora si ritenga necessario informarlo di altri tipi di criticità in corso che potrebbero potenzialmente pregiudicare nell'immediatezza i Servizi di Sorveglianza e Allerta Tsunami. Inoltre, il Reperibile ADS viene avvisato in caso di emergenza sismica e/o allerta tsunami.

Regole per il reclutamento

Per poter partecipare alle turnazioni del Reperibile ADS sono state stabilite delle regole per il reclutamento del personale.

Ogni dipendente della sede di Roma avente competenze informatiche a tempo indeterminato o determinato, inquadrato come CTER, Ricercatore o Tecnologo (III-II livello), può richiedere di partecipare al Servizio di Sorveglianza Sismica come Reperibile ADS previa autorizzazione del proprio Direttore di Sezione.

Per poter ricoprire la figura del Reperibile ADS è richiesto di partecipare ai cicli annuali di formazione per tale ruolo, essere partecipi e contribuire attivamente ad almeno uno dei progetti di sviluppo *software* e *hardware* per la Sala Operativa ed infine superare una verifica finale.

¹⁰⁹ <http://terremoti.ingv.it/>

Per quel che riguarda l'inserimento di nuovo personale nel ruolo di Reperibile ADS, il percorso formativo prevede:

1. la partecipazione al corso organizzato, di circa otto giornate, nel quale vengono spiegati i sistemi *software* e *hardware* per la Sorveglianza Sismica e l'Allerta Tsunami;
2. un affiancamento di due ore per ognuna delle tre figure presenti in Sala Operativa per poter osservare in prima persona le procedure seguite dai turnisti e come questi utilizzano operativamente gli strumenti *software* a loro disposizione;
3. la collaborazione attiva ad almeno un progetto di sviluppo *hardware* e *software* per la Sala Operativa.

Successivamente a questa fase di formazione viene effettuata una verifica dell'idoneità all'inserimento nei turni da parte dei reperibili ADS "Senior" con il contributo del Servizio di Supporto nella gestione dei Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami. Passata con esito positivo questa verifica, si ha la possibilità di entrare nelle turnazioni in qualità di reperibile ADS "Junior". Le turnazioni dei reperibili ADS si articolano sui due ruoli "Primo" e "Secondo" (ADS1 e ADS2), i quali in coppia si supportano a vicenda durante lo svolgimento del turno. Generalmente sono assegnati in base ai profili determinati dall'esperienza, "Junior" e "Senior", generalmente il ruolo di "Secondo" è sempre coperto da un reperibile sufficiente esperto.

Organizzazione del corso

Durante il periodo del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", dal dicembre 2017 al dicembre 2020, sono stati tenuti tre corsi per la formazione dei reperibili ADS: uno a marzo-aprile 2018, uno a maggio-giugno 2019 (Figura 1) ed uno tra novembre 2019 e marzo 2020 (Figura 2). Durante i corsi sono stati compilati dei registri per poter tenere traccia delle ore di docenza svolta e delle presenze dei discenti.

Tutte le documentazioni dei progetti e delle *Best Practices* presentate durante i corsi di formazione tenuti in questi anni per la figura del Reperibile ADS, sono riportate in apposite sezioni Wiki¹¹⁰ della piattaforma GitLab¹¹¹ della sede INGV di Roma, accessibili previa autorizzazione.

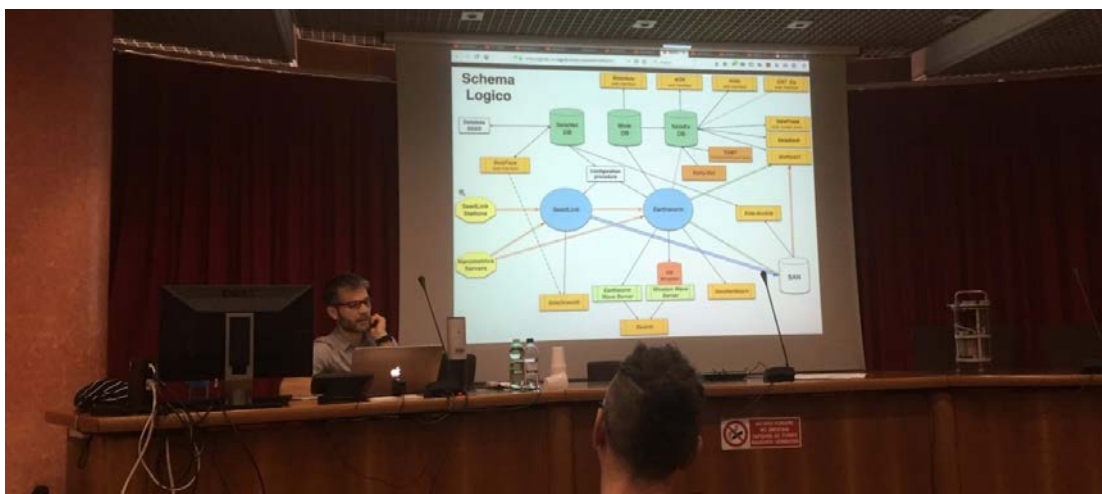


Figura 1 Giornata di corso per i reperibili informatici ADS del 14 maggio 2019.

¹¹⁰ <https://gitlab.rm.ingv.it/uf/doc/-/wikis/reperibile/home>

¹¹¹ <https://gitlab.rm.ingv.it/uf/doc/-/wikis/reperibile/bestpractices>

I corsi sono tenuti avendo sempre a mente che i principali compiti del reperibile ADS sono quelli di diagnosticare e risolvere problemi che potrebbero pregiudicare i Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami, di anticipare l'insorgere di problemi tecnici e di supportare i turnisti sismologi e i turnisti CAT nella corretta gestione del *software* di Sala. In caso di chiamata, è il "Primo" reperibile ADS ad intervenire tempestivamente in base alle seguenti linee guida:

- fare riferimento ad una procedura analoga al *Triage*¹¹² di un Pronto Soccorso;
- far esporre chiaramente il problema dal chiamante;
- fare qualche domanda generale per diagnosticare, in prima battuta, in quale ambito ricade il problema;
- determinare Importanza e Urgenza in base alla Matrice di *Eisenhower*¹¹³;
- ipotizzare possibili soluzioni preliminari;
- valutare se il problema pregiudica il funzionamento dei Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami;
- valutare se è possibile intervenire telematicamente da remoto oppure se sia necessario recarsi in sede;
- riportare per iscritto gli elementi dell'intervento e tenere traccia della sua evoluzione.

Se necessario o se la situazione è eccessivamente critica, il "Primo" Reperibile richiede la collaborazione del "Secondo" Reperibile ed infine eventualmente il supporto degli altri reperibili o dei responsabili dei servizi tramite invio di e-mail, utilizzo della piattaforma GitLab oppure comunicazione diretta, telefonica o chat di gruppo dedicate.

Indice dei contenuti del corso di formazione per reperibili ADS

Requisiti propedeutici per diventare reperibili ADS:

- Conoscenze generali
 - Nozioni sul funzionamento di Reti Informatiche e VPN.
 - Funzionamento di *Earthworm*.
 - Funzionamento di *SeedLink*. Manuale SEED, *Channel Naming*.
 - Linguaggi di programmazione.
- Competenze tecniche informatiche:
 - Utilizzo di GitLab, git, ssh, mysql, comandi base shell linux (bash), docker

Regolamenti di riferimento:

- Accordi Dipartimento di Protezione Civile e INGV 2019.
- Allegato A. Accordo-Quadro decennale 2012-2021.
- Accordi sindacali 11/472017 protocollo INGV n. 4726 del 12/04/2017.
- Mansionario e Best Practices del Reperibile ADS.

Panoramica sistemi e *software* per il Servizio di Sorveglianza Sismica:

- Introduzione: cosa sono i terremoti e cosa fanno i turnisti in Sala
- SeisFace: gestione delle modifiche alla Rete Sismica
- SeedLink: acquisizione dati sismici
- SeisGram2K: visualizzazione segnali sismici e mareografici

¹¹² <https://it.wikipedia.org/wiki/Triage>

¹¹³ <https://www.iwolm.com/blog/come-definire-le-priorita-usando-la-matrice-di-eisenhower/>

- Swarm¹¹⁴: visualizzazione dati sismici
- Nmxptool: acquisizione dati *nanometrics* [Quintiliani, 2007]
- SeisNetWatch: monitoraggio stazioni sismiche¹¹⁵
- Sistema *Earthworm*: sistema di localizzazione automatica¹¹⁶
- SeisPress: comunicazioni automatiche di eventi sismici
- Strumenti di Sala Operativa:
- SisPick!: revisione e localizzazione manuale [Bono, 2008]
- Seisbook: agenda eventi sismici [Bono et al., 2016]
- Report, Print, SMS, e-mail, Telegram, Twitter
- *Database Mole* [Quintiliani and Pintore, 2013]
- *mysql client*
- Locations: sito *web* interno per la visualizzazione di dettaglio dei diversi sistemi di localizzazione.
- MIND: sito *web* pubblicazione eventi sismici per DPC
- Sito *web* pubblico degli eventi sismici: <http://terremoti.ingv.it> (osiride.int.ingv.it)
- Jabba e Osiride. *web* and *WebServices Deployment*: http://terremoti.ingv.it/webservices_and_software
- *fdsnws/station*: StationXML
- *fdsnws/event*: QuakeML
- *fdsnws/dataselect*: DataSelect
- EIDA e altri servizi
- *WebServices*: webservices.ingv.it / internal.int.ingv.it / jabba.int.ingv.it
- ShakeMap

Panoramica sistemi e *software* per il Servizio di Allerta Tsunami (CAT):

- Introduzione: cosa sono gli Tsunami e cosa fanno i turnisti in Sala
- Server RabbitMQ
- RabbitMQ Tutorials¹¹⁷
- Panoramica del sistema informativo del Centro Allerta Tsunami - CAT - Protocollo Messaggi e Interfaccia JET [Bono et al., 2019]
- *Database* Tsunami e Tsunamiface
- Dragosauro: creazione dei messaggi di allerta: controllo del funzionamento
- TigerX: catcom - meteoam: invio/ricezione dei messaggi
- Il flusso dei dati di livello del mare. Rete ISPRA e altre reti
- Altri strumenti a disposizione del Turnista CAT

Panoramica sistemi e *hardware* della Sala Operativa:

- Macchine virtuali, sistema VMWARE
- *Storage* Isilon
- Nagios: Diagnostica
- Funzionamento, a livello di rete, del CED di Sala
- Rundeck INGV
- INGV-Reporter
- *Video wall* Sala Sismica

¹¹⁴ <https://volcanoes.usgs.gov/software/swarm/index.shtml>

¹¹⁵ <https://isti.com/products/seisnetwatch/>

¹¹⁶ <https://www.isti.com/products-offerings/earthworm>

¹¹⁷ <https://www.rabbitmq.com/getstarted.html>



Figura 2 Giornata di corso per i reperibili informatici ADS del 2 marzo 2020.

Ringraziamenti

Grazie a Concetta Nostro che, come responsabile del Servizio di Supporto nella gestione dei Servizi di Sorveglianza Sismica e di Allerta Tsunami, ha contribuito all'organizzazione dei corsi. Ai colleghi che partecipano alla reperibilità ADS e a quelli che hanno seguito i corsi: Massimo Fares, Adriano Azzarone, Maria Concetta Lorenzino, Ivano Carluccio, Emiliano Della Bina, Stefano Farroni, Sergio Bruni, Massimiliano Vallocchia e Peter Danecek. Infine un ringraziamento ad Anna Nardi per i preziosi consigli nella revisione di questo scritto.

Bibliografia

- Bono A, (2008). *SisPick! 2.0 Sistema interattivo per l'interpretazione di segnali sismici. Manuale utente*. Rapp. Tec. INGV, 59: 1-39.
- Bono A., Pintore S., e Lauciani V., (2019). *JET Java Estimate Tsunami. Sistema di analisi interattiva di mareogrammi per il Centro Allerta Tsunami*. Rapp. Tec. INGV, 408: 1-18.
- Bono A., Pintore S., e Marocci C., (2016). *Seisbook: il sistema di gestione per l'archivio degli eventi sismici della Sala Operativa INGV di Roma*. Rapporti Tecnici INGV, 357.
- Quintiliani M. (2007). *libnmxp e nmxptool: Software Open-Source per trasmissioni dati sismici Nanometrics*. Rapp. Tec. INGV, 51: 1-27.
- Quintiliani M., and Pintore S., (2013). *Mole: An Open Near Real-Time Database-Centric Earthworm Subsystem*. Seismol. Res. Let. 84 (4): 695–701. doi: <https://doi.org/10.1785/0220120066>.

La condivisione di esperienza e conoscenza nel percorso formativo dei Turnisti dell'Osservatorio Etneo

Pietro Bonfanti, Ornella Cocina, Rosa Anna Corsaro

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

Autore corrispondente: pietro.bonfanti@ingv.it

Introduzione

Nel quadro delle attività del WP4 "Formazione del personale delle Sale Operative" del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" sono stati progettati e realizzati dei corsi di formazione per il Personale Turnista della Sala Operativa dell'Osservatorio Etneo (OE), il cui scopo è stato fondamentalmente quello di: i) migliorare le conoscenze necessarie ad ottimizzare le procedure di Sala, ii) standardizzare le procedure, iii) incrementare l'interazione tra le sale (OE, ONT e OV) dell'INGV [Cocina et al., 2020]. In particolare, nel corso del 2019 sono stati svolti due corsi di formazione: uno ad aprile per 6 nuovi turnisti e uno a giugno per 10 turnisti che sono stati abilitati a svolgere le funzioni di "Turnista sismologo".

In vista poi dell'applicazione del nuovo Allegato A dell'AQ DPC-INGV 2012-2021, a gennaio 2020 si è reso necessario portare a compimento il percorso formativo del Personale Turnista, già iniziato nei mesi precedenti. La novità principale della struttura del corso è stata quella di avere affrontato, per la prima volta, in modo organico e completo l'intero percorso formativo, introducendo anche una formazione più strettamente vulcanologica. In precedenza, infatti, gli interventi formativi erano stati a carattere frammentario e per piccoli gruppi. In particolare, la formazione ha riguardato i concetti teorici di base delle varie discipline che contribuiscono alle attività di sorveglianza dei vulcani siciliani, le procedure di Sala, l'uso dei *software* a disposizione dei turnisti [Aliotta et al., 2010; Cassisi et al., 2015; 2016], le esercitazioni di localizzazione ipocentrale, il riconoscimento dei vari tipi di attività dei vulcani siciliani, attraverso gli strumenti disponibili in Sala Operativa. L'obiettivo principale del corso di formazione è stato quello di uniformare le conoscenze di base del personale, necessarie allo svolgimento dei turni nella Sala Operativa dell'OE, attraverso la condivisione di conoscenze ed esperienze. In generale, gli argomenti trattati e il loro livello di approfondimento sono stati scelti tenendo conto anche della preparazione di base del Personale Turnista, la cui formazione è estremamente eterogenea. I corsi, obbligatori per tutto il Personale Turnista, sono stati articolati in lezioni frontali ed esercitazioni su tematiche connesse con le attività di sorveglianza che si svolgono nella Sala Operativa OE e si sono conclusi con una verifica dell'apprendimento finalizzata ad accertare il possesso delle conoscenze necessarie per l'espletamento dei turni di sorveglianza.

Al termine di questa fase di omogeneizzazione della formazione del Personale Turnista, svolta nell'ambito del Progetto, i corsi avranno carattere permanente e saranno svolti con cadenza almeno annuale per la formazione di nuovo personale e l'aggiornamento di quello già in turnazione.

Organizzazione durata e sede

Il corso, organizzato nel quadro delle già citate iniziative del WP4, si è svolto presso l'aula convegni dell'OE a Catania, dall'8 al 17 gennaio 2020 ed è stato replicato dal 21 al 29 gennaio 2020, in modo da minimizzare l'impatto sulle attività lavorative, consentire una migliore gestione

dei gruppi durante le esercitazioni, agevolare il compito dei docenti e facilitare la partecipazione dei corsisti. L'impegno complessivo per il corso e la sua replica è stato suddiviso in cinque giornate, dalle ore 9.00 alle 13.00.

Partecipanti

Il corso è stato rivolto agli attuali turnisti della Sala Operativa dell'OE e ad alcuni nuovi aspiranti turnisti. I partecipanti al corso sono stati complessivamente 68 (di cui 32 hanno partecipato alla replica): 53 uomini e 15 donne. L'età media dei corsisti è stata di 49 anni, con un minimo di 36 anni e un massimo di 65. Relativamente alla qualifica ricoperta risultano così distribuiti: 6 corsisti sono primi ricercatori, 1 primo tecnologo, 26 ricercatori, 15 tecnologi, 17 CTER e 3 OTER.

Alle lezioni frontali hanno partecipato tutti. Alle esercitazioni vulcanologiche hanno partecipato i turnisti che non svolgono funzione di Funzionario Vulcanologo e alle esercitazioni sismologiche i turnisti che non svolgono funzione di Funzionario sismologo o di Turnista sismologo di Sala Operativa. Alle sole lezioni frontali del corso hanno anche partecipato 8 aspiranti nuovi turnisti, la cui formazione verrà completata con esercitazioni pratiche più approfondite e con un successivo periodo di affiancamento prima del loro effettivo impiego nelle turnazioni.

Docenti, metodologia e materiali didattici

Le lezioni sono state tenute seguendo la metodologia dell'educazione non formale, caratterizzata dalla partecipazione attiva dei partecipanti e improntata allo sviluppo professionale dei discenti. Il corso è stato articolato in lezioni frontali e esercitazioni, che hanno avuto per oggetto le tematiche connesse con le attività di sorveglianza che si svolgono nella Sala Operativa dell'OE e si è concluso con una verifica dell'apprendimento volta ad accertare il possesso delle conoscenze necessarie per l'espletamento dei turni di sorveglianza in Sala Operativa.

Hanno partecipato al percorso di condivisione di esperienza e conoscenza come docenti dei corsi o Tutor delle esercitazioni, 29 colleghi di comprovata esperienza: 7 primi ricercatori, 1 primo tecnologo, 15 ricercatori, 5 tecnologi, 1 CTER IV livello. Il programma dei corsi è stato strutturato in modo da approfondire, nella prima parte, le basi teoriche delle discipline che costituiscono i fondamenti scientifici del monitoraggio. Nella seconda parte, si è dato spazio alla descrizione degli strumenti e delle reti per il monitoraggio e la sorveglianza delle aree di competenza dell'OE. Una parte rilevante della formazione ha riguardato l'analisi delle procedure di Sala Operativa e gli strumenti *software* a disposizione dei turnisti nella Sala Operativa dell'OE. Infine, in due diverse giornate, sono state svolte le esercitazioni per il riconoscimento e la localizzazione dei segnali sismici e quelle per l'identificazione delle diverse tipologie di attività vulcanica all'Etna e allo Stromboli.

Di seguito sono riportati i principali argomenti trattati durante i corsi:

Elementi di Vulcanologia

- Cenni di geodinamica
- Attività vulcanica nelle aree monitorate dall'OE
- Prodotti dell'attività vulcanica
- Geochemica dei gas vulcanici

Elementi di Geofisica

- Cenni di sismologia: i segnali sismici e infrasonici registrati nelle aree vulcaniche siciliane
- Sismicità nelle aree monitorate dall'OE. Sismicità storica e recente

Geodesia
Gravimetria
Magnetismo

Gli strumenti per il monitoraggio e la sorveglianza

Monitoraggio sismico e infrasonico
Monitoraggio vulcanologico - Telecamere termiche
Monitoraggio vulcanologico - Gas vulcanici
Monitoraggio vulcanologico - Ceneri
Monitoraggio vulcanologico - Satellitare
Monitoraggio geodetico
Monitoraggio gravimetrico
Monitoraggio magnetico
Monitoraggio vulcanico per la sicurezza dell'aviazione

Attività di Sala Operativa

Procedure di Sala Operativa
Strumenti a disposizione dei turnisti in Sala Operativa

Esercitazioni di Sismologia

Riconoscimento delle principali fenomenologie sismiche osservabili in Sala Operativa
Esercitazioni sismologiche di localizzazione ipocentrale

Esercitazioni di Vulcanologia

Riconoscimento dei vari tipi di attività dei vulcani siciliani attraverso gli strumenti disponibili in Sala Operativa

Tutti i docenti e i tutors delle esercitazioni hanno fornito il materiale delle lezioni, che è stato messo a disposizione dei corsisti. Tale archivio costituisce un patrimonio didattico prezioso, che in futuro potrà essere aggiornato in funzione del progredire delle conoscenze, delle tecnologie e delle procedure in uso in Sala Operativa. Il materiale resterà nella costante disponibilità di chiunque volesse utilizzarlo per chiarire dei dubbi o ripassare concetti e procedure acquisiti durante il corso.

Verifica Finale

La verifica finale è consistita nella somministrazione ai partecipanti al corso di un test a risposta multipla e nell'esecuzione di una serie di localizzazioni ipocentrali. I test a risposta multipla erano costituiti da una batteria di 20 domande relative ai principali argomenti affrontati durante le lezioni frontali e le esercitazioni (vulcanologia, geofisica e procedure di sala). Il test era considerato superato con un minimo di 16 risposte esatte su 20 (pari all'80% del totale). Dal test sono stati esentati gli scriventi, in quanto estensori della verifica. Naturalmente, le domande dei test somministrati nel corso delle due verifiche sono state diverse, assicurando comunque criteri di distribuzione delle difficoltà, equilibrati tra le due prove. In Tabella 1, nel dettaglio, l'esito dei test a risposta multipla.

	Verifica 17 gennaio		Verifica 29 gennaio		Totale	
	numero	%	numero	%	numero	%
Test con 20/20 risposte esatte	24	68.6	11	36.7	35	53.8
Test con 19/20 risposte esatte	9	25.7	14	46.7	23	35.4
Test con 18/20 risposte esatte	1	2.9	4	13.3	5	7.7
Test con 17/20 risposte esatte	1	2.9	1	3.3	2	3.1
	35	100.0	30	100.0	65	100.0

Tabella 1 Numero di errori commessi per ogni domanda in ciascuna delle due verifiche e in totale e relative percentuali.

Si noti come il 54% dei candidati abbia risposto correttamente a tutte le domande proposte nei test a risposta multipla. Le verifiche di localizzazione ipocentrale (solo per coloro i quali hanno seguito le esercitazioni sismologiche) sono avvenute in presenza di una commissione esaminatrice costituita da 4 esperti, scelti tra i *tutor* delle esercitazioni sismologiche. Ciascun candidato ha effettuato una serie di localizzazioni ipocentrali di terremoti, appartenenti ad un *dataset* di forme d'onda rappresentativo di alcuni casi tipici in area vulcanica. Hanno terminato il corso, superando la verifica finale, 65 candidati su 65. L'analisi approfondita degli errori commessi nei test a risposta multipla e nelle verifiche di localizzazione ipocentrale, ha consentito di evidenziare alcune minori criticità nella conoscenza delle procedure di Sala e nelle tecniche di localizzazione, che saranno preziose per il miglioramento dei manuali, per l'attuazione delle procedure di Sala e per programmare eventuali approfondimenti su argomenti specifici.

Debriefing dei corsi e questionario di soddisfazione finale

L'obiettivo principale della fase di *debriefing* nelle attività di formazione, è quello di commentare in modo costruttivo, con docenti e partecipanti, i risultati delle verifiche e valutare/discutere insieme le criticità emerse, sia riguardo lo svolgimento del corso sia nell'applicazione delle procedure di Sala.

Purtroppo, a seguito dell'emanazione delle "Indicazioni operative per contenimento e gestione COVID-19", il *debriefing* del corso, inizialmente programmato per il 3 marzo, non ha potuto aver luogo. Non essendo in grado di prevedere quando e come tale incontro si sarebbe potuto svolgere, abbiamo ritenuto utile fornire ai partecipanti delle sintetiche indicazioni sullo svolgimento e l'esito dei corsi. Abbiamo inoltre, inviato ai partecipanti un breve documento contenente le risposte esatte per ciascuno dei due test a risposta multipla, effettuati nel corso delle verifiche finali. Si è anche realizzato un questionario di soddisfazione finale, utilizzando la piattaforma informatica LimeSurvey un applicativo distribuito con licenza GNU GPL versione 2, scritto in PHP e basato su *database* MySQL, PostgreSQL o MSSQL. LimeSurvey permette la realizzazione dei questionari e sondaggi *online*, senza richiedere particolari conoscenze di programmazione, consente la somministrazione in forma anonima ed è in grado di generare automaticamente i risultati e le statistiche sulle risposte fornite dai partecipanti.

In sintesi, il questionario di 20 domande articolate in sette sezioni, è stato ideato allo scopo di ottenere un giudizio complessivo (con una valutazione da 1 a 5) su:

- grado di soddisfazione generale;
- utilità complessiva dei corsi rispetto alle aspettative e agli obiettivi prefissati;
- interesse e partecipazione alle attività formative;
- attività didattiche;
- competenze e disponibilità dei docenti;
- adeguatezza e qualità del materiale didattico;
- adeguatezza delle verifiche finali rispetto ai contenuti del corso.

Anche in questo caso, purtroppo, gli avvenimenti legati alla diffusione del virus COVID-19, con il conseguente ricorso al lavoro agile come modalità ordinaria di servizio, non hanno reso tecnicamente fattibile la somministrazione del test. L'esito del questionario di soddisfazione finale sarà quindi oggetto di una analisi successiva; le criticità che emergeranno dall'analisi dei risultati del questionario saranno, anche in questo caso, estremamente utili per la progettazione e lo svolgimento dei futuri corsi di aggiornamento e di formazione dei nuovi Turnisti.

Ringraziamenti

Gli Autori sono particolarmente grati a tutti i colleghi che hanno partecipato al percorso di condivisione di esperienza e di conoscenza come docenti dei corsi o *Tutor* delle esercitazioni: S. Alparone, B. Behncke, A. Bonforte, M. Coltelli, S. D'Amico S. Di Prima, S. Falsaperla, F. Ferrari, S. Gambino, G. Ganci, S. Giammanco, E. Giampiccolo, F. Greco, H. Langer, L. Lodato, V. Maiolino, P. Montalto, C. Musumeci, R. Napoli, M. Neri, E. Pecora, G. Salerno, M. Sciotto, S. Scollo, S. Spampinato, T. Tuvè, A. Ursino.

Bibliografia

- Aliotta M., Montalto P., Prestifilippo M., Cannata A., D'Agostino M., Ferrari F., e Torrisi O., (2010). *Banca dati per la gestione delle reti strumentali in dotazione all'INGV - Sezione di Catania: dalla progettazione concettuale al software applicativo*. Rapp. Tec. INGV, 153: 1-26.
- Cassisi C., Montalto P., Aliotta M., Cannata A., Prestifilippo M., (2015). *TSDSystem: un database multidisciplinare per la gestione di serie temporali*. Rapp. Tec. INGV, 304: 1-34.
- Cassisi C., Montalto P., Aliotta M., Amore M., Cannavò F., D'Agostino M., La Via M., Mangiagli S., Prestifilippo M., Rossi M, Saraceno B., Torrisi O., (2016). *Sistema integrato per la gestione dell'attività di sorveglianza sismo-vulcanica presso la Sala Operativa INGV della Sezione di Catania - Osservatorio Etno*. Rapp. Tec. INGV, 338: 1-40.
- Cocina O., Nostro C., Castellano M., Bonfanti P., Corsaro R. A., Crescimbene M., De Cesare W., Di Mauro D., La Longa F., Nardi A., Pizzino L., Ricciolino P., (2020). *La formazione del Personale delle Sale Operative INGV*. Misc. INGV, questo volume.
- Montalto P., Aliotta M., Cassisi C., Cannata A., (2013). *SeismicOffice, una suite software per l'analisi e la gestione dei dati sismici*. Rapp. Tec. INGV, 248: 1-30.

Cambiamenti tecnologici e fattore umano: specifiche necessità degli Operatori di Sala

Gala Avvisati e Francesca Cirillo

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

Autore corrispondente: gala.avvisati@ingv.it

Introduzione

Nell'ambito del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro", si è ritenuto indispensabile identificare eventuali criticità connesse all'utilizzo in Sala dei nuovi *software* attraverso un questionario costruito *ad hoc*, privilegiando l'aspetto umano degli Operatori di Sala (turnisti e reperibili). Un tale approccio consente di realizzare un sistema che, oltre a basarsi sulle tecnologie in progress (quali sviluppo di sistemi in *cloud* per il *backup* ed il *disaster recovery* delle tre Sale Operative dell'ONT, dell'OV e dell'OE), possa soddisfare a pieno le esigenze di chi lavora in Sala.

In letteratura esistono alcuni lavori su "osservatori vulcanologici"; un'ottima sintesi dell'analisi è quella fornita da Pallister [Pallister et al., 2019; e referenze incluse] che racchiude le *best practices* da adottare nell'ambito degli osservatori vulcanologici. Esse sono state definite grazie a seminari a cui hanno contribuito rappresentanti di molti osservatori vulcanologici del mondo per condividere informazioni sul funzionamento dei loro istituti. Non esistono invece lavori in cui si chiede agli operatori delle Sale Operative quali siano i loro bisogni e le loro esigenze riguardo gli strumenti che gli vengono forniti. Pertanto, in questo lavoro, ci si è concentrati proprio sull'aspetto umano degli operatori di Sala, concordando sul fatto che le strutture più efficienti sono quelle che riescono a mantenere un clima interno sereno, partecipativo e soddisfacente [Spagnoli et al., 2019; e referenze incluse].

Lo strumento d'indagine usato è stato un questionario somministrato *on-line* con un modulo Google. I destinatari sono stati gli operatori della Sala di Monitoraggio dell'OV di cui: 51 turnisti tra tecnici e ricercatori, oltre a 3 reperibili vulcanologi e 1 reperibile sismologo che non svolgono turni, per un totale di 55 operatori le cui generalità sono rimaste anonime. Tale questionario è composto da 24 domande di cui: una parte di quelle chiuse sono state costruite secondo una scala Likert [Likert, 1932] di accordo/disaccordo a 5 punti, altre domande sono a scelta multipla e solo una è a risposta aperta. Pertanto, alla fine si è optato per un metodo di analisi sia quantitativo che qualitativo [Avvisati et al., comunicazione personale; Ritchie et al., 2013].

Per la costruzione del questionario sono stati individuati i principali items atti a comprendere qualunque criticità che possa emergere dalle attuali operazioni quotidiane che si compiono durante un turno in Sala indagando sulla: 1) semplicità e fruibilità dei *software* e strumentazione; 2) qualità della documentazione/manualistica e comprensione delle linee guida; 3) conoscenza di alcune nozioni e azioni da compiere; 4) autovalutazione relativa alla formazione ed informazione ricevuta per le attività in Sala.

In relazione al punto 1, il *software* su cui si è posta maggiore attenzione è WESSEL, il nuovo portale *web* per l'accesso ai *database* sismologici dell'OV, parzialmente sviluppato nell'ambito del progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" [Peluso 2020; Peluso et al., 2020]. Tale *software* si pone come obiettivo la possibilità di gestire, da un unico punto di accesso, tutte le operazioni relative alle localizzazioni e all'inserimento degli eventi sismici sul DB; ancora in via di sviluppo, è già in grado di offrire alcune delle funzionalità previste.

In relazione al punto 2, ci si riferisce alle "Linee Guida per il Personale Turnista e Personale Reperibile" con le quali l'INGV, sulla base di quanto previsto dall'Allegato A dell'Accordo Quadro

con il DPC, definisce procedure e modalità d'intervento per le diverse figure che operano per assicurare la sorveglianza delle aree vulcaniche; al manuale delle procedure operative [Cirillo e Peluso, 2020b; c]; al manuale di supporto alla gestione degli eventi sismici [Cirillo e Peluso, 2020a; c] che contiene tutte le informazioni utili per il corretto utilizzo dei due sistemi WESSEL e WinPick [Giudicepietro et al., 2000].

Risultati

Dei 55 operatori a cui è stato inviato il questionario, hanno risposto in 41. Sulla base degli *items* scelti per la costruzione del questionario, i risultati possono essere raggruppati nelle seguenti 4 categorie:

1. Software e strumentazione

Il sistema WESSEL è nel complesso percepito in maniera positiva. Nello specifico è ritenuto vantaggioso (4 nella scala Likert), ma un po' meno semplice e fruibile (3 nella scala Likert). Tra le funzionalità eventualmente da introdurre nel sistema WESSEL quelle connesse ai comunicati e cioè "creazione assistita" e "invio assistito" sono le più richieste, seguite dalla "localizzazione integrata degli eventi", mentre meno richieste sono state le opzioni "ricerca eventi per data/magnitudo/posizione/ecc."; "download delle forme d'onda relative agli eventi"; "spettri e spettrogrammi delle forme d'onda".

La "stima magnitudo durata con WebPick", la "modifica eventi nel database"; la "cancellazione eventi dal database" sono funzionalità ritenute mediamente adeguate (3 nella scala Likert), mentre l'"inserimento di eventi nel database" è una funzionalità che viene ritenuta particolarmente utile (4 nella scala Likert). Inoltre, il 36,6% dei rispondenti ritengono utile (4 sulla scala Likert) avere a disposizione delle FAQ.

In generale gli operatori di Sala valutano gli strumenti a disposizione del Turnista, necessari al loro lavoro come turnisti, piuttosto "semplici" (4 sulla scala Likert) e mediamente "sufficienti" ed "efficaci" (3 sulla scala Likert).

Alla domanda relativa alla comunicazione tra le Sale Operative, il "telefono" è risultato essere lo strumento preferito per la comunicazione (80,5%), seguito da sistemi di "instant messaging" (39%), dalle e-mail (31,7%) ed in ultimo dalla "videoconferenza" (17,1%).

2. Linee Guida, Manuali

Per quanto riguarda l'utilità, la comprensibilità e l'eshaustività delle Linee Guida [Cirillo and Peluso, 2020c], tra coloro che li hanno letti, la Figura 1 mostra un giudizio prevalentemente positivo (4-5 della scala Likert).

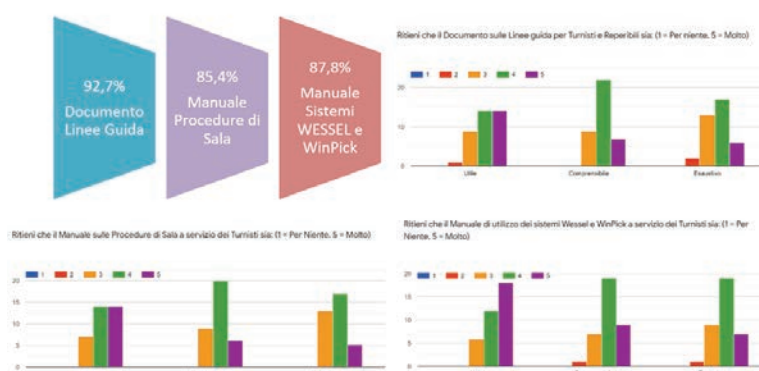


Figura 1 Percentuale di operatori che ha letto la Documentazione/Manualistica e Valutazione espressa.

3. Conoscenza

Alla domanda relativa alla “Conoscenza della soglia di magnitudo per l'emissione del comunicato per eventi sismici”, tra i rispondenti hanno risposto correttamente il 78% per il Vesuvio, il 92,7% per Campi Flegrei ed Ischia.

Alla domanda “Chi occorre avvertire in caso di eventi sopra soglia o significativi” il 97,6% degli operatori risponde correttamente “Direttore di Sezione”, mentre solo il 70,7% ha correttamente indicato anche il “Reperibile Sismologo”.

4. Autovalutazione sulla formazione, informazione

Alle due domande relative alla “autovalutazione sulla formazione e informazione ricevuta per svolgere l'attività di turnazione in Sala” si evidenzia che, in entrambi i casi, oltre il 60% degli intervistati ritiene di essere da mediamente soddisfatto, a molto soddisfatto (da 3 a 5 della scala Likert). Altrettanto evidente è la volontà da parte degli Operatori di Sala di ricevere maggiore formazione e informazione per svolgere la loro attività di turnazione di Sala (1-2 della scala Likert).

Domanda aperta

“Dal tuo punto di vista cosa dovrebbe essere fatto per migliorare l'attività lavorativa in Sala?”. Questa domanda aperta ha ricevuto numerosi commenti che abbiamo sintetizzato e raggruppato in due dei quattro items precedentemente presentati e sui quali sono state fatte maggiori richieste:

- *software e strumenti*: automatizzazione delle procedure di *picking*, della magnitudo e dei comunicati; avere lo spettrogramma o il segnale filtrato visibile; evitare inserimento in WESSEL di eventi con magnitudo sotto 0.5; non far scattare l'allarme per eventi di Stromboli; ripristino *Videowall*¹¹⁸ in Sala; manutenzione e potenziamento telecamere Pisciarelli; distributore di acqua in Sala, introduzione componenti orizzontali su monitor in Sala per le stazioni più significative; introduzione spettrogramma in tempo reale; condivisione dei criteri di disposizione delle stazioni visibili; abilitare una segreteria sulla linea 300 per evitare le numerose telefonate dall'esterno nel caso di eventi avvertiti anche dalla popolazione, che costituiscono un elemento di disturbo per le attività dei primi 5 e 30 minuti; trovare un'alternativa per la gestione delle “troppe” telefonate da fare nei primi 5 minuti in caso di evento sopra soglia; necessità di maggiore comunicazione e scambio di informazioni tra turnisti/reperibili; creare gruppi di esperti per la gestione delle emergenze; avere più tempo per l'inoltro del primo comunicato;
- autovalutazione relativa alla formazione ed informazione ricevuta per le attività in Sala: forte esigenza di ricevere maggiore formazione/informazione caratterizzata da aggiornamenti periodici nonché una più costante formazione basata su esercitazioni e simulazioni. Si evince anche la necessità di avere una formazione che non si soffermi unicamente sulla stima della magnitudo, ma che sia più ad ampio spettro (frequenze, meccanismi focali, energia, deformazioni, ecc.).

Discussione e conclusioni

Dall'analisi delle risposte sopra descritte in linea di massima, il personale coinvolto nelle attività di Sala è abbastanza soddisfatto dello sviluppo dei nuovi sistemi di Sala e della relativa manualistica, anche se pone l'accento sulla necessità di avere maggiore formazione e

¹¹⁸ Maxi schermo sui cui è possibile visualizzare in tempo reale la mappa dei terremoti che avvengono sui vulcani napoletani attivi.

aggiornamenti e di semplificare il processo di comunicazione in caso di eventi sopra soglia. Al fine di risolvere le criticità/necessità riscontrate e soddisfare i bisogni individuati si ritiene opportuno effettuare una seconda indagine, anche considerando le nuove modalità lavorative connesse allo *smartworking* dovute al COVID -19. Intanto di seguito si riportano alcune indicazioni che costituiscono le basi per la stesura delle future Linee Guida:

- in relazione al SW WESSEL, i risultati mostrano che è stato valutato positivamente e che si percepisce unicamente la necessità di una maggiore fruibilità del sistema. Si potrebbe, pertanto, proporre una nuova indagine per comprendere meglio le difficoltà incontrate, in maniera tale da poter apportare delle semplici modifiche all'interfaccia oppure intensificare la formazione mirata alle specifiche funzionalità.
- per quanto riguarda le funzionalità da implementare con maggiore urgenza, gli operatori hanno indicato quelle connesse ai Comunicati ("creazione assistita" e "invio assistito"), seguite dalla "Localizzazione integrata degli eventi". Sarebbe quindi opportuno tenere in considerazione tali esigenze in maniera da dare priorità allo sviluppo di questi moduli.
- relativamente alle richieste emerse nelle domande aperte, potrebbe essere utile avere un referente che costantemente raccolga le varie necessità e ne programmi le possibili soluzioni interfacciandosi, in funzione della richiesta, con i referenti dei relativi settori oltre che con il Direttore e con il Responsabile di Sala. In questo modo probabilmente gli operatori si sentirebbero maggiormente coinvolti e sarebbero anche più propensi ad offrire il proprio contributo per il miglioramento del lavoro in Sala.
- per quanto concerne il tema degli strumenti di "comunicazione":
 - Bisognerebbe innanzitutto prendere in considerazione la richiesta degli operatori di gestire in maniera differente le chiamate che arrivano in Sala subito dopo un evento avvertito dalla popolazione. Una cattiva gestione di tale criticità potrebbe portare a due conseguenze negative:
 1. per gestire contemporaneamente le chiamate esterne e le attività previste, soprattutto nei primi 5 e/o 30 minuti dall'evento, si potrebbero commettere errori nella valutazione dell'evento, dovuti all'elemento di disturbo esterno (comunque importante da gestire).
 2. nel caso in cui si risponda alle telefonate (con un evento appena occorso e con in atto la sequenza delle azioni previste dall'Allegato A dell'Accordo Quadro DPC-INGV) si rischia di non riuscire a gestire con calma e professionalità la chiamata o magari, semplicemente, di non riuscire a fornire le informazioni richieste dal cittadino. Questo potrebbe esporre l'OV ad ingiuste ed evitabili critiche.
 - Sarebbe opportuno adoperare la videoconferenza per le comunicazioni tra le Sale (e non più solo telefonate ed e-mail). In questo modo, si otterrebbero tutti i vantaggi connessi ad un innovativo modo, non solo di comunicare, ma soprattutto di collaborare, anche nell'ottica di un'integrazione sempre più spinta che si intende stabilire tra le Sale Operative dell'INGV, non solo dal punto di vista strumentale ma, in questo caso, anche umano e sociale.
- Per soddisfare le richieste formative degli operatori di Sala, potrebbe essere utile associare alle sessioni teoriche vari laboratori pratici nonché delle sessioni di *role-play* formativo. Quest'ultima è una tecnica basata sulla simulazione, dove da un lato abbiamo chi svolge il ruolo di "attore" (ad esempio, nel nostro caso, il Turnista durante un evento sopra soglia) e dall'altro chi funge da "osservatore" dei contenuti e dei processi. Ciò consentirebbe una successiva analisi delle procedure seguite, delle dinamiche di collaborazione tra turnisti, delle modalità di esercizio dello specifico ruolo e, più in generale, dei processi di comunicazione nel contesto rappresentato. Le caratteristiche di questa tecnica forniscono molteplici stimoli all'apprendimento attraverso l'imitazione, l'azione, l'osservazione del comportamento degli altri e l'analisi dell'intero processo. In sintesi, l'ascolto unito all'agire

migliorano l'efficacia di quanto appreso. Inoltre, come richiesto dagli operatori di Sala, sarebbe opportuno che il processo formativo fosse caratterizzato da aggiornamenti periodici (per esempio con cadenza semestrale). Infine, come ulteriore strumento di supporto alla formazione si potrebbe creare un'area FAQ, che è risultata essere mediamente desiderata dagli operatori.

- Il "Documento sulle Linee Guida per Turnisti e Reperibili" e i due Manuali sulle Procedure di Sala e sull'utilizzo dei sistemi WESSEL e WinPick oggetto dell'indagine, rientrano a pieno titolo tra gli strumenti di supporto alla formazione. Come scritto nelle precedenti sezioni, tali documenti sono stati valutati in maniera positiva. Pertanto, si suggerisce di continuare su questa strada e quindi tenere aggiornati i manuali e magari renderli interattivi.

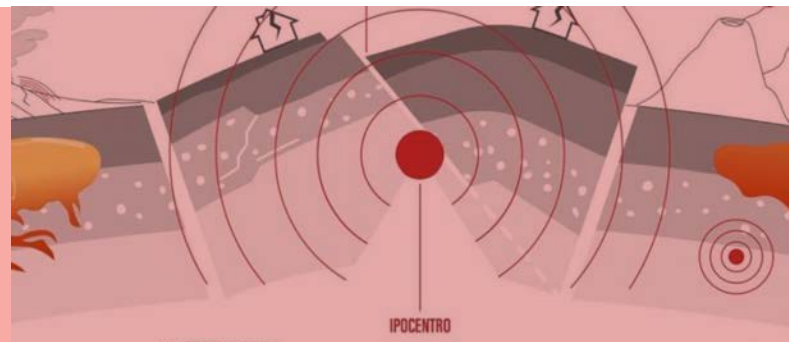
Ringraziamenti

Si ringrazia Rosario Peluso, responsabile della Sala Operativa OV per il supporto offerto sia in fase di definizione del Questionario che di Raccolta dei dati. Si ringrazia Enrica Marotta per gli utili consigli forniti in tutte le fasi di questo lavoro in qualità sia di Turnista che di Reperibile Vulcanologo. Si ringrazia Dario Delle Donne per aver partecipato in fase iniziale alla stesura del progetto libero.

Bibliografia

- Avvisati G., D'Addezio G., Fiorenza E., Marotta E., Nave R., Nappo V., Jannelli R. (2020). *Visitor studies applied to a temporary scientific event: the "INGV Open Day" case*. Quality and Quantitative Special Issue-QQ_Rome2019_LM, *oe*.
- Cirillo F., and Peluso R., (2020a). *Manuale di Supporto alla gestione degli eventi sismici presso la Sala Operativa dell'Osservatorio Vesuviano*. Rapp. Tec INGV, 424: 1-52.
- Cirillo F., and Peluso R., (2020b). *Procedure Operative per i Comunicati in uso presso la Sala di monitoraggio dell'INGV - Osservatorio Vesuviano*. Rapp. Tec. INGV, accepted.
- Cirillo F., Peluso R., (2020c). *Manualistica di riferimento per la Sala di Monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano: Procedure Operative per i Comunicati e Utilizzo del nuovo Software WESSEL*. Misc. INGV, questo volume.
- Giudicepietro F., De Cesare W., Martini M., Meglio V., (2000). *Il Sistema Sismometrico Modulare Integrato (SISMI), Osservatorio Vesuviano*. Open File Report n.6. <https://www.ov.ingv.it/ov/doc/ofr00006.pdf>.
- Likert R., (1932). *A technique for the measurement of the attitude*. Arch. Psychol. 140: 1-55
- Pallister J., Papale P., Eichelberger J., Newhall C., Mandeville C., Nakada S., Marzocchi W., Lughlin S., Jolly G., Ewert J., Selva J., (2019). *Volcano observatory best practices (VOBP) workshops - a summary of findings and best-practice recommendations*. J. Applied Volcanology, 8:2, <https://doi.org/10.1186/s13617-019-0082-8>.
- Peluso R., (2020). *Il database sismico SERENADE: un sistema REST per la gestione delle localizzazioni sismiche*. Misc. INGV, questo volume.
- Peluso R., Benincasa A., Cirillo F., Di Filippo A., Scarpato G., (2020). *Lo sviluppo dei nuovi sistemi integrati di Sala, il sistema WESSEL ed i suoi simbiotici*. Misc. INGV, questo volume.
- Ritchie J., Lewis J., Nicholls C.McN., Ormston R., (2013). *Qualitative Research Practice: a guide for social science students and research*. Sage, publication on line.
- Spagnoli P., Buono C., Hunstad I., Di Felice F., (2020). *Indagine sul Benessere Lavorativo presso l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell'anno 2019*. Misc. INGV, 53: 1-40..

WP5 - COMUNICAZIONE DEI PRODOTTI DELLE SALE AL PUBBLICO



Una delle finalità del progetto “S.O.I.R. monitoraggio futuro” è stata quella di rendere più omogenea la comunicazione dei prodotti delle Sale Operative INGV e migliorare la comunicazione al pubblico delle attività e dei prodotti delle Sale.

Per far questo, il WP5 ha lavorato su due livelli possibili di comunicazione: il primo ha avuto come obiettivo quello di fornire una descrizione esaustiva e comprensibile del funzionamento delle Sale Operative, del tipo di dati che vengono raccolti e delle elaborazioni che vengono effettuate. Questo tipo di comunicazione si è prefisso di informare i cittadini circa le modalità con cui i dati di monitoraggio vengono raccolti e analizzati, anche ai fini della sorveglianza. Per questo, sono state realizzate le infografiche che descrivono le Sale Operative INGV, le attività che in esse si svolgono e i dati che si raccolgono ai fini della sorveglianza.

Il secondo livello di comunicazione è invece relativo alla condivisione con il pubblico dei dati delle Sale Operative. In questo caso, l’oggetto della comunicazione sono stati i dati stessi e le elaborazioni che ne vengono fatte.

Per entrambi i livelli di comunicazione il WP5 ha lavorato alla riprogettazione condivisa dei 3 *blog* dipartimentali INGVterremoti, INGVvulcani, INGVambiente, nati per informare i cittadini sulle attività di monitoraggio e sorveglianza in cui le Sale Operative INGV sono direttamente coinvolte e sulle ricerche in corso.

Il WP5 ha anche collaborato alle attività di comunicazione dei contenuti e dei risultati del progetto sia verso l’interno che verso il pubblico.

Hanno coadiuvato nel lavoro di coordinamento la sottoscritta, responsabile del WP: Maurizio Pignone dell’Osservatorio Nazionale Terremoti, Marco Neri, Vincenza Maiolino, Boris Behncke e Ornella Cocina dell’Osservatorio Etneo, Mario Castellano e Maddalena De Lucia dell’Osservatorio Vesuviano, Emanuele Casarotti della Sezione di Roma 1, Lili Cafarella, Domenico Di Mauro e Barbara Angioni della Sezione di Roma 2, Micol Todesco della Sezione di Bologna.

Concetta Nostro

One of the aims of the project was to make the communication of the products of the INGV Control Rooms more homogeneous and to improve the communication to the public of their activities and products.

For this reason, WP5 worked on two possible levels of communication: the first aimed to provide an exhaustive and understandable description of the operation of the Control Rooms, the type of data that are collected and the processing that is carried out. This type of communication has the aim of informing citizens about the ways in which monitoring data are collected and analyzed, also for surveillance purposes. For this reason, infographics have been created that describe the INGV Control Rooms, the activities that take place in them and the data that is collected for surveillance purposes. The second level of communication, on the other hand, relates to sharing data from the Control Rooms with the public. In this case, the subject of the communication was the data itself and the processing that is made of it.

For both levels of communication, WP5 worked on the shared redesign of the 3 departmental blogs INGVterremoti, INGVvulcani, INGVambiente, created to inform citizens about the monitoring and surveillance activities in which the INGV Control Rooms are directly involved and on ongoing research. WP5 also collaborated in the activities of communication of the contents and results of the project both internally and towards the public.

Concetta Nostro coordinated the group with Maurizio Pignone (ONT), Marco Neri, Vincenza Maiolino, Boris Behncke and Ornella Cocina (OE), Mario Castellano and Maddalena De Lucia (OV), Emanuele Casarotti (Sezione di Roma 1), Lili Cafarella, Domenico Di Mauro and Barbara Angioni (Sezione di Roma 2), Micol Todesco (Sezione di Bologna).

Concetta Nostro

Progettazione e realizzazione di una nuova interfaccia di comunicazione per i *blog* INGVterremoti, INGVvulcani e INGVambiente

Maurizio Pignone¹, Lili Cafarella², Maddalena De Lucia³, Concetta Nostro¹, Emanuele Casarotti⁴, Marco Neri⁵, Boris Behncke⁵, Domenico Di Mauro², Barbara Angioni², Vincenzo Arena⁶

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 1, Italia

⁵Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

⁶To Effect Communication Agency, Italia

Autore corrispondente: maurizio.pignone@ingv.it

I *blog* INGVterremoti, INGVambiente, INGVvulcani

Nel 2012, a seguito della sequenza sismica in Emilia Romagna, l'INGV decise di migliorare la sua comunicazione sulla sismicità in corso creando un *blog* di informazione sui terremoti.

L'esigenza di avere un prodotto di immediato utilizzo orientò la scelta sulla piattaforma Wordpress¹¹⁹, così da poter sfruttare i vantaggi del *cloud* e di un *hosting* affidabile. In effetti, nei primi giorni di pubblicazione, il *blog* "INGVterremoti¹²⁰" (Figura 1) ebbe milioni di visualizzazioni di pagina senza nessuna interruzione del servizio.

Negli anni successivi il *blog* si è consolidato come punto di riferimento della comunicazione della ricerca sui terremoti e dell'informazione in emergenza sismica, arrivando a superare ventuno milioni di visualizzazioni di pagina con una media annua di oltre un milione di visualizzazioni.

Sulla scia del successo di INGVterremoti, nel 2018 sono stati aperti altri due *blog*, uno per ciascun Dipartimento, sulla stessa piattaforma: "INGVambiente¹²¹" e "INGVvulcani¹²²" (Figura 1), con le stesse modalità del primo anche se con finalità leggermente diverse.

In particolare il *blog* INGVambiente, che non offre informazioni legate alle emergenze e alla comunicazione delle stesse, ha come scopo principale la divulgazione di tematiche care al Dipartimento Ambiente con la pubblicazione regolare di un post a settimana.

In modo simile a INGVterremoti, il *blog* INGVvulcani pubblica articoli relativi allo stato di attività dei vulcani in Italia e nel mondo e approfondimenti sulla ricerca vulcanologica del Dipartimento Vulcani e sul monitoraggio vulcanico effettuato dall'Osservatorio Vesuviano e dall'Osservatorio Etneo. Grazie al continuo e tempestivo aggiornamento sull'attività in corso, è diventato riferimento costante per i cittadini dell'area napoletana, di quella etnea e delle Isole Eolie.

Nel 2012, per realizzare il *blog* INGVterremoti fu scelto un tema gratuito presente in Wordpress chiamato "Mystique", molto utilizzato in quel periodo. Il tema prevedeva un'interfaccia molto semplice che riportava in *homepage* gli ultimi articoli pubblicati in ordine cronologico. La pagina era completata da una serie di *widget* sul lato destro per interagire con i post pubblicati attraverso i *Tag* e le Categorie degli articoli e per i collegamenti a informazioni esterne (*feed*

¹¹⁹ www.wordpress.com

¹²⁰ <https://ingvterremoti.com/>

¹²¹ <https://ingvambiente.com/>

¹²² <https://ingvvulcani.com/>

terremoti, social media, *link* siti web, ecc.). Un *menù* in alto nella *Home* conteneva l'informazione statica, composta da una serie di pagine e sottopagine.

Nel 2018, per i nuovi *blog* di INGVvulcani e INGVambiente fu, invece, scelto il tema "Apostrophe 2" con un'interfaccia simile al tema "Mystique" ma all'epoca più moderna e attuale.

Anche in questi *blog* la disposizione della *Home* prevedeva una serie di *widget* sulla destra e le pagine dell'informazione statica nel *menù*.

L'attività di *training* e la ristrutturazione dei *blog*

A fine 2018 è iniziata una significativa trasformazione del sistema *web* nazionale dell'INGV, partendo dalla ristrutturazione del portale nazionale INGV¹²³ che è andato online con la nuova versione nel mese di maggio 2019.

In meno di un anno si è finalmente giunti a definire alcune caratteristiche specifiche per la pubblicazione dei siti *web* istituzionali dell'INGV, in particolare per quanto riguarda la scelta del CMS (*Content Management System*) e l'aspetto grafico.

La collaborazione tra *Webgroup*, Laboratorio di Grafica e Gruppi di Lavoro Dipartimentali per la comunicazione (INGVambiente, INGVterremoti, INGVvulcani) ha avviato un percorso per una integrazione ed omogeneizzazione sia dei contenuti che dell'aspetto grafico dei vari siti *web*, *blog* e social media esistenti.

La pubblicazione dei nuovi *blog*, ha mostrato l'esigenza di un coordinamento sia dal punto di vista dei contenuti, sia dal quello della comunicazione. Per questo motivo, nell'ambito del processo di trasformazione del sistema *web* nazionale, si è pensato di ristrutturarli scegliendo un unico tema che avesse delle potenzialità maggiori di quelli precedentemente utilizzati.

La riorganizzazione ha dato l'opportunità non solo di scegliere un nuovo "tema" comune, ma anche di spingere un'evoluzione della comunicazione, per proporre al pubblico nuovi contenuti in modo più accattivante, sfruttando anche l'informazione proveniente dai canali *web* e *social* della comunicazione scientifica e istituzionale dell'INGV.

L'idea di fondo è stata, quindi, quella di passare da un *format* comunicativo tradizionale di *blog* (una sola *time-line* cronologica per gli articoli) a un'interfaccia più vicina ad un *magazine* o *newspaper*, in modo da sfruttare al massimo l'organizzazione e la pubblicazione dei contenuti in una *multi-Home*. Questo nuovo formato consente di creare varie *time-line* "tematiche" di articoli scegliendo tra le varie Categorie.

L'occasione per mettere in atto questa ristrutturazione è stata colta nell'ambito delle attività del WP5 "Comunicazione dei prodotti delle Sale al pubblico" del Progetto "S.O.I.R. monitoraggio futuro" che prevedono il miglioramento della comunicazione delle attività delle Sale di sorveglianza e monitoraggio e dei dati in esse analizzati.

Sono state investite risorse e lavoro per rendere più efficace la comunicazione e l'informazione pubblicata nei tre *blog* dei Dipartimenti Ambiente, Vulcani e Terremoti. Per modernizzare e rendere omogenei i tre *blog*, si è deciso di acquistare un servizio di *Training On The Job* da una ditta specializzata in comunicazione su *web*, in particolare sulla piattaforma *Wordpress*.

Di seguito le attività principali previste nell'attività di *Training On The Job*:

1. Analisi della comunicazione dei tre *blog*
 - *assessment* dell'info architettura dei siti esistenti
 - *assessment* di usabilità dei siti
2. Evoluzione della comunicazione da *blog* a *newspaper**magazine*
 - redazione guidata di un nuovo progetto di info architettura dei siti
 - redazione guidata di linee guida di usabilità ed *interaction design* dei siti

¹²³ <http://www.ingv.it/>

3. Guida alla scelta di un tema *Wordpress* comune di tipo *newspaper\magazine* per i tre *blog*
 - analisi dello *Store Wordpress Theme*
 - guida all'uso dello *Store*: filtri, funzionalità, recensioni e flussi di *download* dei temi
4. Migrazione guidata dal vecchio al nuovo tema
 - guida all'installazione del nuovo tema in modalità manutenzione, sua configurazione e *test* funzionale
5. Esplorazione delle funzionalità del piano *business*
 - esplorazione guidata della bacheca *Wordpress* e dei relativi *menù* Pagine, Articoli, Strumenti, Impostazioni
6. Personalizzazione avanzata del *design*
 - esplorazione avanzata del *menù* Aspetto
 - esplorazione avanzata dell'*editor* dei temi
 - guida alla personalizzazione grafica attraverso il *menù* Personalizza tema e l'*editor* di tema
7. Amministrazione dei tre *blog* e gestione utenti
 - esplorazione del *menù* Utenti e dei relativi permessi di utenza
 - installazione *plug-in* di configurazione di *workflow* approvativi
 - guida alla personalizzazione del proprio profilo utente
8. Installazione e funzionamento *plug-in*
 - esplorazione guidata store *plug-in* e guida alla scelta del *plug-in* più affidabile tramite lettura delle recensioni e dei flussi di *download*

L'attività di *training* è iniziata nel mese di novembre 2019 e si è svolta presso la sede INGV di Roma. Hanno partecipato tre persone per ognuno dei tre Gruppi Dipartimentali supportati per 35 ore (suddivise in 5 incontri) da un *web communication specialist*. Gli incontri sono stati molto importanti anche come occasione di confronto tra i redattori e i responsabili che gestiscono la comunicazione sui singoli *blog* da anni senza un vero e proprio coordinamento né sui contenuti né sulle modalità di gestione.

Dal *blog* al *E-Magazine*: l'organizzazione dei contenuti e la nuova *home page*

La prima parte del *training* è stata la più importante per raggiungere l'obiettivo di trasformare i vecchi *blog* in veri e propri *E-Magazine*. Si è trattato di rivedere interamente la filosofia con la quale sono stati realizzati, in modo da avere una linea editoriale coerente che potesse essere espressa attraverso un nuovo tema grafico comune opportunamente scelto.

È stato quindi necessario lavorare sull'architettura dell'informazione sia dei contenuti statici che di quelli dinamici. Si è proceduto a determinare il livello di approfondimento e "granularità" dei singoli componenti informativi per tutti e tre i siti, cercando di evidenziarne i punti comuni per poterne stabilire i collegamenti.

Contemporaneamente, si è cercato di definire le peculiarità di ciascun *blog* scegliendo delle nuove Categorie che fossero significative e che evidenziassero l'ampia varietà dei temi trattati. Anche le pagine statiche sono state completamente riorganizzate in modo coerente e coordinato tra i tre *blog*.

Il tema su cui si sono raccolte le preferenze dei partecipanti al corso è stato *FreeNews*¹²⁴, un tema che consente di suddividere la *home page* in parti ben definite in modo da poter mettere in luce alcuni articoli rispetto ad altri in modo rapido e veloce. Si sono così ottenute delle *home*

¹²⁴ <https://wordpress.org/themes/freenews/>

page aventi lo stesso stile per i tre Dipartimenti, ma caratterizzate da colori tematici diversi (coincidenti con quelli dipartimentali) e con lievi differenze nelle tre impaginazioni.

Per tutti e tre i nuovi *e-magazine* si è scelto di mettere al centro in alto, appena sotto il doppio *menù* delle pagine statiche e delle categorie, l'articolo o gli articoli più recenti. Lateralmente, nelle finestre secondarie, ciascun Dipartimento ha deciso di assegnare un tema specifico selezionando gli articoli di alcune Categorie o Sottocategorie.

La novità è la presenza di alcuni "mini" articoli chiamati "fotonotizie" strutturati con un'immagine e una decina di righe di commento: un modo più veloce di aggiornare i magazine con contenuti più dinamici e leggeri.

Nello sviluppo verticale le tre *home page* si differenziano, quindi, solo per la scelta dei contenuti, ma non della loro struttura che rimane la stessa, con la presenza sulla destra di alcuni *widget*: tra questi il collegamento all'ultimo articolo degli altri due *magazine*.

Il risultato è soddisfacente e rispecchia perfettamente l'idea originale che ha spinto alla revisione e riorganizzazione dei siti. L'utente che naviga tra le pagine dei tre *blog-magazine* si muove tra tematiche molto differenti avendo comunque la sensazione di rimanere all'interno di un'unica istituzione.

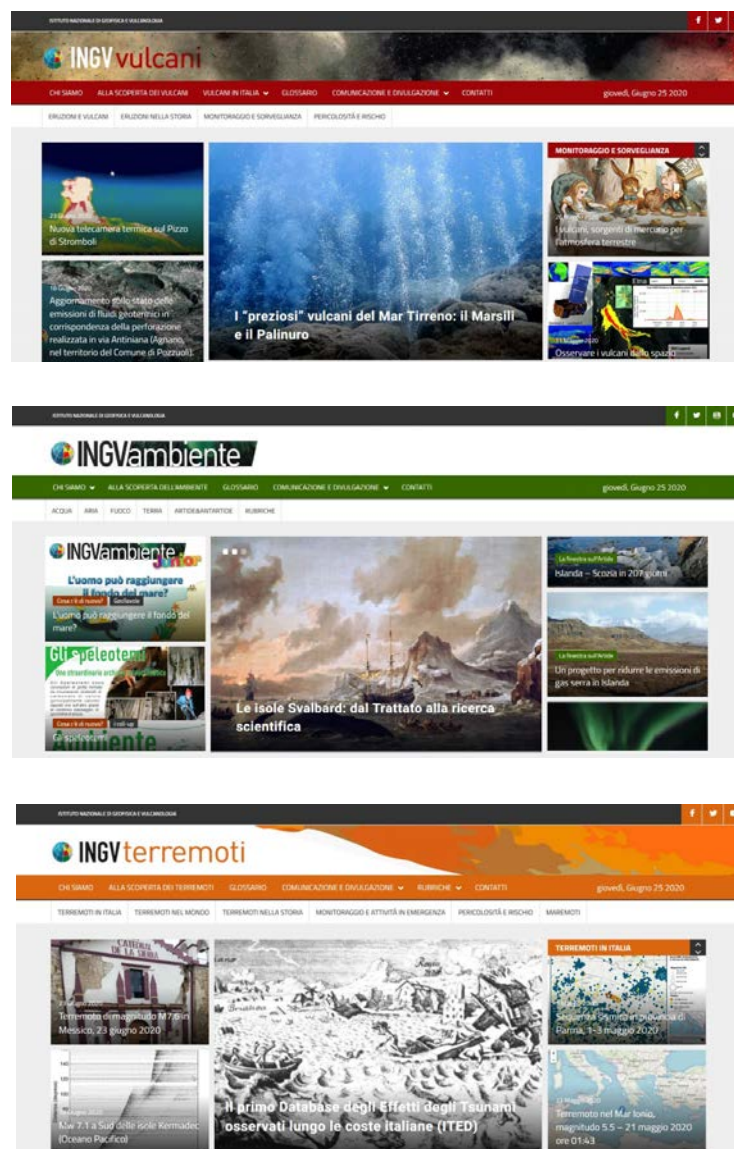


Figura 1 Dall'alto verso il basso: Home page dei blog INGVvulcani, INGVambiente e INGVterremoti.

Raccontare le Sale Operative dell'INGV attraverso infografiche

Micol Todesco¹, Maddalena De Lucia², Vincenza Maiolino³, Marco Neri³, Concetta Nostro⁴

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna, Italia

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo, Italia

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia

Autore corrispondente: micol.todesco@ingv.it

Introduzione

Una buona comunicazione è un'attività strategica per un istituto di ricerca come l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Ancora di più lo è quella che riguarda le attività svolte e i risultati conseguiti dalle Sale Operative, su cui si basa la sorveglianza sismica e vulcanica in Italia. Tutte le informazioni relative a fenomeni in corso potenzialmente pericolosi sono accolte con grande interesse e spesso sono oggetto di attenta valutazione da parte delle popolazioni residenti così come dalle istituzioni. In questi casi, una comunicazione efficace non è soltanto opportuna, ma necessaria a garantire una corretta informazione, a creare e mantenere un rapporto di fiducia con la popolazione e a diventare un autorevole punto di riferimento per le notizie relative alla pericolosità sismica e vulcanica. Queste premesse sono necessarie anche per poter contrastare efficacemente il diffondersi di notizie prive di fondamento, o distorte da interessi diversi dalla diffusione della conoscenza scientifica.

Le attività svolte e i dati prodotti nelle Sale Operative sono fortemente diversificati. L'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) gestisce la Rete Sismica Nazionale (RSN), gli Osservatori Vesuviano (OV) ed Etneo (OE) gestiscono reti di monitoraggio multidisciplinari installate su aree vulcaniche attive. In particolare, l'ONT effettua la sorveglianza sismica del territorio nazionale e delle aree limitrofe e, dal 2017, anche il servizio di Allerta Tsunami del CAT per il monitoraggio dei grandi terremoti a scala globale, con particolare attenzione al Mar Mediterraneo, nell'ambito delle attività dell'ICG/NEAMTWS; l'INGV-OV effettua la sorveglianza vulcanica per le tre aree del Somma-Vesuvio, dei Campi Flegrei e dell'isola d'Ischia e la sola sorveglianza sismica per Stromboli; l'INGV-OE svolge la sorveglianza sismica e vulcanica per l'area etnea, per Pantelleria e per le Isole Eolie, collaborando con l'INGV-OV per la parte sismologica di Stromboli.

Le Sale Operative sono il cuore della sorveglianza sismica e vulcanica in Italia, operano ininterrottamente grazie alla rotazione di personale specializzato, organizzata su turni H24, in ogni giorno dell'anno. Si tratta di un sistema complesso, la cui operatività si basa sulla ricezione, elaborazione, comunicazione ed archiviazione di dati che provengono dai sensori delle reti di monitoraggio, distribuite sul territorio nazionale in ragione delle diverse tipologie di fenomeni attesi. Procedure concordate con il Dipartimento di Protezione Civile (DPC) consentono di informare tempestivamente le autorità preposte al variare di specifici parametri.

La sorveglianza sismica e vulcanica è garantita dal monitoraggio continuo e simultaneo di diversi parametri, e dalla loro corretta interpretazione. Ciò è possibile anche grazie ad un continuo sforzo tecnologico volto a migliorare l'acquisizione, la trasmissione e l'elaborazione dei segnali, ed alla ricerca scientifica che interpreta i segnali osservati nel quadro coerente delle conoscenze relative ai diversi contesti geologici che caratterizzano il territorio nazionale.

La comunicazione al pubblico dei prodotti delle Sale è svolta attraverso la pubblicazione sul sito web dell'Istituto e delle sue sezioni di dati vulcanologici, sismologici, geodetici e geochimici.

Mostrare cosa fanno le Sale Operative dell'INGV permette ai cittadini di comprendere quali risorse e competenze vengono spese per garantire la sorveglianza sismica e vulcanica del territorio. L'adozione di soluzioni innovative, con prevalenza di sintetiche rappresentazioni grafiche consente di inserire le informazioni prodotte dalle Sale nel giusto contesto, favorendo così una migliore comprensione del dato geologico e delle sue implicazioni a un pubblico di non esperti.

In questo testo si illustra la progettazione e realizzazione di infografiche dedicate alle attività e ai prodotti delle Sale Operative dell'INGV.

Le infografiche

Le informazioni da fornire per descrivere le attività delle Sale Operative sono numerose e complesse. Il formato dell'infografica si presta a condensare i contenuti in una forma compatta e di lettura più agevole rispetto ad un testo scritto, facendo un utilizzo combinato di elementi visuali e numerici.

Le infografiche sono state progettate attorno alcuni contenuti specifici:

- il concetto di Sala Operativa e di sorveglianza del territorio;
- le tre Sale Operative INGV e le loro specificità tecnologiche e scientifiche;
- le principali fenomenologie monitorate;
- le principali attività svolte dalle Sale e il loro ruolo nel sistema nazionale di protezione civile per la comunicazione dei fenomeni sismici e vulcanici che interessano il territorio.

Le tre Sale Operative sono molto diverse l'una dall'altra, sia per il territorio interessato che per tipologia di fenomeni. In particolare, l'ONT dispone di una rete, composta da velocimetri e accelerometri, che permette alla Sala di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami dell'ONT di monitorare la sismicità dell'intero territorio nazionale; l'ONT gestisce anche reti geodetiche che misurano la deformazione del suolo.

La Sala Operativa dell'OE si occupa dell'attività vulcanica e sismica in zona etnea, a Pantelleria e alle Isole Eolie. A causa dell'attività vulcanica frequente, alle reti che misurano lo spostamento e l'accelerazione del suolo si affiancano sensori infrasonici e telecamere termiche e dello spettro visibile. Oltre ad allertare il Dipartimento della Protezione Civile in caso di allerta sismica o vulcanica, l'Osservatorio Etneo effettua anche valutazioni di scenario per identificare le aree potenzialmente interessate da cenere vulcanica o quelle potenzialmente invase da colate laviche. La Sala di Monitoraggio dell'OV svolge attività di sorveglianza vulcanica per le tre aree del Vesuvio, dei Campi Flegrei e dell'isola d'Ischia. Questi vulcani sono tutti caratterizzati dall'essere quiescenti. L'ultima attività eruttiva avvenuta nell'area napoletana è quella del Vesuvio, del 1944. L'attività di monitoraggio è, quindi, mirata ad identificare e caratterizzare parametri geofisici e geochimici come sismicità, deformazione del suolo e variazioni dei flussi e della composizione dei gas emessi in superficie, che possano essere ricondotti a dinamiche di risveglio (*unrest*) vulcanico.

Per dare contezza di queste diverse specificità di ciascuna Sala Operativa, il progetto ha previsto la realizzazione di 5 infografiche, più altre 2, ancora in corso di elaborazione, specifiche per il Centro Allerta Tsunami (CAT, servizio svolto contestualmente a quello di Sorveglianza Sismica all'interno della Sala Operativa dell'ONT) e per il Centro per il Monitoraggio del Sottosuolo (CSM). Le prime 5 infografiche riguardano:

1. Descrizione dei fenomeni monitorati e delle funzioni della Sala Operativa
2. La Sala Operativa dell'OE
3. La Sala di Monitoraggio dell'OV
4. La Sorveglianza delle Isole Eolie (ad opera delle sale dell'OV e OE)
5. La Sala di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami dell'ONT

In questa sede, verranno descritte con maggior dettaglio e a titolo di esempio l'infografica generale e quella relativa all'OE.

Nelle infografiche si è scelto di rappresentare, in modo schematico, le attività svolte dalle tre Sale, descrivendo cosa fanno e come. Si parte quindi dalla descrizione sintetica dei fenomeni naturali monitorati, legati alla dinamica delle aree sismiche e vulcaniche del territorio italiano, per passare poi alle diverse reti di monitoraggio ubicate sul territorio, che registrano i segnali generati da tali fenomeni, giungendo quindi all'elaborazione, interpretazione e catalogazione dei dati rilevati e alla loro comunicazione agli organi di Protezione Civile e al pubblico.

Le infografiche riportano anche informazioni sui risultati del monitoraggio e alcuni valori numerici significativi che bene esprimono l'entità del lavoro svolto: dalla mole di dati elaborati, al numero di stazioni di misura disponibili, dal numero di bollettini di sorveglianza pubblicati in un anno, al numero di turni effettuati, fino al numero di persone coinvolte in queste attività.

Le infografiche hanno una struttura modulare che renderà possibile utilizzare i diversi moduli insieme o separatamente, a seconda del bisogno specifico. Sono tutte realizzate in formato aperto, cioè editabili in qualsiasi momento, in modo da poter essere facilmente aggiornate, tradotte, ed eventualmente equipaggiate con applicazioni per la realtà aumentata. Particolarmente adatte per la realizzazione di *brochures*, le infografiche realizzate si prestano ad essere stampate su fogli formato A4 e possono facilmente essere pubblicate online sul portale nazionale o sui canali social dell'Istituto.

La progettazione delle infografiche è avvenuta avvalendosi di una società di comunicazione che ha garantito la professionalità del risultato.

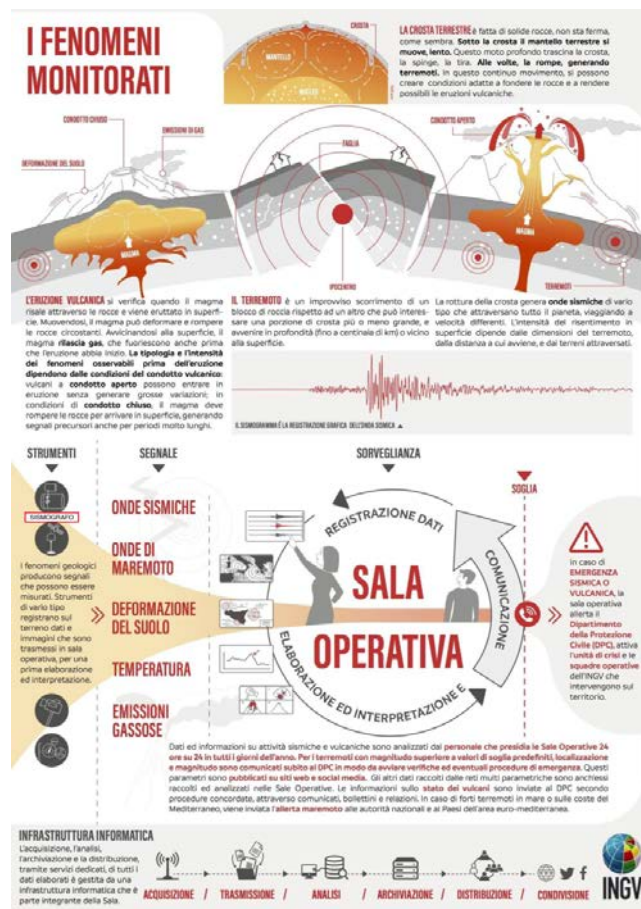


Figura 1 Infografica generale sulle Sale Operative dell'INGV. Sono descritti i principali fenomeni monitorati, le tipologie di segnali e l'attività di sorveglianza e comunicazione.

Infografica generale

Questa prima infografica (Figura 1) ha il compito di illustrare in maniera sintetica la tipologia dei fenomeni osservati. Questo è necessario per comprendere le sostanziali differenze che esistono tra Sale Operative che sorvegliano territori geologicamente differenti. La prima parte dell'infografica è, dunque, destinata a descrivere elementi fondamentali che caratterizzano i fenomeni osservati ed i segnali che generano e che sono oggetto di misura da parte dei sensori delle reti di monitoraggio.

La seconda parte è, invece, relativa al funzionamento di una generica Sala Operativa, che riceve segnali dai sensori sul terreno, li elabora e valuta se necessario diramare un'allerta.

Infografica OE

L'infografica specifica per l'INGV - OE (Figura 2) illustra in maniera sintetica i due fenomeni monitorati per l'area etnea, cioè l'attività sismica e quella vulcanica, ed in particolare alcuni aspetti del fenomeno vulcanico rilevanti per le valutazioni dei possibili scenari: la dispersione delle ceneri vulcaniche, la posizione delle bocche eruttive, il flusso lavico. Inoltre, attraverso un grafico, sono riportati 2 tra i dati più significativi dell'attività di sorveglianza e monitoraggio: il numero di terremoti e i volumi eruttati.

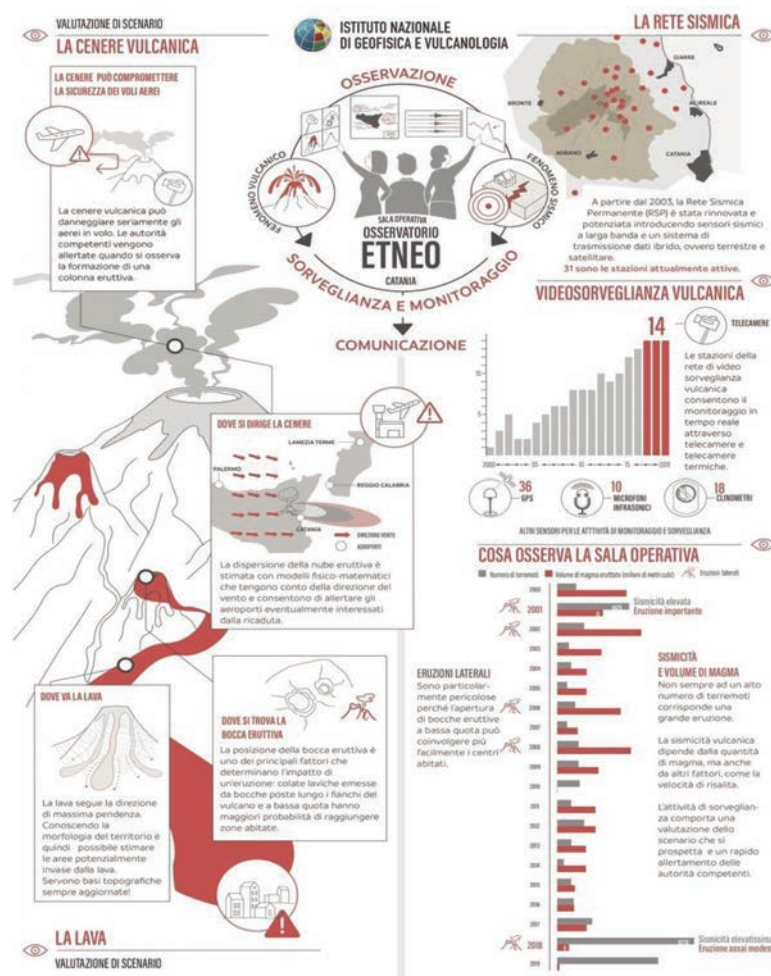


Figura 2 Infografica specifica per la Sala Operativa dell'OE. L'infografica descrive i parametri monitorati e le valutazioni di scenario che vengono effettuate nella Sala Operativa.

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Francesca DI STEFANO, Rossella CELI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico e impaginazione

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

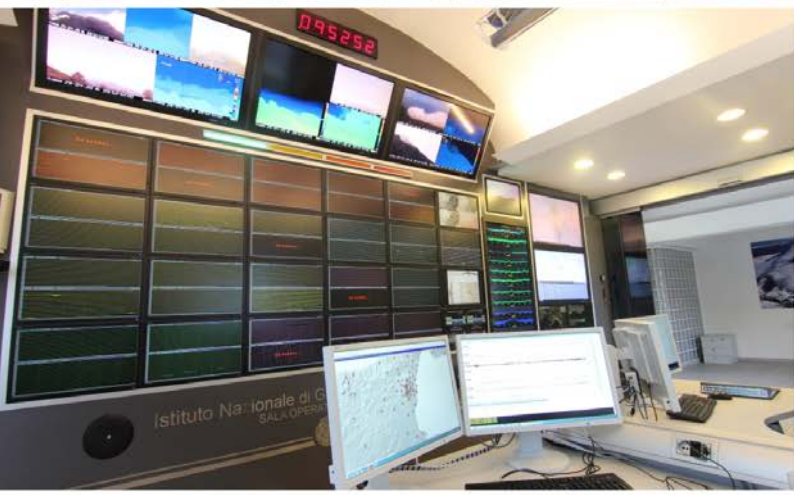
©2020

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
tel. +39 06518601

www.ingv.it



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

