

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS



Supplemento al n. 4/2022
ISSN 1591-5352

CONVEGNO

LA GEOLOGIA AMBIENTALE AL SERVIZIO DEL PAESE

**Celebrazione dei 30 anni di fondazione
della Società Italiana di Geologia
Ambientale (SIGEA – APS)**

**Palazzetto Mattei, Villa Celimontana,
Via della Navicella 12
Roma, 10 e 11 ottobre 2022**

A CURA DI

Daniele Baldi, Mario Bentivenga, Eugenio Di Loreto, Luciano Masciocco





Con il patrocinio



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

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

PRESIDENTE
Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE
Lorenzo Cadrobbi, Daria Duranti, Antonello Fiore (*Presidente*), Adele Garzarella, Giuseppe Gisotti (*Presidente Onorario*), Marianna Morabito, Stefania Nisio, Fabio Oliva, Michele Orifici (*Vice Presidente*), Vincent Ottaviani (*Vice Presidente*), Paola Pino d'Astore (*Tesoriere*), Luciano Masciocco, Sabina Porfido, Livia Soliani, Salvatore Valletta (*Segretario*)

Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA - APS

Supplemento al N. 4/2022
Anno XXX • ottobre-dicembre 2022

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

DIRETTORE RESPONSABILE
Giuseppe Gisotti

VICE DIRETTORE RESPONSABILE
Eugenio Di Loreto

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

COMITATO DI REDAZIONE
Fatima Alagna, Federico Boccalaro, Valeria De Gennaro, Eugenio Di Loreto, Sara Frumento, Fabio Garbin, Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Maurizio Scardella

REDAZIONE
SIGEA - APS c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
tel. 06 5943344
info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

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

UFFICIO GRAFICO
Pino Zarbo (Fralerighe Book Farm)
www.fralerighe.it

PUBBLICITÀ
SIGEA - APS

STAMPA
Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA-APS per il 2022 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente".
Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo www.sigeweb.it

Sommario

Prefazione ANTONELLO FIORE E GIUSEPPE GISOTTI	15
Introduzione EUGENIO DI LORETO	18
I SESSIONE - RISCHI GEOLOGICI	
Introduzione LUCIANO MASCIOTTO	21
Frane e rischio da frana in Italia: stato delle conoscenze DOMENICO CALCATERRA	23
I fenomeni di Sinkhole, problematiche aperte STEFANIA NISIO	25
Innalzamento del livello del mare, erosione, sommersione e inondazione della fascia costiera in Mar Mediterraneo GIUSEPPE MASTRONUZZI	27
Difesa dei litorali o difesa delle spiagge? ENZO PRANZINI	29
Il rischio sismico in Italia: sospesi tra conoscenza, inerzia istituzionale e fatalismo GIANLUCA VALENSISE	31
Maremoti nel Mediterraneo e in Italia: storia, pericolosità e sistemi di difesa ALESSANDRO AMATO	33
Rischio eruzioni vulcaniche: azioni e interventi di mitigazione DONATELLA DE RITA	35
Mappatura dei rischi idrogeologici e del rischio al cambiamento climatico per le infrastrutture SERENA PANTANESCHI, MARIA GIOVANNA CAMUTI, MARIO CALICCHIO, FEDERICO FORIA, GABRIELE MICELI	37
Frane di sbarramento nelle Dolomiti: da geoindicatori dell'evoluzione ambientale a rischio per la popolazione ALBERTO BERTINI	41

Difesa e riqualificazione di habitat costieri nel Parco Nazionale del Circeo. Un esempio di progettazione di ingegneria naturalistica FEDERICO BOCCALARO, FEDERICA MARSIALI	43
Proposte per la mitigazione del rischio geo-idrologico nella città di Ceva (CN) ANNALISA BOVE, BATTISTA TABONI, GESSICA UMILI, LUCIANO MASCIOTTO	46
La pianificazione del territorio e la mitigazione del rischio sismico attraverso gli studi di microzonazione sismica SERGIO CASTENETTO	48
Adattamento ai cambiamenti climatici per finalità di protezione civile: i risultati del Programma PON 2014-2020 per la riduzione del rischio ANGELO CORAZZA, PAOLA BERTUCCIOLI, EMILIO DE FRANCESCO, ANDREA DURO, MARCO FALZACAPPA, PIETRO GIORDANO	50
Prevenzione sismica 2023: voltare pagina. Intervenire dove il rischio è più alto in un quadro integrato di gestione territoriale ROBERTO DE MARCO, FABIO SABETTA	52
L'area Napoletana: sulla mitigazione del rischio vulcanico più alto al Mondo GIUSEPPE DE NATALE, CLAUDIA TROISE, RENATO SOMMA, MASSIMO BUSCEMA, GUIDO MAURELLI, ANTONIO COVIELLO, STEFANO PETRAZZUOLI, ALFREDO TROCCIOLA, ADRIANO GIANNOLA	55
L'erosione costiera e l'analisi dell'evoluzione geomorfologica della linea di costa compresa nell'unità fisiografica tra Palo e Capo d'Anzio: cause, metodologie e possibili soluzioni ILARIA FALCONI	58
La scala ESI-07 (Environmental Seismic Intensity): uno strumento per la catalogazione e l'analisi degli effetti ambientali sismoindotti MARIA FRANCESCA FERRARIO, FRANZ A. LIVIO, ALESSANDRO MARIA MICHETTI, MARCO PIZZA, SABINA PORFIDO	60

- Rilevamenti geomorfologici di cavità sotterranee presenti nel territorio del Municipio Roma V per la previsione e prevenzione di fenomeni di sinkholes
GIANLUCA FERRI, CARLO ALIMONTI, RICCARDO PAOLUCCI, GABRIELE SCANDALIATO, IVANO STRANIERI, CLAUDIO SUCCHIARELLI 62
- Studio numerico parametrico dell'influenza di fattori ambientali, geo-strutturali e geomeccanici sulla stabilità di falesie in rocce tenere
PIERNICOLA LOLLINO, GIOACCHINO FRANCESCO ANDRIANI, GIUSEPPE DIPRIZIO, NUNZIO LUCIANO FAZIO, ISABELLA SERENA LISO, MARIO PARISE 64
- Geositi e geoturismo: potenziali strumenti di sensibilizzazione verso il rischio sismico ...e non solo
SALVATORE LUCENTE 66
- Gestione integrata del rischio alluvioni e siccità mediante nuovi possibili approcci: il caso del Progetto Paglia
ERASMO D'ANGELIS, MAURO GRASSI, ENDRO MARTINI 69
- La tempesta del 28 dicembre 2020 nel golfo di Napoli: impatto della mareggiata sul lungomare partenopeo
ALBERTO FORTELLI, ANNARITA CASABURI, POORIA EBRAHIMI, MARCO SACCHI, FABIO MATANO 72
- Gli effetti ambientali del terremoto di Casamicciola (Isola d'Ischia) del 21 agosto 2017: un contributo alla definizione del modello sismogenetico per la valutazione del rischio sismico
ROSA NAPPI, SABINA PORFIDO, LUIGINA VEZZOLI, ELISA PAGANINI, MARIA FRANCESCA FERRARIO, GERMANA GAUDIOSI, GIULIANA ALESSIO, ALESSANDRO MARIA MICHETTI 73
- Mitigazione del rischio da dissesti in un'area a forte valenza turistica ed archeologica: Roca Vecchia e Grotte della Poesia (Melendugno, Puglia)
GIUSEPPE MASTRONUZZI, PAOLO SANSÒ, GIOVANNI SCICCHITANO, ISABELLA SERENA LISO, SVEN BERTELMANN, ANDREA MARASSICH & MARIO PARISE 75
- Resilienza in Irpinia: analisi e bilancio nell'Alta Valle del Calore dopo il terremoto del 1980
MARCO PIZZA, ALESSANDRO MARIA MICHETTI, MARIA FRANCESCA FERRARIO, ANGELO CAPONE, ROSA NAPPI, SABINA PORFIDO 78

Interventi di messa in sicurezza del sottosuolo in alcune aree di Villa De Sanctis interessate da fenomeni di sinkholes per presenza di cavità sotterranee (Roma Capitale - Municipio Roma V) GABRIELE SCANDALIATO, GIANLUCA FERRI, FRANCO ENZO SPAGNUOLO, CLAUDIO SUCCHIARELLI	80
Iconografia di una ricostruzione: l'esempio di Bisaccia (Avellino) EFISIO SPIGA, SABINA PORFIDO	82
Mappatura della pericolosità da frana nel Subappennino Dauno (Puglia): affidabilità e miglioramento degli archivi esistenti ILENIA ARGENTIERO, ALESSANDRO PARISI, ROBERTA PELLICANI, GIUSEPPE SPILOTRO	84
La nuova carta delle cavità sotterranee del territorio del Municipio Roma V (Roma Capitale) CLAUDIO SUCCHIARELLI, VITTORIO DI STEFANO, CARLO FERRANTI, GIANLUCA FERRI, RICCARDO PAOLUCCI, MARILISA RAUCCI, IVANO STRANIERI	86
Pericolosità idrologica di Torino BATTISTA TABONI, ANNALISA BOVE, LUCIANO MASCIOTTO	88
Proposte per indicare la propensione al dissesto geo-idrologico del territorio a livello comunale e nazionale BATTISTA TABONI, MAURO BONASERA, GESSICA UMILI, ANNALISA BOVE, LUCIANO MASCIOTTO	90
Geological day Coste. Una giornata di escursione e di approfondimento geologico ambientale ALEANDRO TINELLI, EUGENIO DI LORETO, GIUSEPPE GISOTTI, GUIDO PALIAGA, FRANCESCO STRAGAPEDE, PIERO TINELLI	92
Interventi inseriti nei programmi complessi di terza generazione (PUC 3) progetto esecutivo per la sistemazione del parcheggio S. Felicissimo, primi interventi di messa in sicurezza e valorizzazione ambientale del piazzale – Comune di Nocera Umbra (PG) SANDRO ZENI	94

II SESSIONE - RISCHI AMBIENTALI

Introduzione DANIELE BALDI	107
Crisi climatica vera o presunta? I risultati delle analisi delle serie storiche più attendibili MASSIMILIANO FAZZINI	109
La problematica dell'amianto di origine antropica e naturale FEDERICA PAGLIETTI, SERGIO BELLAGAMBA, SERGIO MALINCONICO, PAOLO DE SIMONE	111
Modelli concettuali multi-sorgente: nuove frontiere 3D a supporto della strategia di bonifica di siti inquinati PAOLO CIAMPI, CARLO ESPOSITO, MARCO PETRANGELI PAPINI, GIORGIO CASSIANI	112
L'uso integrato dell'analisi composizionale dei dati (CoDA) e della statistica multivariata per la comprensione dei pattern geochimici: il caso studio dei suoli della regione Campania LUCIA RITA PACIFICO, ANNALISE GUARINO, STEFANO ALBANESE	114
Il Rischio Radon: analisi, monitoraggio e tecniche di bonifica PAOLA TUCCIMEI, ALESSANDRA BRIGANTI, MARTINA MATTIA, MANUELA PORTARO, MICHELE SOLIGO	116
L'impatto antropico sulla geosfera, sulla biosfera e sulla nutrisfera ANTONIO SENNI	118
Amianto naturale nell'area mineraria di Monteneve, Val Passiria (BZ): tecniche analitiche di identificazione e caratterizzazione mineralogica di Amosite (Cumingtonite-Grunerite) FRANCESCO DELLISANTI, STEFANO MAGURNO, MICHELANGELO POLISI	120
Soluzioni verdi per la transizione ecologica VALERIA ANCONA, GIORGIA AIMOLA, PAOLA GRENNI, VITO FELICE URICCHIO, ANNA BARRA CARACCILO	123
Bonifica ambientale e sistemazione idraulica della Piana di Forino (Irpinia, Campania) ANTONIO AQUINO, SABINO AQUINO, MICHELE GINOLFI, RENATO SOMMA, ALFREDO TROCCIOLA	125

Inquinamento dell'area mineraria di l'Ubietová (Slovacchia) e valutazione delle possibilità di bonifica GIUSEPPE BUCCHERI, PETER ANDRÁŠ	128
Bonifica e messa in sicurezza delle discariche di Castelfirmiano a Bolzano, con posa in opera di manti minerali di incapsulamento dei rifiuti su pendii molto ripidi LORENZO CADROBBI, HANNES WEISS	131
Radioattività naturale nell'acqua potabile immessa nelle reti di distribuzione del Veneto Orientale: prima caratterizzazione sistematica del contenuto di radon CHIARA CANTALUPPI	133
La Qualità del Clima in Sicilia - sensu MEDALUS RACHELE CASTRO, FEDERICO MARIA JELO DI LENTINI, PIETRO MONFORTE, VINCENZO VENEZIANO, VINCENZO PICCIONE	135
Andamento annuale (periodo 1931-2015) del rischio desertificazione in Sicilia RACHELE CASTRO, FEDERICO MARIA JELO DI LENTINI, PIETRO MONFORTE, VINCENZO PICCIONE	137
I paesaggi rurali e il ruolo dell'agricoltura nei confronti della transizione ecologica e della mitigazione climatica ILARIA FALCONI	139
Verso la resilienza climatica MARIA LUISA FELICI	140
Il geoturismo in Puglia: le potenzialità dell'area sud-orientale della provincia di Taranto CIRO GALEONE	141
La spettroscopia vis-NIR a supporto delle indagini di caratterizzazione delle aree agricole potenzialmente contaminate NATALIA LEONE, ANNAMARIA BASILE, ANTONIO PASQUALE LEONE, VITO FELICE URICCHIO, VALERIA ANCONA	143
Economia Circolare - Tecnologie on/off site per le bonifiche ed il recupero delle terre MARCO MENDOLA	145

<p>Caratterizzazione chimico-fisica e biologica dell'area marina protetta Karaburun-Sazan ai fini della valutazione dei potenziali impatti dei cambiamenti climatici, baia di Valona, Albania</p> <p>SIMONE MODUGNO, RACHELE CASTRO, IGLI PUSTINA, NEXHIP HYSOLAKOJ, LORELA LAZAJ, ENO DODBIBA, VIOLETA ZUNA</p>	149
<p>Analisi multi temporale dell'intensità e durata dall'aridità in Sicilia (1931 – 2015)</p> <p>PIETRO MONFORTE, RACHELE CASTRO, FEDERICO MARIA JELO DI LENTINI, VINCENZO PICCIONE</p>	151
<p>Analisi multitemporale dell'intensità e durata della siccità in Sicilia (1931 – 2015)</p> <p>PIETRO MONFORTE, RACHELE CASTRO, FEDERICO MARIA JELO DI LENTINI, VINCENZO PICCIONE</p>	153
<p>Discariche abusive: dalla regolarizzazione alla rifunzionalizzazione dei siti</p> <p>MARIANNA MORABITO, NINO TARANTINO</p>	155
<p>Indirizzi operativi di MISP: l'esempio della ex discarica RSU di Longobardi (Calabria)</p> <p>GAETANO OSSO, MICHELANGELO IANNONE, GIUSEPPE MORGANTI, ALDO PAPOTTO, NINO TARANTINO, SALVATORE ZACCARO</p>	157
<p>La caratterizzazione dei sedimenti marini contaminati come strumento per la definizione degli scenari di rischio ambientale</p> <p>ANGELA RIZZO, PIETRO COTUGNO, ANTONELLA DI LEO, STEFANIA LISCO, ANTONELLA MARSICO, FEDERICA MASSARI, GIOVANNI SCARDINO</p>	159
<p>Il monitoraggio delle plastiche nell'ambiente marino e costiero attraverso approcci di citizen science</p> <p>GIOVANNI SCARDINO, ROCCO MARTELLA, NICOLA ROMANELLI, QUIRINO BORRACESI, FLAVIO MUSOLINO, SALVATORE ZARCONI, ANDREA RETUCCI, GIULIA CIPRIANO, ANGELA RIZZO</p>	161

Biostimolazione dei microorganismi autoctoni per il risanamento di acque sotterranee contaminate da cromo esavalente MARINA TUMOLO, ANGELA VOLPE, NATALIA LEONE, PIETRO COTUGNO, DOMENICO DE PAOLA, DANIELA LOSACCO, VITO LOCAPUTO, MARIA CONCETTA DE PINTO, VITO FELICE URICCHIO, VALERIA ANCONA	164
--	-----

III SESSIONE - RISORSE GEOLOGICHE

Introduzione MARIO BENTIVENGA	171
Risorse geologiche e materie prime per le transizioni LUIGI DI MARCO	173
Materie prime strategiche FRANCESCO ZARLENGA	175
Geotermia in Italia: storia, problemi e prospettive MARCELLO VITI	177
Geositi: importanti elementi della geodiversità di una regione, ancora lontani dall'essere tutelati M. CRISTINA GIOVAGNOLI	178
Proteggere le acque, proteggersi dalle acque ERASMO D'ANGELIS	180
Sistemi GIS per la pianificazione delle Risorse Geoambientali SIMONETTA CERAUDO	182
Nutrire il pianeta senza esaurirne le risorse ANDREA SONNINO	185
Monitoraggio ventennale in telemisura del dato quali- quantitativo dell'acquifero del Terminio-Tuoro (Parco Regionale dei Monti Picentini - Campania) ANTONIO AQUINO, SABINO AQUINO, MICHELE GINOLFI, RENATO SOMMA, ALFREDO TROCCIOLA	189
La valorizzazione dei parchi naturali e dei geositi dell'Irpinia per lo sviluppo turistico del territorio ANTONIO AQUINO	191

I giacimenti naturali di CO ₂ in Italia ANTONIO MARIA BALDI	193
Caratteri idrologici ed idrogeologici dell'Alto corso del T. Sentino (Provincia di Perugia, Ancona e Pesaro-Urbino): indagini preliminari per una valutazione delle risorse idriche utilizzabili secondo criteri di sostenibilità MASSIMO BELBUSTI, MICHELE ROMAGNOLI, DANIELE FARINA, GIACOMO FURLANI, LUCA DE ANGELIS, CARLO BRENTARI	195
L'itinerario di Muro Lucano, in Basilicata: tra geologia, archeologia e archeologia industriale MARIO BENTIVENGA, ANTONIO NAPPI, GIAMMARCO GUIDETTI, SALVATORE LUCENTE, SALVATORE OLIVETO, J. GIUSEPPE GUERRA, ANTONIO MINERVINO, DONATO PALMA, GIACOMO PROSSER	197
Itinerari geoturistici: l'esempio delle Piccole Dolomiti Lucane (Basilicata) AGNESE EMANUELA BONOMO, MARIO BENTIVENGA, GIAMMARCO GUIDETTI, SALVATORE LUCENTE, ANTONIO MINERVINO AMODIO, EVA PESCATORE	200
Valorizzazione geoturistica di antichi ipogei dell'agro nolano (Campania, Napoli) GIANFRANCO CACCAVALE, DOMENICO CALCATERRA, MASSIMO RAMONDINI	202
Parco dei Peloritani prossimo venturo: presidio a tutela anche del rischio desertificazione VINCENZO VENEZIANO, FRANCESCO CANCELLIERI, RACHELE CASTRO, FEDERICO MARIA JELO DI LENTINI, PIETRO MONFORTE, VINCENZO PICCIONE	204
Geopolimeri come materiali ecologici per il trattamento delle acque reflue VITO COFANO, MARINA CLAUSI, DANIELA PINTO	206
Erosione del suolo e degrado dell'ambiente naturale in contesti carsici UMBERTO SAMUELE D'ETTORRE, MARIO PARISE, ISABELLA SERENALISO	208

Valutazione degli esiti del monitoraggio qualitativo dei Corpi Idrici Sotterranei in relazione alle pressioni antropiche insistenti sul territorio regionale della Puglia SILVIA DI CUNSOLO, CLAUDIA MARCELLA PLACENTINO, MINA LACARBONARA, VINCENZO MUSOLINO, VITO BRUNO, VINCENZO CAMPANARO	210
Attività estrattive nel territorio di Roma: evoluzione storica, normativa ed amministrativa; situazione attuale; prospettive e sviluppi futuri CRISTIANO DI FILIPPO	213
Geo trekking urbano. Passeggiata tra i geositi della Città Eterna EUGENIO DI LORETO, MARINA FABBRI, MAURIZIO LANZINI, CARLO ROSA	217
Approccio multidisciplinare per lo studio dei vini Taurasi DOCG in Irpinia. Uno studio pilota per la identificazione delle proprietà antiossidanti del vino Taurasi come prevenzione delle malattie cardiache DANIELA EVANGELISTA, MILENA PEPE, SEBASTIANO MATARAZZO, GIOVANNI PARAGLIOLA, SABINA PORFIDO	220
I geositi del territorio di Roma Capitale: l'aggiornamento del primo volume MARINA FABBRI, MAURIZIO LANZINI	222
Il Lago di Bracciano come infrastruttura naturale (Lazio, Italia) LUCA MARIA FALCONI, ALESSANDRO MECALI, FABIO MUSMECI, MARCO PROPOSITO, SARA TAVIANI	224
Potenzialità geologica della costa ortonese (CH) connesse alla tutela del paesaggio e delle aree protette ANGELA FARAONE	226
I Geositi delle Marche. Un patrimonio di geodiversità di eccezionale valore GIGLIOLA ALESSANDRONI, FABRIZIO BENDIA, PIERO FARABOLLINI, ENRICO GENNARI, OLIVIA NESCI, BENIAMINO TATALI, LAURA VALENTINI	230
La Valle del Torrente Caronia: un inedito itinerario geo-naturalistico nel Parco dei Nebrodi (Sicilia) ALESSANDRO LICCIARDELLO, ANTONINO OIENI	232

Valorizzazione del patrimonio geologico del “Bosco della Tassita” (Parco dei Nebrodi - Sicilia) ALESSANDRO LICCIARDELLO, ANTONINO OIENI	234
Risorsa idrica sotterranea e cambiamento climatico: il caso della Puglia (Italia meridionale) ISABELLA SERENA LISO, MARIO PARISE	236
Divulgazione delle scienze geologiche attraverso i geositi: l’esempio del progetto “Geoscuola” in Basilicata SALVATORE LUCENTE, MARIO BENTIVENGA, VALENTINA CANTARELLI, GIACOMO PROSSER, GIOVANNA RIZZO, GIOVANNI SOLDI, IVAN GIULIO BAGGI, GIAMMARCO GUIDETTI	241
Geositi e geoturismo: potenziali strumenti di sensibilizzazione verso il rischio sismico ...e non solo SALVATORE LUCENTE	243
Cittadella fortificata di Milazzo (Sicilia nord-orientale): risorse geologiche e valorizzazione di un percorso di geoturismo sostenibile GIOVANNA A.M. MASSACCI	245
Verso la candidatura a geosito: il Fosso di Montevederde a Cellino Attanasio tra geologia e valorizzazione LUISANA FERRETTI, DAVIDE MASTROIANNI	246
Monitoraggio dell’inquinamento da microplastiche nelle grotte carsiche e nelle falde acquifere FRANCESCO MAURANO, MARIA SERRONE	249
Applicazione della prima campagna IMAF (Convenzione di Barcellona) nell’area di Patok-Rodoni, Albania SIMONE MODUGNO, ALAIN JEUDY DE GRISSAC, CARLO DEL GRANDE, MONICA PREVIATI, UBALDO PANTALEO, RACHELE CASTRO, GENÇ MYFTIU, ZAMIR DEDEJ, ANIS ZARROUK	251
Primi studi di valutazione dello stato delle praterie di Posidonia oceanica nell’area di Palasë, Albania SIMONE MODUGNO, RACHELE CASTRO, IGLI PUSTINA, GENTY KHRUMIDA, ZAMIR DEDEJ	253

Prime linee guida di Pianificazione Spaziale Marina (PSM) per la baia di Valona, Albania SIMONE MODUGNO, RACHELE CASTRO, ALAIN JEUDY DE GRISSAC, GENC MYFTIU, ZAMIR DEDEJ, ANIS ZARROUK	255
Prime valutazioni sulla geomorfologia e bio-colonizzazione marine attraverso lo studio e il rilievo di alcuni relitti affondati lungo le coste albanesi SIMONE MODUGNO, RACHELE CASTRO, IGLI PUSTINA, GENTY KHRMIDA, ZAMIR DEDEJ	257
Il ruolo della Geologia Ambientale nell'uso sostenibile delle pareti rocciose per l'arrampicata sportiva MICHELE MOTTA	259
Tecnologie ad alta efficienza e basso costo per il monitoraggio idrometrico di corpi idrici superficiali FABIO MUSMECI, LUCA MARIA FALCONI	261
Urban mining e valorizzazione degli scarti per l'uso sostenibile delle risorse SILVIA SERRANTI, GIUSEPPE BONIFAZI	263
Il paesaggio geologico delle valli del Bosso Burano e Candigliano, come risorsa nelle Alte Marche EDOARDO VIRGILI, ENDRO MARTINI	264

Prefazione

Celebrare i 30 anni di attività della Società Italiana di Geologia Ambientale a Roma, presso la storica e prestigiosa sede della Società Geografica Italiana, con il coinvolgimento degli animatori della nostra associazione, con tanti ricercatori e studiosi che hanno voluto con il loro contributo rendere fortemente partecipata questa celebrazione, per noi rappresenta uno dei momenti più vissuti, e per questo più emozionanti, degli ultimi anni.

Nel maggio del **1992**, un gruppo di 19 persone di estrazione professionale e lavorativa diversa decidono di dare vita a una associazione culturale e di chiamarla Società Italiana di Geologia Ambientale in breve SIGEA. Nello Statuto del 1992 all'art. 2 vengono riportate le finalità che resteranno in questi 30 anni la guida del sodalizio: *“Il sodalizio ha lo scopo di favorire il progresso, la valorizzazione e la diffusione della geologia ambientale e di stimolare il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive e applicative rivolte alla tutela ambientale. Pertanto opera nei settori dell’educazione e divulgazione, della formazione professionale, della ricerca applicata e in altri settori correlati con le suddette finalità”*.

L'associazione inizia le sue attività di disseminazione e cresce, cambia più volte il suo Statuto (1999-2013-2017) per adeguarsi alle norme vigenti e per darsi una organizzazione che necessariamente deve evolversi nel tempo. Nel 2021 la svolta importante: diventa Ente del terzo settore, assumendo nel nome la sigla di Associazione di Promozione Sociale APS.

Nel marzo del 1993 esce il primo numero di “Geologia dell’Ambiente”, un trimestrale che all’inizio si presenta come un notiziario ma ben presto diventerà rivista, con articoli di divulgazione scientifica. Da quell’anno, sotto la direzione scientifica di Giuseppe Gisotti, oggi coadiuvato da Eugenio Di Loreto, la rivista sarà pubblicata in stampa con 4 numeri l’anno, senza mai mancare un numero. Alla rivista sono associati decine di Supplementi in formato pdf, principalmente atti di convegni, pubblicati sul sito web e liberamente scaricabili. Da un anno esce un nuovo prodotto editoriale, “Monografie di Geologia Ambientale”, che raccoglie gli scritti monotematici di autori singoli o raccolte di contributi tecnico-scientifici. Nel 2007 un importante riconoscimento per il nostro sodalizio, il Decreto del Ministero dell’Ambiente riconosce la SIGEA come associazione di protezione ambientale ai sensi della legge 349/1986.

Noi siamo stati sin dal 1992 consapevoli che la geologia è ovunque intorno a noi: siamo circondati dalle materie prime e dalle risorse che la Terra ci offre: le risorse idriche fondamentali per la nostra sussistenza, per gli allevamenti e l’agricoltura; i materiali da costruzione; le fonti di energia, siano esse fossili che rinnovabili, che garantiscono la mobilità, riscaldano le nostre case e permettono al settore industriale di produrre beni materiali che sostengono lo sviluppo di una società sempre più impegnata in un continuo progresso.

Come popolazione mondiale quest’anno abbiamo raggiunto gli 8 miliardi, nel 2010 eravamo 7, nel 1974 eravamo 4 e nel 1800 eravamo solo 1 miliardo di popolazione mondiale. Con l’espansione della popolazione mondiale, con il suo incrementato tenore di vita e col non razionale uso delle risorse naturali, fino allo spreco, abbiamo contribuito – e lo stiamo facendo – alla loro riduzione se non in alcuni casi all’impossibilità del loro utilizzo a causa dell’inquinamento da noi stessi causato.

Il consumo di suolo senza limiti va di pari passo con l’uso irrazionale delle risorse naturali.

Le stesse citate cause del declino qualitativo e quantitativo delle risorse naturali e del paesaggio, portano sempre più all’incremento dei pericoli geologici, che diventano rischi poiché colpiscono insediamenti, infrastrutture e le stesse nostre vite. Tutto ciò ha reso sempre più necessaria la promozione della cultura geologica tra gli amministratori pubblici e tra la popolazione, promozione in grado di sostenere le attività della ricerca, professionali e imprenditoriali che interessano la sfera delle geoscienze.

La SIGEA fu costituita 30 anni fa proprio nell'intento di contribuire attivamente all'incremento di un programma di sensibilizzazione nazionale sui temi della Geologia Ambientale, individuando linee di ricerca, criteri, metodi, applicazioni possibili e cercando un orientamento adatto alla realtà italiana, anche se la letteratura internazionale già trattava l'argomento.

Pertanto, la domanda da cui partire è la seguente: come si è evoluta la Geologia Ambientale italiana nel corso di questi anni? Naturalmente non solo grazie alla SIGEA, ma anche al contributo di varie associazioni di categoria; grazie all'Università e agli Enti pubblici di ricerca quali l'ISPRA, il CNR, l'INGV, l'ENEA, ma soprattutto grazie alla "forza delle cose", cioè alla realtà dei fenomeni e dei processi che si sono sviluppati in Italia in questi ultimi 30 anni.

Per parte nostra, parliamo dell'**associazionismo geologico**, ci siamo impegnati nel continuare a formare e informare sulle varie tematiche coinvolgendo non soltanto geologi e altri tecnici quali agronomi, forestali, archeologi, architetti, ingegneri, ma una platea di persone più ampia possibile, più generale. Abbiamo cercato di farlo con ogni mezzo a nostra disposizione: dalle riviste scientifiche a quelle di carattere più divulgativo, ai concorsi fotografici dedicati ai paesaggi geologici, dalle interviste sui quotidiani a quelle televisive; sino a momenti seminariali, corsi, convegni, ed escursioni di studio sul territorio.

In che cosa è consistita, dunque, l'attività dell'associazionismo geologico? In tutti quei momenti in cui le Scienze della Terra hanno rappresentato un necessario supporto di conoscenze come la geoarcheologia o i cicli dei rifiuti, ma lavorando anche sull'immediato, vale a dire su temi che interessano il comune cittadino.

La Geologia Ambientale si è interessata anche delle risorse geologiche, rocce, minerali, suoli, acqua, risorse stratigrafiche, mettendo in evidenza la loro necessità per la comunità umana, nella prospettiva di uno sviluppo sostenibile. Abbiamo negli anni sviluppato il tema della geologia urbana analizzando diversi casi specifici di numerose città italiane. Un tema questo molto importante sia per la sicurezza dei luoghi dove trascorriamo la maggior parte del nostro tempo sia per una qualità della nostra vita. Di recente, si sta diffondendo sempre più in Italia un certo interesse per le formazioni e i processi geologici nei loro aspetti culturali, piacevoli, di curiosità, come i paesaggi geologici, i geositi, la geodiversità. In tal senso la SIGEA collabora fin dal 1993 con "ProGEO", l'Associazione internazionale del Cultural Heritage, nello studio e nella divulgazione di tali concetti e con ProGEO abbiamo organizzato due Simposi internazionali, uno a Roma nel 1994 e uno a Bari nel 2012.

Queste varie attività e tematiche sono state e vengono affrontate anche tra i **giovani e giovanissimi con interventi nella scuola**, nella convinzione che i risultati migliori e più duraturi si ottengano dialogando e coinvolgendo soprattutto le nuove generazioni, facendo leva anche sui concorsi fotografici indirizzati alle risorse geologiche e paesaggistiche.

Ora, alla luce di quanto detto, è evidente quanto la Geologia Ambientale sia sempre una materia di attualità, "sul pezzo" per dirla in termini giornalistici, interessandosi di problemi e minacce più o meno evidenti, ma che inevitabilmente ci riguardano (si pensi a quanto si è fatto in questi anni per la questione dell'amianto o del radon) provando a mostrare strade alternative.

Fin qui abbiamo detto cosa si è fatto in questi anni e cosa tutt'oggi caratterizza gli obiettivi della Geologia Ambientale, ma dobbiamo rivolgere lo sguardo in avanti, indicando quegli obiettivi e azioni che, a nostro avviso, la Geologia Ambientale dovrebbe perseguire per far fronte alle sfide future.

Crediamo si debba insistere anzitutto nella divulgazione scientifica, diffondendo la cultura geologica e incrementando la visibilità delle Geoscienze, non solo fra i tecnici ma anche nel largo pubblico, e in particolare tra i giovani, e possibilmente fra i cosiddetti "**decisori**", problema, quest'ultimo, molto più difficile.

Per far questo occorre che le Scienze della Terra sappiano mostrare la loro diretta applicabilità alla vita quotidiana più di quanto si sia fino a ora fatto. Il problema è la

difficoltà di **trasmettere i risultati della ricerca** scientifica e tecnologica al pubblico, alle imprese, ai decisori: è necessaria la presenza di qualificati professionisti in grado di saper comunicare per **fare da ponte** fra questi due poli, aspetto questo che in Italia è in gran parte carente.

È necessario sensibilizzare le coscienze e creare consapevolezza del ruolo strategico delle Geoscienze per il futuro della società umana. La comprensione del tempo della Terra, tipica delle Geoscienze, rivelatrice dei ritmi del profondo passato del Pianeta, rappresenta un utile strumento per elaborare una visione globale sugli eventi del Pianeta stesso, indispensabile per sperare in un futuro più sostenibile. Tutti hanno diritto di vivere in un ambiente migliore, più sano, più sicuro.

In questa direzione si è mosso il momento di celebrazione dei 30 anni di attività della SIGEA che vede tra gli eventi programmati il convegno “La geologia ambientale al servizio del Paese”.

Ci ritroviamo a vivere nell’Antropocene, epoca in cui l’attività dell’Uomo manipola sempre più i vari processi naturali e le risorse terrestri. Ma ci accorgiamo, a nostro spese, che nello stesso tempo la natura sconvolge i ritmi delle Comunità umane con una forza così potente che l’Uomo non può resistervi, se non vi si adegua.

Abbiamo costruito la nostra **modernità** su un assunto di fondo, ovvero sulla radicale divisione, divaricazione fra “Cultura” e “Natura”, strutturando su di essa la nostra immagine del mondo e il nostro operare tecnico-scientifico. Secondo questa visione l’uomo è ritenuto l’unico attore agente, capace di svincolarsi da qualsiasi dipendenza dalla Natura; lì dove alla Natura è riservato un ruolo periferico, marginale, concepita unicamente come dominio altro, sussistente in sé, dal quale estrarre risorse senza misura, ignorando o sottovalutandone i processi.

Improvvisamente ci accorgiamo dell’ingresso in scena di un nuovo attore, una Natura pericolosamente nuova capace di reagire alle azioni umane.

Dobbiamo rispetto verso questa nuova forma di Natura, conoscenza, adeguamento, **adattamento** ai suoi processi.

Potrà essere questa la sfida che le Scienze, fra cui la Geologia, dovranno affrontare prossimamente. Gli scienziati e i tecnici, conoscono già queste verità: bisogna fare in modo che **queste conoscenze vengano trasferite agli utilizzatori**, attività che in Italia è ancora particolarmente carente.

Ritornando all’organizzazione del nostro sodalizio, cosa ha permesso alla SIGEA-APS di crescere negli anni? Sicuramente la **interdisciplinarietà** dei suoi animatori e dei suoi iscritti e la partecipazione di persone con **diversi interessi**: accademici, professionisti, ricercatori degli enti di ricerca, ma anche semplici cultori dei temi affrontati.

Cosa ha garantito in tutti questi anni il sostentamento intellettuale di un sodalizio così fatto? La **conoscenza** dei temi affrontati nel rigore scientifico, la libera **critica** nelle discussioni senza censura alcuna, il **confronto** tra più esperti – anche al di fuori dell’associazione – di estrazioni diverse e con saperi diversi; la voglia di **condivisione e crescita collettiva** nell’ambito del sodalizio e alla fine la **comunicazione** utile a far sapere quello che si sta facendo e come lo si sta facendo. **Conoscenza, critica, confronto, condivisione, crescita collettiva, comunicazione.**

Questi sono gli elementi che hanno strutturato in 30 anni la SIGEA-APS; ma senza la **genuinità** delle persone, la voglia di stare insieme, la **generosità** nel dedicare tempo e in alcuni casi anche denaro, il senso di **lealtà e amicizia** e l’**assenza di interessi di carriera o economici**, senza questi aspetti il sodalizio non avrebbe retto e non sarebbe stato così incisivo nelle sue azioni. Per questo siamo soddisfatti di far parte di un gruppo di animatori che si arricchiscono con l’apporto dei più esperti e che vede anche giovani soci assumere un ruolo significativo.

Antonello Fiore e Giuseppe Gisotti

Introduzione

Nei giorni 10 e 11 del mese di ottobre 2022, è stato organizzato a Roma un Convegno dal titolo “La geologia ambientale al servizio del Paese” per celebrare i 30 anni di attività Società Italiana di Geologia Ambientale (SIGEA). Il programma dell’evento è stato definito da un Comitato Promotore costituito da Antonello Fiore, Eugenio Di Loreto, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti, Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Paola Pino d’Astore e Livia Soliani. L’evento si è svolto in presenza presso la prestigiosa sede della Società Geografica Italiana a Palazzo Mattei, all’interno del Parco di Villa Celimontana, ed è anche stato realizzato online in co organizzazione con l’Ordine dei Geologi del Lazio. L’apertura dei lavori ha visto la partecipazione con gli indirizzi di saluto del Segretario della Società Geografica Italiana e dai Presidenti del Consiglio Nazionale dei Geologi e dell’Ordine dei Geologi del Lazio e la presentazione del programma da parte del Presidente della SIGEA.

Il convegno è stato articolato in tre sessioni: 1) Rischi geologici; 2) Rischi ambientali; 3) Risorse geologiche. Le sessioni, introdotte da rappresentanti di vari Enti di ricerca (ENEA, CNR e ISPRA) e di associazioni ambientaliste, hanno visto la partecipazione con il contributo orale di ben 21 illustri autori. A conclusione delle tre sessioni del Convegno è stato organizzato, dalla Sezione laziale di SIGEA, un geo trekking nel Centro storico di Roma, che ha visto la partecipazione di 35 soci, i quali hanno avuto modo di conoscere la geologia, l’archeologia e le vicende storiche di alcuni dei geositi urbani.

Durante i lavori delle due giornate, intervallati alle tre sessioni, si sono succedute anche avvenimenti significativi per l’associazione, come: la premiazione dei Soci fondatori, i quali hanno voluto condividere alcuni suggestivi momenti dei primi anni di attività della SIGEA. La premiazione del primo Concorso fotografico, “Scopri e fotografa i geositi delle Regioni italiane”, organizzato da SIGEA insieme ad ISPRA, riservato alle scuole primarie, che è stata una delle attività più significative per la diffusione culturale delle Scienze della Terra tra le giovani generazioni. Infine, la Cerimonia di premiazione del premio SIGEA-APS, che quest’anno ha nominato la Prof.ssa Francesca Bozzano e il dott. Erasmo D’Angelis che si sono distinti per aver collaborato insieme alla SIGEA ad attività per la “Salvaguardia dell’ambiente naturale e antropizzato, per la gestione responsabile del territorio e delle sue risorse”. La Chiusura dei lavori del Convegno è stata affidata al Presidente Onorario Giuseppe Gisotti che, grazie al suo costante e smisurato impegno, è stato l’artefice principale dei notevoli risultati raggiunti dalla Società Italiana di Geologia Ambientale in questi 30 anni di attività.

La larga partecipazione in presenza ed on line all’evento, è stata confermata anche dal considerevole numero di comunicazioni in forma di abstract pervenute (82), redatte da Ricercatori Universitari, Ricercatori delle strutture tecniche dello Stato, Funzionari e dirigenti di Amministrazioni locali e liberi professionisti, di eterogenea estrazione disciplinare. Il riscontro che tutte e tre le sessioni hanno trovato larga partecipazione è motivo di grande soddisfazione anche perché oltre alle scienze della terra sono arrivati contributi da autori che operano in differenti discipline ambientali, confermando che la multidisciplinarietà costituisce un’esigenza metodologica indispensabile che porta a eccellenti risultati. Il notevole numero di note scritte raccolte (103), ha convinto il comitato editoriale a predisporre questo Supplemento on line alla rivista Geologia dell’Ambiente, che riteniamo rappresenti un apprezzabile contributo alla conoscenza dei vari aspetti della geologia ambientale. Il contenuto del volume si suddivide in tre sezioni distinte, nella quale sono riportati gli abstract delle Relazioni orali nell’ordine di intervento al Convegno e gli abstract giunti in forma scritta, rigorosamente in ordine alfabetico degli Autori con i nominativi riportati all’inizio di ciascun contributo, con indicato anche il loro indirizzo email. I testi pervenuti sono corredati da diverse figure e/o da Grafici e tabelle che sono di aiuto al lettore. E’ nostra intenzione pubblicare sulla Rivista cartacea Geologia dell’Ambiente gli articoli estesi degli abstract agli autori che siano interessati.

Intendo chiudere questa nota introduttiva con un cordiale ringraziamento ai tre Coordinatori delle tre Sessioni che, insieme al sottoscritto, hanno curato la redazione del Supplemento (prof. Masciocco, dott. Baldi e prof. Bentivenga), nonché a tutti gli autori delle comunicazioni orali e scritte. Una particolare riconoscenza va a tutti i componenti del Comitato organizzativo del Convegno che hanno promosso l'iniziativa e partecipato con entusiasmo alla sua organizzazione e infine a tutti quanto hanno collaborato alla buona riuscita della manifestazione.

Questo anniversario simbolico ci ricorda i 30 anni, da quando, nel maggio del 1992, uno sparuto gruppo di geologi dirigenti dello Stato, liberi professionisti, professori universitari, Forestali e una pedologa, di origini Olandesi, hanno costituito la SIGEA che fin da allora si è impegnata nell'attività di organizzare corsi e convegni, a divulgare e porre all'attenzione dell'opinione pubblica le tematiche del corretto uso del territorio. Durante questo periodo storico l'opinione pubblica è diventata più consapevole del ruolo sociale svolto dalle discipline scientifiche come la geologia ambientale. Il nuovo traguardo da raggiungere, così come indicato nel titolo del Convegno, è quello di essere utile al Paese per affrontare le future trasformazioni e le sfide innovative che ci attendono.

Eugenio Di Loreto

The background features a light gray circular emblem at the top center, containing a stylized tree or plant. Below the emblem are several horizontal, wavy bands of varying shades of gray, creating a layered, topographical effect. The text is centered over these elements.

**I SESSIONE
RISCHI GEOLOGICI**

SI GERA

we design for people

Professionalità, innovazione di processo, tecnologie proprietarie, investimenti in R&S e comunicazione d'impresa, ma soprattutto una inesauribile passione per il proprio lavoro. Queste le ragioni che hanno permesso ad ETS srl di essere tra le migliori 100 Società di ingegneria presenti nel panorama nazionale e tra le prime 1000 Società in Europa per crescita organica.



Introduzione

Il nostro territorio è soggetto a pericoli geologici di origine endogena (terremoti, tsunami, eruzioni vulcaniche) e di origine esogena (alluvioni, frane, *sinkhole*). Il **rischio geologico** è il prodotto della pericolosità geologica (H) per i due parametri di un eventuale bene esposto: la vulnerabilità del bene (V) e il suo valore (E). Se, ad esempio, un'abitazione non viene costruita in una zona pericolosa, il rischio è nullo. Pertanto basterebbe non esporsi in zone pericolose dal punto di vista geologico per eliminare il rischio geologico.

Nel nostro Paese, solo il **rischio sismico** non è eliminabile. Infatti il pericolo sismico si concentra sui margini delle placche litosferiche e, purtroppo, l'Italia è un margine tra due placche convergenti: la placca euroasiatica e la placca africana. Per tale ragione, non ci resta che convivere con frequenti terremoti, cercando di mitigare il rischio con l'adozione di tecniche antisismiche nelle costruzioni e nelle ristrutturazioni degli edifici ed evitando di costruire a pochi metri dal mare (situazione riscontrabile frequentemente sui nostri litorali) per non esporci ad eventuali maremoti...

Invece il **rischio vulcanico** potrebbe essere annullato: basterebbe non abitare nei pressi dei 10 vulcani attivi segnalati dall'INGV: Colli Albani, Campi Flegrei, Ischia, Vesuvio, Stromboli, Panarea, Lipari, Vulcano, Etna, Pantelleria. Purtroppo sono tutte zone abitate e la città metropolitana di Napoli, con la più alta densità abitativa d'Italia, è la zona a più alto rischio vulcanico al mondo.

Anche il **rischio geo-idrologico** sarebbe facilmente annullabile. Una corretta pianificazione territoriale dovrebbe impedire di costruire sia in zone ad alta energia del rilievo suscettibili alle frane sia in corrispondenza degli impluvi ove, naturalmente, si concentrano tutti i flussi (inondazioni, alluvioni, colate di terra, colate di detrito, valanghe e, tornando al rischio vulcanico, anche colate laviche, nubi ardenti, *lahar*...). Sono invece innumerevoli i casi di costruzioni accanto e addirittura sopra i corsi d'acqua (tristemente famosi sono i casi di Genova, delle Cinque Terre, della Costiera Amalfitana). Purtroppo, in occasione di ogni evento alluvionale, i mass media ci informano sulle condizioni delle abitazioni inondate da acqua e fango ma quasi mai ci informano sulla inidonea ubicazione di tali costruzioni. Inoltre la legge prevede ancora oggi che, in queste zone pericolose, a seguito della realizzazione di opere di difesa, saranno possibili nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti: in tal modo, il rischio viene ulteriormente aumentato a causa dell'incremento del valore esposto, rendendo inutile l'effetto mitigatore degli interventi realizzati.

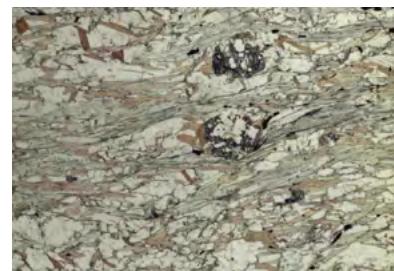
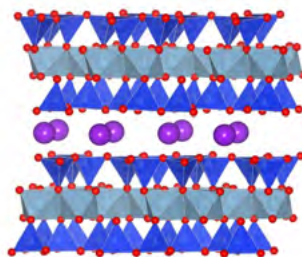
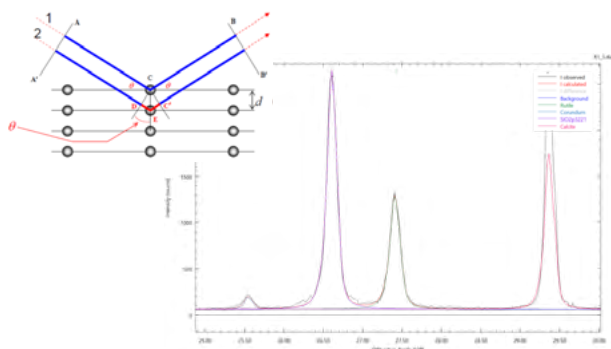
Restiamo pertanto in fiduciosa attesa dell'introduzione di una certificazione obbligatoria sulla pericolosità geologica nell'atto di compravendita degli edifici.

Luciano Masciocco



analitica

laboratorio analisi mineralogiche e ambientali



Il laboratorio **ANALITICA** sviluppa analisi e ricerca nel settore delle risorse minerarie, dei materiali industriali, della geologia, della salvaguardia ambientale e dei beni culturali

ANALITICA esegue analisi mineralogiche, chimiche, petrografiche e ambientali con tecniche e metodologie analitiche innovative:

- ◆ **Diffrazione a raggi X (XRD)**
- ◆ **Microscopia Ottica in Luce Polarizzata e Trasmessa**
- ◆ **Microscopia Elettronica a Scansione (SEM-EDS)**
- ◆ **Fluorescenza a raggi X (XRF)**
- ◆ **Microscopia Ottica in Contrasto di Fase (MOCF)**

ANALITICA è specializzata nell'analisi mineralogica e petrografica di rocce, suoli, sabbie e argille per studi in ambito geologico e caratterizzazione di aggregati/inerti per calcestruzzo

In campo ambientale il laboratorio **ANALITICA** è accreditato dal Ministero della Salute per eseguire il campionamento e analisi di amianto su campioni massivi, terre e rocce da scavo, materie prime e matrici aerodisperse

ANALITICA esegue la classificazione delle Fibre Artificiali Vetrose (FAV) e analisi di silice cristallina respirabile su campioni massivi e su filtro di campionamento in ambiente di lavoro

GEOLOGIA E AMBIENTE

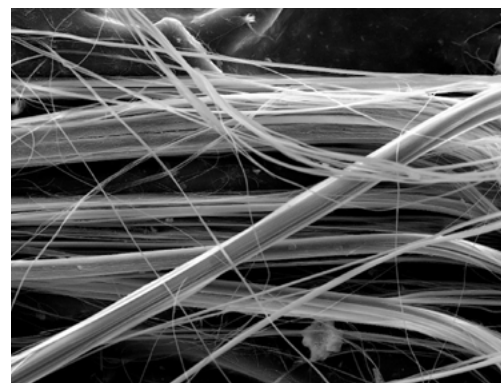
GEORISORSE E MATERIALI INDUSTRIALI

AMIANTO

SILICE CRISTALLINA RESPIRABILE

MONITORAGGIO AMBIENTALE

BENI CULTURALI



Via della Tecnica 75 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)

~ www.analitica-lab.it ~ info@analitica-lab.it ~ tel. 051-4598389 ~ 3475073694

Frane e rischio da frana in Italia: stato delle conoscenze

Domenico Calcaterra

Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse - Università degli Studi di Napoli Federico II
Email: domenico.calcaterra@unina.it

Landslides and landslide risk in Italy: state-of-the-art

Parole chiave: frane, rischio da frana, Italia, PNRR

Key words: landslides, landslide risk, Italy, NRRP (National Recovery and Resilience Plan)

Per circa quindici anni, a cavallo del millennio, in Italia la comunità scientifica e quella tecnico-amministrativa hanno vissuto una formidabile stagione di collaborazione, focalizzata sulla sicurezza del Paese nei riguardi di due delle principali sorgenti di pericolosità geoambientale: le frane e le alluvioni.

Il progetto IFFI, i Piani Straordinari ed i Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico sono state iniziative alle quali, con ruoli diversi ma complementari, Università, Enti di Ricerca, servizi tecnici nazionali e regionali, professionisti, Autorità di Bacino hanno offerto un rilevante contributo, consentendo al Paese di raggiungere un livello di conoscenze sul cosiddetto "rischio idrogeologico" che non aveva eguali al mondo.

All'indomani dell'entrata in vigore delle prime edizioni dei Piani Stralcio, l'attenzione dello Stato verso la difesa del suolo, intesa come azione preventiva e programmatica e non come intervento *ex-post*, è progressivamente scemata, pur in presenza di eventi di assoluta gravità (es.: Ischia, 2009; Atrani, 2010; Sicilia 2009, 2010, 2011; Liguria, 2011). Inequivocabile dimostrazione della totale assenza di una reale visione prospettica da parte dello Stato è la sorte subita dal progetto IFFI: finanziato in due riprese, nel 1997 e nel 2004, il suo ultimo aggiornamento globale risale al 2007, con dati che, in talune regioni, sono fortemente sottostimati rispetto all'effettiva presenza di frane sul territorio.

Meno appariscente, ma altrettanto significativa, è la sorte toccata ai Piani Stralcio, la quasi totalità dei quali si basa su dati risalenti, nella migliore delle ipotesi, ad oltre un decennio fa, con un impianto metodologico altrettanto datato.

Nel frattempo, il mondo della ricerca, continuando nella propria missione istituzionale, ha proseguito negli studi finalizzati ad un costante aggiornamento degli inventari e, soprattutto, alla definizione di nuove e più affidabili meto-

dologie di valutazione della pericolosità e del rischio da frana.

Oggi, per effetto del cospicuo flusso di danaro giunto in Italia attraverso il PNRR, lo Stato ha deciso di riconsiderare la propria azione, investendo non solo nella mitigazione strutturale del rischio da frana, ma anche in progetti di ricerca applicata, ad esempio nell'ambito delle cosiddette Infrastrutture della Ricerca e dei Partenariati Estesi.

In questa occasione, dopo aver evidenziato i principali traguardi raggiunti dalla comunità nazionale nel recente passato, saranno affrontati alcuni temi di attualità relativi alla franosità del nostro Paese ed alla valutazione della pericolosità e del rischio da frana.

Scopri tutta la
nostra gamma di
Penetrometri

per **Applicazioni
Geotecniche**



M **MASSENZA**
DRILLING RIGS

100 YEARS
SINCE 1921
MADE IN ITALY

Made in Italy
dal 1921

www.massenzarigs.it

La prima scelta dei perforatori per:

Pozzi d'acqua
Geotecnica
Geotermia
Ricerche minerarie
Sismica
Fondazioni
Micropali e Ancoraggi



I fenomeni di Sinkhole, problematiche aperte

Sinkhole phenomena, open problems

Stefania Nisio

ISPRA - Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia

E-mail: stefania.nisio@isprambiente.it

Parole chiave: sinkhole naturali, sinkhole antropogenici, classificazione sinkhole
Key words: natural sinkhole, anthropogenic sinkhole, sinkhole classification

Negli ultimi quarant'anni è stato registrato un aumento dei fenomeni di sprofondamento del terreno (sinkholes). I sinkholes si verificano in aree extraurbane, per lo più di pianura, per cause naturali connesse al contesto geologico (sinkhole naturali), ovvero in città, nelle aree più densamente urbanizzate (sinkhole antropogenici). I fenomeni naturali danno origine a voragini generalmente di forma sub-circolare di diametro variabile da alcuni metri a poche centinaia di metri, inoltre, possono avere dimensioni tali da originare veri e propri laghi di sprofondamento, attraverso un processo di annegamento, ed evolvere la loro forma nel tempo.

I sinkholes avvenuti negli ultimi anni sono stati censiti e studiati e hanno portato ad una migliore interpretazione dei meccanismi genetici; quelli formati in epoca storica o remota sono stati censiti attraverso ricerche storiche e cartografiche. Il censimento ad oggi più completo è stato compiuto da ISPRA che ha realizzato un Database Nazio-

nale, in cui raccolte alcune migliaia di eventi di sprofondamento.

Tuttavia, ancora oggi l'utilizzo del termine *sinkhole*, introdotto come sinonimo di dolina per la prima volta da Fairbridge (1968), ed in seguito da Monroe (1970), per indicare le depressioni sub-circolari in area carsica, ha generato confusione riguardo i meccanismi genetici del processo di sprofondamento. La genesi di un sinkhole, infatti, può essere molto differente e risulta necessario specificarne la tipologia.

Tra i meccanismi genetici, afferenti ai fenomeni naturali, il più peculiare è il *deep piping* ovvero l'erosione dal basso. Si tratta di un processo di *suffosione profonda*, che si realizza quando l'acqua all'interno dei terreni è abbondante e in pressione, riuscendo così a trovare vie di scorrimento e a provocare l'erosione attraverso la formazione di canalicoli a sviluppo sub-orizzontale e di condotti verticali lungo le linee di maggiore debolezza del territorio. I piping sinkhole non sono strettamente correlati al carsismo, poiché si originano al di sopra

di una potente copertura di terreni sedimentari semi-permeabili al tetto del bedrock. Gli spessori dei sedimenti di copertura, per lo più costituiti da alluvioni miste con alternanze di intervalli a differente granulometria, sono generalmente prossimi ai cento metri, a volte superano ampiamente tali valori.

La differenza sostanziale tra un *deep piping sinkhole* e un processo di erosione carsica è la risalita di fluidi in pressione dal basso verso.

Tra le problematiche ancora aperte vi è anche la difficoltà di realizzare una classificazione soddisfacente dei sinkholes in base alla casistica italiana. Tale difficoltà risiede nel fatto che lo sviluppo di tali fenomeni è spesso legato alla coesistenza di più variabili, la cui trattazione non risulta sempre di facile analisi. Molteplici sono infatti i fattori che partecipano all'evoluzione di uno sprofondamento catastrofico.

La più recente e completa classificazione proposta in ambito internazionale è quella di Waltham et al. (2005) in cui i fenomeni di sinkholes vengono suddivisi in sei tipologie: *sinkhole da dissoluzione*, *sinkhole da crollo*, *sinkhole della copertura*, *sinkhole per caduta a goccia*, *sinkhole da suffosione*, *sinkhole sepolti*.

La classificazione italiana divide i fenomeni in: sprofondamenti antropici (coincidenti con il termine di *anthropogenic sinkhole*) e sprofondamenti naturali (*natural sinkhole* in contrapposizione a quelli di origine antropica). Questi ultimi possono poi essere suddivisi in base al meccanismo genetico che li ha originati possono essere divisi in:

- i) fenomeni carsici;
- ii) fenomeni di evorsione o suffosione superficiale
- iii) fenomeni di piping profondo.

I fenomeni naturali censiti in Italia si concentrano in conche intramontane, valli alluvionali e in pianure costiere; subordinatamente alcuni fenomeni sono stati rinvenuti su fasce pedemontane di raccordo con aree di pianura ed in piccole depressioni intracollinari. Per molti



Figura 1. Il Sinkhole di Raveo (Friuli Venezia Giulia), aprile 2022



Figura 2. Sinkhole antropogenico 2011 nel parco della Caffarella Roma

sinkholes censiti è stata ipotizzata una stretta connessione con meccanismi di risalita di fluidi mineralizzati.

Le aree italiane suscettibili ai sinkholes naturali si concentrano sul medio versante tirrenico ed in particolare nelle regioni del Lazio, Abruzzo, Campania e Toscana. Il versante adriatico, a causa del proprio assetto geologico-strutturale, non è interessato da questo tipo di sinkholes, così come l'arco Alpino e le Dolomiti.

In Italia settentrionale le condizioni sono differenti: nelle pianure del Veneto ed in Emilia-Romagna, soprattutto in Pianura Padana alla confluenza del Po con l'Adige, sono presenti molti piccoli laghi di forma sub-circolare la cui formazione è imputabile a processi di evorsione (fenomeni erosivi legati a turbolenze ad asse verticale) a carico di corpi sedimentari caratterizzati da discreti spessori di materiali sabbiosi e/o a processi di liquefazione e suffosione.

In Emilia Romagna e in Lombardia sono inoltre diffuse voragini di piccolo diametro e modesta profondità i cui meccanismi genetici sono comparabili con la suffosione superficiale e l'evorsione. Nelle pianure e conche interne del Veneto, del Friuli, della Provincia Autonoma di Bolzano i fenomeni di sprofondamento sono strettamente controllati dalla dissoluzione di litotipi evaporitici e carbonatici che si rinvergono al di sotto di una copertura generalmente di modesto spessore, riconducibili pertanto a tipologie di *cover-collapse sinkhole*.

I fenomeni segnalati in Calabria, invece, sono riconducibili a depressioni, di diametro estremamente variabile, oggi ricolmate e pertanto di difficile ubicazione, originatesi, nella totalità dei casi, durante eventi sismici e connesse a fenomeni di liquefazione dei terreni.

Il contesto geologico appare sostanzialmente differente in Sicilia e in Puglia in cui i casi di sprofondamento sono condizionati dalla presenza di terreni evaporitici (gesso e sale) o calcarei e da coperture argillose o sabbiose di spessore più modesto.

I risultati finora raggiunti sui fenomeni censiti hanno permesso di individuare con maggiore precisione il contesto geologico-strutturale ed idrogeologico delle aree suscettibili ai sinkholes in Italia.

Caratteristica ricorrente in molte delle aree suscettibili è la presenza di faglie attive. Lungo esse, infatti, è stato possibile riconoscere allineamenti di sinkholes e di raggruppamenti di fenomeni.

I sinkholes antropogenici prevalgono, invece, nelle grandi città metropolitane, quali Roma e Napoli, e sono principalmente dovuti alla presenza di cavità sotterranee realizzate dall'uomo a vario titolo.

I sinkholes antropogenici sono provocati dal crollo di cavità antropiche presenti nel sottosuolo di molte aree urbane italiane provocano e hanno da sempre provocato danni alle infrastrutture, al patrimonio edilizio, con perdita talvolta di vite umane, ne sono esempio i casi di Roma e Napoli.

Le tipologie di cavità artificiali presenti in Italia sono molte, alcune di esse sono caratteristiche e tipiche di particolari realtà regionali.

I vuoti sotterranei sono stati realizzati principalmente per ricavare materiali da costruzione. L'estrazione di rocce piroclastiche come materiali per l'edilizia è stata diffusa nel Lazio ed in Campania; l'estrazione di inerti per i calcestruzzi, di sabbie e ghiaie per vari usi, ha prevalso nel Lazio, in Abruzzo ed in Puglia. Rocce calcaree particolarmente tenere sono state estratte sin da tempi preistorici da cave in sottosuolo della Puglia, della Sicilia e della Lombardia. Altre grandi cavità nel sottosuolo sono state realizzate per l'estrazione di minerali (gessi, sale, argento, pirite, oro ed altri metalli, carbone), prevalentemente in Sicilia, Calabria, Lombardia, Trentino Alto Adige, Toscana, Sardegna.

Inoltre, intricata rete caveale è stata realizzata al di sotto di molti centri urbani per la realizzazione di cisterne, serbatoi e cunicoli idraulici e per la costruzione di luoghi di culto sotterranei.

Non meno diffusa risulta la pratica antica di realizzare grotte utilizzate dapprima come rifugi di pastori e bestiame e, successivamente, nelle vicinanze o sopra a tali luoghi sono stati realizzati edifici ed abitazioni civili e le grotte utilizzate come cantine e depositi (Abruzzo, Marche, Basilicata, Puglia e Lazio).

Di tali reti caveali, che costituiscono a volte città sotterranee sotto la città, si è persa memoria, ovvero non sono adeguatamente riportate su cartografia specifica; tuttavia, esse sono ancora attive o sepolte da terreni di riporto facilmente asportabili per dilavamento.

La presenza di tali vuoti antropici ovviamente facilita l'insorgere di sprofondamenti di superficie che si perpetua in molti centri urbani da anni. A tali episodi si aggiungono sprofondamenti connessi a fenomeni naturali di dissoluzione carsica particolarmente spinti in formazioni litologiche evaporitiche o carbonatiche (particolarmente diffuse in Friuli Venezia Giulia, Sicilia e Puglia).

Inoltre, bisogna tener presente che il mancato controllo e la messa in sicurezza di tali cavità potrebbe amplificare gli effetti di eventuali sismi. I database realizzati a livello nazionale sinora in Italia risultano inadeguati sulle effettive realtà del fenomeno per tali tipologie di sinkhole e per il rischio ad essi associato è necessaria una conoscenza più approfondita del sottosuolo e l'esatta ubicazione delle cavità presenti al di sotto del tessuto urbano.

Innalzamento del livello del mare, erosione, sommersione e inondazione della fascia costiera in Mar Mediterraneo

Giuseppe Mastronuzzi
Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro
E-mail: giuseppe.mastronuzzi@uniba.it

Sea level rise, erosion, submersion and flooding of the coastal strip in the Mediterranean Sea

Parole chiave: livello del mare, erosione, sommersione, inondazione
Key words: sea level, erosion, submersion, flooding

Nel tempo geologico il livello del mare è cambiato di centinaia di metri come effetto diretto dei cambiamenti climatici globali che sono stati responsabili della fusione o dell'accrescimento dei ghiacciai e delle calotte glaciali e delle variazioni di temperatura degli oceani (p.e.: Valenzano *et al.*, 2018; Mastronuzzi *et al.*, 2020). Negli ultimi 7000 anni, il lento innalzamento relativo del livello del mare e il locale bilancio dei sedimenti hanno permesso la progradazione delle piane e dei sistemi mobili costieri (SMC) al tempo stesso proteggendo le aree costiere pianeggianti da sommersione e inondazioni anche da eventi parossistici quali gli tsunami (p.e.: Mastronuzzi e Sansò, 2012; Scardino *et al.*, 2021). I dati radar altimetrici e mareografici mostrano che l'aumento globale del livello del mare è accelerato negli ultimi anni e, attualmente, è di circa 3.4 mm/a e nel Mediterraneo di circa 2 mm/a mettendo in pericolo questi fragili sistemi che sono minacciati da processi naturali e attività umane (p.es.: Antonioli *et al.*, 2017; 2020; Marsico *et al.*, 2017; Anzidei *et al.*, 2021). Le proiezioni SL mostrate nel rapporto IPCC AR6 (IPCC, 2021) per diversi scenari climatici prevedono l'innalzamento eustatico del livello del mare nei prossimi decenni come conseguenza del riscaldamento globale e dello scioglimento dei ghiacci. È condiviso quale peggior caso lo scenario che prevede un innalzamento di 1.1m nel 2100 e oltre nel 2300 (Fig. 1).

Peraltro, il riscaldamento globale è il responsabile dell'aumento dell'energia di tempeste e cicloni anche nel Mediterraneo (MEDICANES). A scala mondiale questi eventi estremi causano

forti mareggiate, inondazioni (Scicchitano *et al.*, 2021), vittime e M€ di danni (Fig. 1) che superano quelli di terremoti ed eruzioni vulcaniche.

Negli ultimi millenni, i cambiamenti del livello del mare e dei movimenti verticali delle terre (MVT) sono condizionati dal contributo della deformazione del mantello e della litosfera (Lambeck *et al.*, 2011) (Global Isostatic Adjustment = GIA), attiva a scala glo-

bale dalla fine dell'ultima glaciazione. I MVT, che siano tettonici, vulcanici, naturali o antropici, possono influenzare la zona costiera inducendo rapidi cambiamenti nell'organizzazione dei SMC a loro volta particolarmente soggette agli effetti dei cambiamenti del livello del mare e dell'impatto delle tempeste perché sono sistemi in cui masse ed energie non sempre si compensano. I cambiamenti climatici e le attività an-

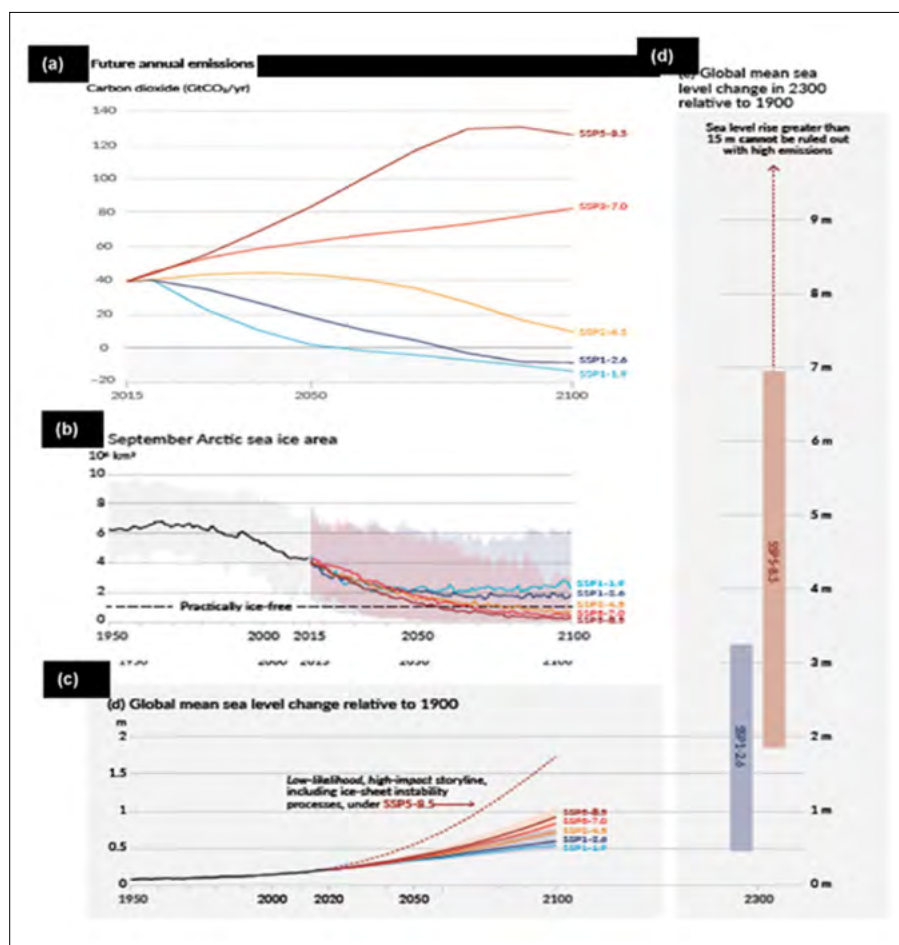


Figura 1. Proiezione delle variazioni del livello del mare per il 2100 (c) e per il 2300 (d) in funzione di: a - emissione di CO₂ in atmosfera; b - contributi derivanti dalla fusione dei ghiacci artici in accordo ai dati climatici registrati fra il 1950 e il 2015 (mod. da: IPCC, 2021)

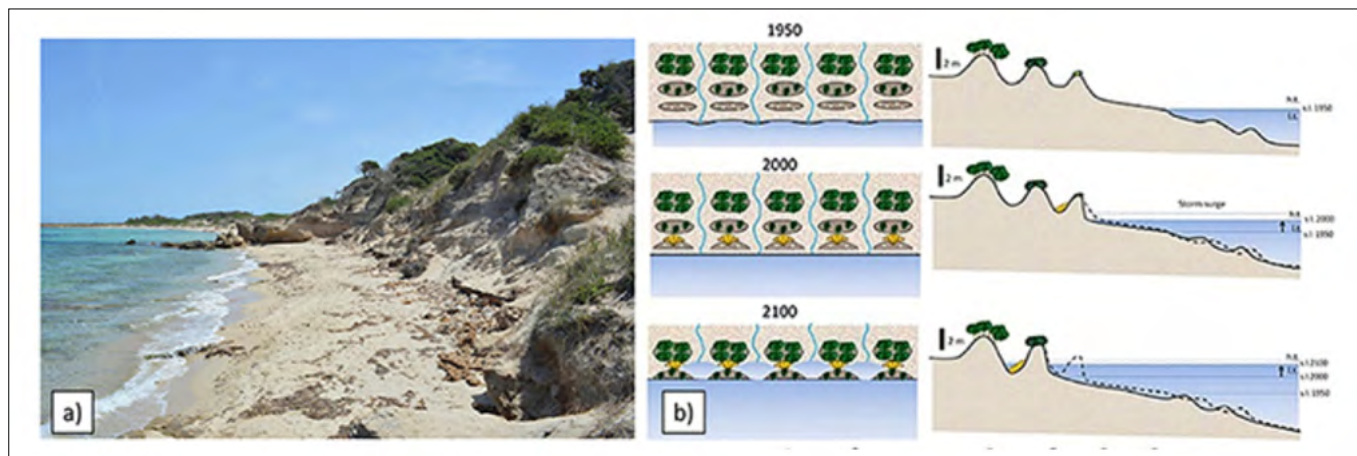


Figura 2. Cordoni dunari demoliti dall'erosione marina presso Torre Guaceto (a).

Il processo espone il retroduna all'inondazione e alla sommersione permanente: b – il modello concettuale di sommersione della costa in corrispondenza di SMC come conseguenza del sollevamento relativo del livello del mare (mod. da Scardino et al., 2020).

tropiche contribuiscono alla distruzione delle coperture biologiche che proteggono e stabilizzano il fondo marino e le dune mentre le spiagge in erosione non sono in grado di rifornire le dune in relazione ai mutati regimi eolici. Inoltre, eventi marini estremi e pressione antropica stanno interessando anche le pocket beach situate lungo coste rocciose. Con questi scenari gli SMC hanno un futuro incerto per i prossimi decenni. La loro capacità di resistere e di tornare alle condizioni precedenti può essere valutata in termini di resilienza.

Studi recenti hanno fornito le prime indicazioni su come i cambiamenti climatici potrebbero influenzare i SMC (p.es.: Scardino et al., 2020); questi sono anche bersaglio della pressione turistica che tende ad eliminare la copertura vegetale che stabilizza la morfologia, inibendone lo sviluppo e accelerandone l'erosione (Fig. 2),

L'innalzamento del livello del mare aumenta la pericolosità e la vulnerabilità, e quindi il rischio, cui sono esposte le aree costiere. In questo scenario è fondamentale comprendere e definire la capacità e la resilienza dei sistemi di spiaggia che sono esposte a rapidi cambiamenti e che proteggono naturalmente le aree interne al fine di definire l'effettivo rischio cui le aree costiere sono esposte definendo possibili scenari di evoluzione costiera con un approccio non descrittivo ma quantitativo-deterministico.

La loro definizione è alla base di qualunque pianificazione di gestione integrata delle zone costiere (GIZC) in un'ottica di sviluppo della Blue Economy.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONIOLI F., ANZIDEI M., AMOROSI A., LO PRESTI V., MASTRONUZZI G., DEIANA G., DE FALCO G., FONTANA A., FONTOLAN G., MORETTI M., ORRÙ P., SERPELLONI E., SANNINO G., VECCHIO A. (2017), *Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: flooding risk scenarios for 2100*. *Quaternary Science Reviews*, 158, 29-43
- ANTONIOLI F., DE FALCO G., LO PRESTI V., MORETTI L., SCARDINO G., ANZIDEI M., BONALDO D., CARNIEL S., LEONI G., FURLANI S., MARSICO A., PETITTA M., RANDAZZO G., SCICCHITANO G., MASTRONUZZI G. (2020), *Relative Sea-Level Rise and Potential Submersion Risk for 2100 on 16 Coastal Plains of the Mediterranean Sea*. *Water*, 12, 2173;
- ANZIDEI M., SCICCHITANO G., SCARDINO G., BIGNAMI C. TOLOMEI C., VECCHIO A., SERPELLONI E., DE SANTIS V., MONACO C., MILELLA M., PISCITELLI A., MASTRONUZZI G. (2021), *Relative Sea-Level Rise Scenario for 2100 along the Coast of South Eastern Sicily (Italy) by InSAR Data, Satellite Images and High-Resolution Topography*. *Remote Sensing*, 13, 1108.
- IPCC (2021), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, 3949
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., FERRANTI L., LEONI G., SCICCHITANO G., SILENZI S. (2011), *Sea level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future*. *Quat. Int.* 2011, 232, 250-257.
- MARSICO A., LISCO S., LO PRESTI V., ANTONIOLI F., AMOROSI A., ANZIDEI M., DEIANA G., DE FALCO G., FONTANA A., FONTOLAN G., MORETTI M., ORRÙ P., SERPELLONI E., SANNINO G., VECCHIO A., MASTRONUZZI G. (2017), *Flooding scenario for four Italian coastal plains using three relative sea-level rise models*. *Journal of Maps*, 13, 2, 961-967.
- MASTRONUZZI G., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., AUCELLI P., CAPORIZZO C., DONADIO C., LO PRESTI V., MATTEI G., SCARDINO G., SCICCHITANO G., SPAMPINATO C.R., VECCHIO A. (2020), *Dove il mare incontra la terra*. In: *Il Mediterraneo e la sua storia*. Catalogo Mostra Thalassa, Museo Archeologico Nazionale di Napoli, 22-31pp.
- MASTRONUZZI G., SANSÒ P. (2012), *The role of large earthquakes and tsunamis in the Late Holocene evolution of Fortore River coastal plain (Apulia, Italy): a synthesis*. *Geomorphology*, 138, 89-99.
- SCARDINO G., SABATIER F., SCICCHITANO G., PISCITELLI A., MILELLA M., VECCHIO A., ANZIDEI M., MASTRONUZZI G. (2020), *Sea-Level Rise and Shoreline Changes Along an Open Sandy Coast: Case Study of Gulf of Taranto, Italy*. *Water*, 12; SCICCHITANO G., SCARDINO G., MONACO C., PISCITELLI A. MILELLA M., DE GIOIA F., MASTRONUZZI G. (2021), *COMPARING IMPACT EFFECTS OF COMMON STORMS AND MEDICANES ALONG THE COAST OF SOUTH-EASTERN SICILY*. *Marine Geology* (accepted).
- VALENZANO E., SCARDINO G., CIPRIANO G., FAGO P., CAPOLONGO D., DE GIOIA F., LISCO S., MORETTI M., MASTRONUZZI G. (2018), *Holocene morpho-sedimentary evolution of Mar Piccolo basin (Taranto, Italy)*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 41, 119-135;

Difesa dei litorali o difesa delle spiagge?

Enzo Pranzini
Università di Firenze, GNRAC
Email: enzo.pranzini@unifi.it

Coastal protection or beach protection?

Parole chiave: erosione costiera, difese costiere, ripascimenti artificiali, strategie di adattamento

Key words: coastal erosion, shore protection, artificial nourishment, adaptation strategies

Per molti anni la difesa dei litorali ha coinciso con la difesa dei centri abitati, e questo per effetto di una Legge del 1907 che metteva a disposizione dei comuni ingenti risorse per porli nelle condizioni di rispondere ad un fenomeno che iniziava ad interessare sempre più estesi tratti della costa italiana. Non essendosi ancora affermato il turismo balneare, la difesa consisteva spesso nella separazione degli edifici e delle vie di comunicazione dal mare attraverso scogliere ardenti alla costa, che hanno contribuito all'allontanamento della sabbia da riva. È anche per questo che molte città hanno perso la propria spiaggia, il cui valore sociale è stato messo in evidenza anche dai recenti fatti di cronaca.

Con il crescente uso della spiaggia a fini turistici, la lotta all'erosione ha cominciato ad utilizzare strutture che consentono di mantenere l'arenile, pur determinando la perdita delle spiagge poste sottoflutto. Anche nell'utilizzazione di queste opere si è

vista un'evoluzione, dall'uso prevalente di pennelli a quello delle scogliere parallele distaccate da riva, che negli ultimi anni sono diventate sommerse. In parallelo si è fatto sempre più ricorso ai ripascimenti artificiali, sia per espandere le spiagge sia per evitare che la protezione di un settore avesse un impatto negativo su quelli posti sottoflutto. Si è successivamente affermata anche la tecnica dei ripascimenti non protetti, che riducono il deficit sedimentario dei litorali senza modificarne le caratteristiche paesaggistiche e la fruibilità; i sedimenti che vengono persi lungo riva vanno ad alimentare i tratti di costa posti sottoflutto, mentre quelli che si muovono sui fondali maggiori li innalzano e contribuiscono a dissipare l'energia del moto ondo incidente.

La fonte di alimentazione, un tempo esclusivamente costituita da cave terrestri, è oggi ubicata in prevalenza sui fondali marini, dove dalla metà

degli anni '80 si è estratto un volume analogo a quello prelevato fino ad oggi dalle pianure alluvionali o estratto dalle montagne (oltre 20 milioni di metri cubi). Non viene qui considerato quanto refluito dalla spiaggia sommersa a quella emersa, operazione che comunque coinvolge volumi di sabbia limitati e da considerarsi finalizzata solo all'espansione dell'arenile per una sua utilizzazione stagionale.

Molte amministrazioni territoriali e i settori economici che basano la propria attività sullo sfruttamento turistico delle spiagge hanno maturato la convinzione che sia possibile mantenerle con i ripascimenti artificiali anche nei decenni futuri, nonostante che alla causa originaria dell'arretramento della linea di riva - il ridotto apporto sedimentario - si sia aggiunta quella dell'innalzamento del livello del mare (SLR), fenomeno che fino ad oggi ha costituito un fattore secondario nell'erosione costiera, ma che diverrà presto quello dominante.

Il mantenimento della spiaggia con ripascimenti protetti, ed ancor più con ripascimenti liberi, sarà insostenibile negli scenari meno ottimistici di innalzamento del livello del mare, e chi avrà fatto affidamento solo su questa strategia potrebbe accorgersi di aver sperperato risorse che potevano essere impiegate per intraprendere strade più sostenibili sul lungo periodo.

Si stima che oggi vengano estratte dal mare circa 40 miliardi di tonnellate di sabbia all'anno, circa il doppio di quanta ne portano tutti i fiumi del mondo.

La domanda di sabbia è in forte crescita, in particolare per le richieste di quei paesi che vogliono ampliare la propria superficie espandendosi in mare o elevando il territorio per contrastare l'innalzamento del livello del mare. Questo farà aumentare sempre più il costo della sabbia, anche nel caso in cui l'estrazione sui fondali di pertinenza dei singoli stati venisse salvaguardata, perché le ditte di

dragaggio potranno dettare le regole del mercato e, comunque, andare ad operare laddove i volumi da movimentare sono maggiori. Non dimentichiamo inoltre che la 'risorsa sabbia' sulla nostra piattaforma continentale è assai limitata e molti sono i condizionamenti ambientali presenti nel Mediterraneo.

Un altro aspetto che a livello globale pone preoccupazioni è che il mercato illegale della sabbia è il terzo, per valore, dopo quello della droga e quello della contraffazione.

Se volessimo mantenere il profilo naturale delle spiagge con un innalzamento del livello del mare di solo un metro* sui quasi 4.000 km di coste basse italiane, avremmo bisogno di oltre tre miliardi di metri cubi di sedimenti, e al costo attuale del dragaggio e del refluo (circa 15 euro a metro cubo) si arriva a 45 miliardi di euro.

Il volume sarebbe inferiore nel caso della realizzazione di spiagge pensili, ma vi si dovrebbe aggiungere il costo di costruzione delle nuove strutture sommerse e dell'adeguamento di quelle già realizzate, e considerare che non verrebbero comunque azzerate le perdite verso l'esterno.

L'innalzamento del livello del mare non determinerà solo un arretramento della linea di riva, cosa sulla quale già si pone poca attenzione da parte dei pianificatori e dei cittadini, ma avrà un impatto su tutto il territorio costiero, dato che comporta l'innalzamento del livello di base dei fiumi, con una maggiore probabilità di esondazioni e la necessità di adeguamento di tutte le strutture che ad esso si raccordano.

I pochi piani di adattamento al SLR si preoccupano di evitare le inondazioni da mare durante gli eventi estremi, in genere con la creazione di argini o l'innalzamento della viabilità costiera, ma questo non può risolvere i problemi generati da un livello del mare costantemente più alto.

Anche se in questa relazione ci occupiamo solo del futuro degli insediamenti che hanno nel turismo da spiaggia la principale attività economica, e quindi della difesa degli arenili, è evidente che le trasformazioni ambientali complessive a cui saranno soggette le fasce costiere non può non influenzare le strategie di difesa.

Un'analisi degli scenari futuri potrebbe dimostrare l'impossibilità di mantenere l'attuale assetto costiero e ogni strategia basata sulla conservazione della spiaggia, nella sua posizione ed estensione attuale, potrebbe rivelarsi fallimentare, con la perdita di tutti gli investimenti fatti. Al contrario, sarebbe opportuno attuare piani di adattamento e di arretramento, eventualmente con fasi intermedie che consentano il mantenimento delle attuali attività economiche (e sociali) pur con una graduale trasformazione in forme compatibili con gli scenari futuri e con le risorse economiche necessarie per il loro mantenimento.

Data l'impossibilità di difendere tutte le spiagge italiane è necessario (ed urgente!) decidere in quali tratti esse dovranno essere mantenute, e con quali risorse, e in quali saranno più sostenibili strategie diverse, di adattamento o di arretramento, che dovranno comunque garantire ai cittadini un uguale, se non migliore, livello di vita, non solo economico ma anche sociale. Ma sono scelte che, politicamente, non pagano sul breve termine, ed è altamente probabile che la nostra risposta all'innalzamento del mare sarà tardiva e perdente.

Purtroppo, gli scenari a cui spesso si fa riferimento riportano livelli del mare probabili con un determinato margine di sicurezza, e per questa ragione un metro sembra un valore elevato; ma nell'analisi del rischio si deve fare riferimento ad eventi, anche se poco probabili, teoricamente possibili: è per questo che in alcuni paesi si pianifica con valori di SLR assai superiori, anche 2,5 m nel 2100.

Il rischio sismico in Italia: sospesi tra conoscenza, inerzia istituzionale e fatalismo

Seismic risk in Italy: suspended between knowledge, institutional inertia and fatalism

Parole chiave: Pericolosità sismica, vulnerabilità, rischio sismico, prevenzione sismica
Key words: Seismic hazard, vulnerability, seismic risk, earthquake prevention

Nel 2009 ha tremato L'Aquila, nel 2012 la Bassa modenese, nel 2016 una vasta zona dell'Appennino centrale: tre disastri nel breve volgere di sette anni. I terremoti italiani stanno mettendo in evidenza sempre più chiaramente come le sorti sismiche del nostro paese siano legate soprattutto alla grande *vulnerabilità del costruito*: non solo quello storico e monumentale, ma anche quello moderno; un fenomeno che addirittura mostra una accelerazione. La vulnerabilità, infatti, è l'elemento che, con rare eccezioni, trasforma in disastri terremoti che non dovrebbero danneggiare seriamente costruzioni fatte a regola d'arte.

Secondo Guidoboni e Valensise ("Il peso economico e sociale dei disastri sismici in Italia negli ultimi 150 anni", Bononia University Press, 2011: si veda l'immagine), nei primi 150 anni dall'unità d'Italia il nostro paese è stato colpito da ben 34 terremoti disastrosi – 36 a oggi, includendo i terremoti dell'Emilia del 2012 e del centro Italia del 2016: in media uno ogni quattro anni e mezzo circa. Questi terremoti hanno causato oltre 150.000 vittime e hanno danneggiato gravemente oltre 1.600 località, incluse città come Rimini, L'Aquila, Avellino, Potenza, Cosenza, Vibo Valentia, Reggio Calabria e Messina. Secondo il *Centro Studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri*, tra il 1968 e oggi il solo costo delle ricostruzioni finanziate dallo stato centrale è stato di circa 150 miliardi di Euro, inclusivi dei 26,5 miliardi recentemente stimati come costo (parziale) dei terremoti del 2016 in Appennino centrale: in media 2,8 miliardi all'anno.

Questo progressivo aumento del costo dei disastri sismici non è inatteso. La pericolosità sismica, che in Italia è ormai conosciuta a un livello di dettaglio

raggiunto in poche altre aree del globo, non varia nel tempo. Viceversa, scorrendo l'elenco dei terremoti dell'Italia post-unitaria e leggendo le cronache che ne descrivono gli effetti emerge chiaramente che oltre a essere la causa principale e largamente ricorrente dei crolli e delle vittime, la *vulnerabilità del costruito* aumenta con il passare del tempo invece che diminuire, come sarebbe logico aspettarsi: come conseguenza, aumenta il *rischio sismico*. Lo ha dimostrato proprio il terremoto del 24 agosto 2016, un evento di magnitudo 6.0 che ha causato 300 vittime e la distruzione completa di un centro abitato: era andata meglio a L'Aquila nel 2009, quando un terremoto più forte (M 6.3), localizzato proprio sotto le fondamenta di una popolosa città storica, ha determinato un numero di vittime (309) confrontabile con quello del 2016, ma non ha causato la devastazione totale vista ad Amatrice.

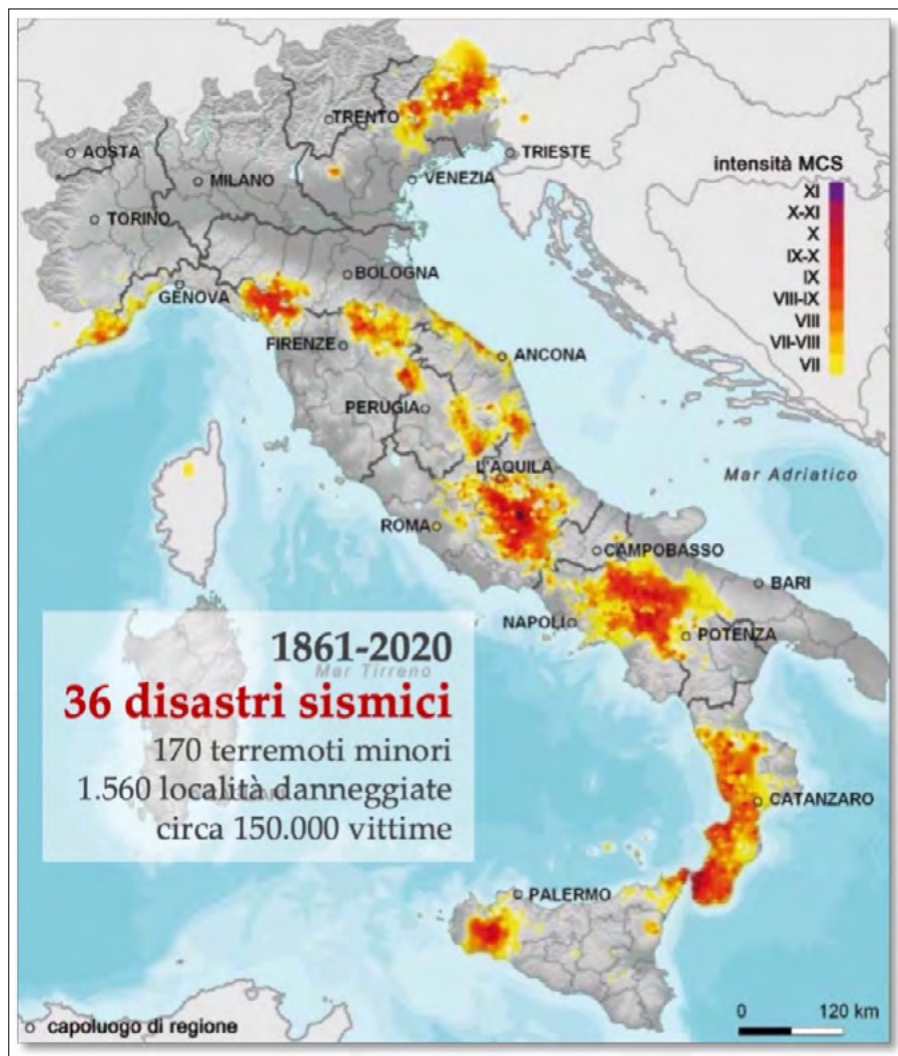
A cosa è dovuta questa vulnerabilità, e perché tende ad aumentare con il tempo? Sorprendentemente, in Italia la vulnerabilità del costruito non riflette necessariamente l'età media dell'edilizia residenziale e la presenza di edifici monumentali, ma ha cause di natura sociale, economica, amministrativa, culturale, quasi sempre intrecciate tra loro in un modo che le rende difficili da mettere a fuoco. Lo si è visto bene il 24 agosto 2016: come è apparso chiaro a tutti solo dopo il terremoto, Amatrice era una città estremamente vulnerabile, in cui edifici storici malamente ampliati e sopraelevati facevano da specchio a una *cultura del terremoto* di fatto inesistente, anche perché la città da tre secoli non viveva una vera catastrofe sismica. Viceversa, il terremoto di Norcia del successivo 30 ottobre, di magnitudo 6.5 e localizzato praticamente sotto la città, ha causato danni straordinariamente contenuti rispetto a ciò che sarebbe po-

tuto accadere. Due casi diametralmente opposti, quindi: Amatrice, cresciuta nell'*ignoranza* (nel senso letterale di *scarsa consapevolezza*) di abitanti e amministratori, fragile come un bicchiere di cristallo, e Norcia, le cui case sono state rese solide da una *cultura del terremoto* spontanea che probabilmente non ha uguali in Italia, e che rappresenta un miracolo di *consapevolezza e resilienza*. Un messaggio forte e chiaro per cittadini, amministratori e politici, a patto di volerlo ascoltare.

Quali sono i diversi elementi che contribuiscono ad *aumentare la vulnerabilità del costruito* in Italia? Iniziamo dalla *lentezza con cui la normativa antisismica viene recepita*, particolarmente quando prevede criteri di progettazione più stringenti rispetto alle norme precedenti; ne sono esempi il crollo della scuola di San Giuliano di Puglia il 31 ottobre 2002 e dei capannoni della Bassa modenese nel maggio 2012.

Un problema sconosciuto ai più, e per questo sottovalutato, è quello della *declassificazione* di numerosi centri abitati tra la fine degli anni '30 e l'inizio degli anni '80 del secolo scorso; quasi cinquanta anni, che includono il periodo di massimo sviluppo urbanistico dell'Italia postbellica. Ne sono un esempio eclatante e preoccupante diversi centri della costa romagnola e marchigiana; aree sismiche la cui pericolosità è oggi ben nota, ma il cui patrimonio edilizio è stato in larga misura progettato in assenza di norme antisismiche.

Un tema più noto è quello dell'uso di *tecniche edilizie improprie*, talora *imposte dalle norme*, come la prassi di caricare edifici in muratura di qualità povera o scadente con solai in cemento armato, rigidi e pesanti. Ne è un esempio il D.M. 3 marzo 1975 "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche", che obbligava i proprietari



a sostituire gli eventuali solai in legno ammalorati "...con solai in acciaio o cemento armato efficacemente incassati ed ancorati...".

C'è poi il tema dell'*abusivismo edilizio* e dell'*elusione* di piani regolatori e normative antisismiche, di cui si sono visti esempi eclatanti nei terremoti del 2016 nell'Italia centrale e del 2017 a Casamicciola. Va sottolineato che il tema dell'*abusivismo* non impatta solo sui singoli edifici, o insiemi di edifici, ma anche – in modo indiretto – su altri aspetti urbanistici che possono essere cruciali in caso di terremoto, quali la viabilità e l'efficienza delle reti dei servizi.

Va poi ricordato il problema della *corruzione in campo edilizio*, tema ben noto per via del fardello di drammi che porta con sé, inclusi dolorosi e spesso infiniti strascichi giudiziari. È stato stimato che la corruzione è stata la causa indiretta del crollo di 18 edifici e della morte di 149 su 309 vittime (quasi il 50%) nel terremoto del 2009 a L'Aquila. E sempre la corruzione, o quantomeno la negligenza dolosa nella scelta dei materiali usati per le costruzioni, sembra emergere come concausa del disastro di Amatrice.

Va infine considerato il fenomeno della *smemorizzazione* della popolazione, ovvero di quella ridotta o assente *consapevolezza della pericolosità sismica locale* determinata da un lungo silenzio sismico combinato con una insufficiente attenzione delle istituzioni: due precondizioni che hanno portato a quella *ignoranza* di cui si parlava nel caso di Amatrice.

Per decenni si è parlato di prevenzione degli effetti dei futuri terremoti, senza che nulla di concreto accadesse. Per invertire la rotta nel 2017 il Governo in carica ha varato il SismaBonus, oggi inglobato insieme all'EcoBonus nel SuperBonus 110%: un provvedimento cardine del PNRR. Una misura potenzialmente importante, che tuttavia è stata lasciata totalmente all'iniziativa dei singoli cittadini, senza alcun indirizzo dal governo nazionale; e per di più *regressiva*, ovvero suscettibile di favorire solo le porzioni più ricche e istruite della popolazione. Il risultato di queste scelte (o meglio, non scelte) è stato impietosamente fotografato da uno studio del Consiglio Nazionale degli Ingegneri, secondo cui il SismaBonus ha assorbito solo il 4% circa dei 38,7 miliardi di Euro

assegnati al Superbonus nel suo complesso: molto meno di quello spendiamo in media ogni anno per la ricostruzione. Una recente ricerca di Nomisma certifica che questo investimento ha generato un ritorno di 124,8 miliardi (pari al 7,0% del PIL), e per questo il SuperBonus è stato salutato come un successo dagli economisti *duri e puri*; ma è evidente che dal punto di vista della vulnerabilità sismica poco è cambiato dopo il 2016.

Come mai è successo questo, in un paese in cui si stima che almeno il 70% degli immobili non sia in grado di resistere a un forte terremoto? Diversi studi di psicologia ed economia comportamentale mostrano come gli incentivi fiscali funzionino bene nella prospettiva di vantaggi e ritorni conseguiti nell'immediato, ma non sugli (eventuali) risultati attesi nel lungo periodo: una circostanza che ha di fatto vanificato lo sforzo di prevenzione maldestramente intrapreso dallo Stato, e che ha *verificato*, nel senso letterale di "dimostrare vera", la celebre affermazione di Kofi Annan del 2002:

"Costruire una cultura di prevenzione non è facile. Mentre i costi della prevenzione debbono essere pagati nel presente, i suoi benefici si avvertono in un futuro distante. Per di più, i benefici non sono tangibili: essi sono i disastri che non sono accaduti."

Oggi il nostro paese sta traghettando tra un terremoto e l'altro, e con il sostanziale fallimento del SismaBonus ha perso un'occasione storica per invertire "in tempo di pace" la rotta della prevenzione. La statistica ci dice che non passerà molto tempo prima che una delle tante aree sismiche italiane sia colpita da un nuovo forte terremoto; un evento che quasi certamente troverà una comunità impreparata, che ha perso la memoria dei terremoti del passato, e di conseguenza colpirà edifici che sono stati resi più vulnerabili dal tempo e dalle scelte – o dalle mancate scelte – di chi li abita. E purtroppo di questo stato di cose non c'è traccia né nel dibattito pubblico, né tantomeno nei programmi elettorali delle principali forze politiche, in vista dell'avvio della XIX legislatura della Repubblica italiana.

Maremoti nel Mediterraneo e in Italia: storia, pericolosità e sistemi di difesa

Alessandro Amato

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Centro Allerta Tsunami
E-mail: alessandro.amato@ingv.it

Tsunamis in the Mediterranean and in Italy: history, hazard and warning systems

Parole chiave: Maremoti, pericolosità, rischio, Mediterraneo, sistemi di allerta
Key words: Tsunami, hazard, risk, Mediterranean, warning systems

Tra i rischi geologici che affliggono il nostro Paese c'è anche quello legato ai maremoti (o tsunami). Pur trattandosi di un fenomeno raro, se confrontato con i terremoti o con i fenomeni idrogeologici, l'impatto di questi eventi può essere drammatico, come testimoniato dalla storia degli tsunami nel Mediterraneo.

In un volume curato dalla SIGEA nel 2017 e pubblicato poi come Supplemento al n. 1/2018 di *Geologia dell'Ambiente*, avevo riassunto le caratteristiche del rischio tsunami nel Mediterraneo e avevo descritto la nascita e il funzionamento del Centro Allerta Tsunami dell'INGV, che era da poco entrato in operatività, come disciplinato dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 2017 e dal Gruppo di Coordinamento Intergovernativo dell'UNESCO denominato NEAMTWS (North-Atlantic, Mediterranean and connected seas Tsunami Warning System).

In ambito nazionale il CAT-INGV è uno dei tre Enti componenti del SiAM; gli altri due sono l'ISPRA, che gestisce la Rete Mareografica Nazionale e fornisce al CAT i dati per il monitoraggio del livello del mare lungo le coste italiane, e il Dipartimento della Protezione Civile nazionale (DPC) che provvede alla trasmissione tempestiva della messaggistica di allertamento ricevuta dal CAT a tutte le componenti del sistema di protezione civile nazionale. INGV e ISPRA, con il coordinamento del DPC, collaborano inoltre per la definizione delle aree di inondazione e di evacuazione in caso di allerta arancione o rossa (corrispondenti a *run-up* attesi inferiori o superiori a 1 metro).

In questo intervento descriverò le attività svolte in questi quattro anni, gli avanzamenti effettuati nel campo, le lezioni apprese, le criticità riscontrate e gli sviluppi futuri del monitoraggio degli tsunami.

Pur non essendosi verificati megatsunami dovuti a grandi terremoti come quelli dell'Indonesia del 2004 e del Giappone del 2011, gli ultimi anni hanno visto una notevole profusione di maremoti nel mondo, alcuni dei quali di grande impatto, sia indotti da terremoti (Kos-Bodrum, Grecia e Turchia, 2017; Palu, Indonesia, 2018; Samos-Izmir, Grecia e Turchia, 2020; Creta, 2020), sia da fenomeni vulcanici (Anak-Krakatau, Indonesia, 2018; Stromboli, 2019; Tonga, 2021).

Un elemento importante, già noto ma che gli eventi degli ultimi anni ci hanno ricordato, è che anche maremoti di modeste dimensioni possono essere dannosi; lo hanno dimostrato gli eventi avvenuti nel Mediterraneo in questi anni, in particolare quelli del 2017 e 2020 tra Grecia e Turchia. Questi maremoti, generati da terremoti di magnitudo tra 6.5 e 7.0, sono piuttosto frequenti nel nostro mare e contribuiscono in modo

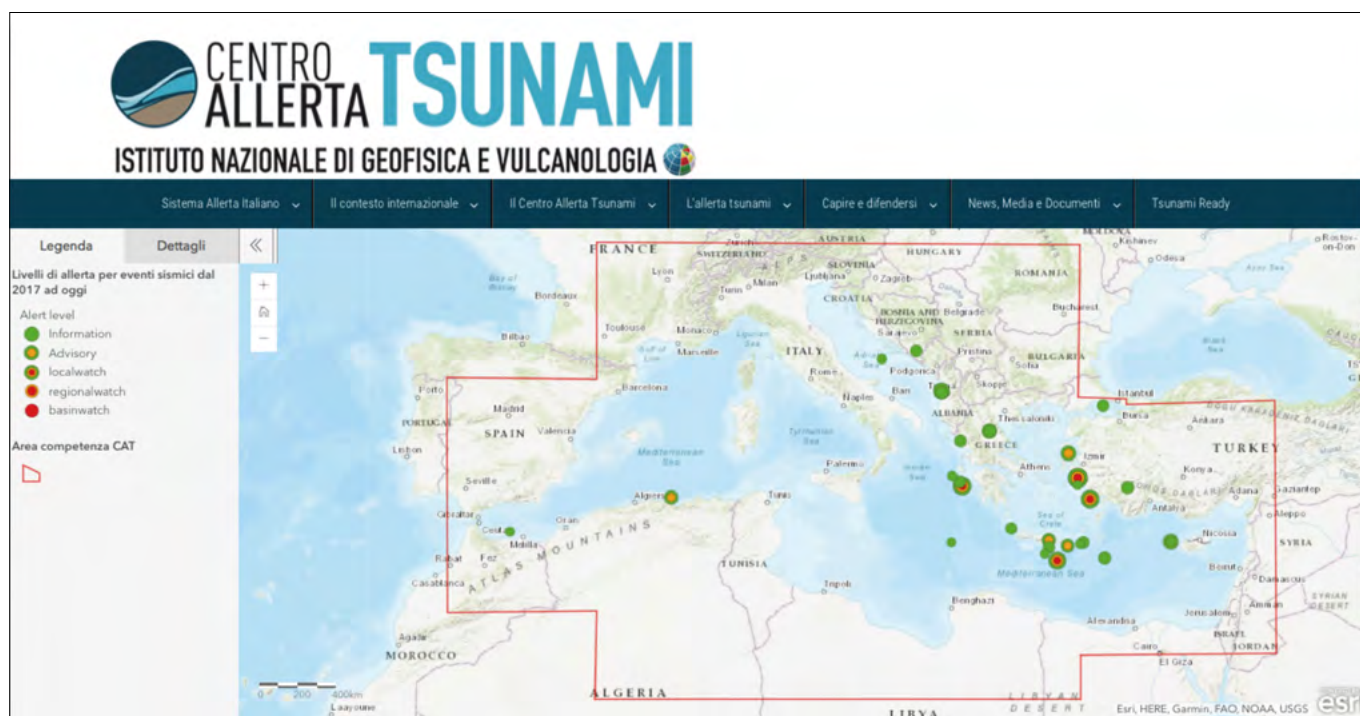


Figura 1. La home page del sito web del Centro Allerta Tsunami dell'INGV. I cerchi rappresentano gli epicentri dei terremoti che hanno attivato le procedure di allertamento dal 2017 all'8 settembre 2022. I diversi simboli indicano i livelli di allerta secondo la legenda in alto a sinistra

significativo alla pericolosità. Pur con livelli di *run-up* (massima quota topografica raggiunta dall'inondazione) massimi di circa 2-3 metri, essi sono in grado di provocare danni considerevoli e vittime.

Come mostrato dalla figura sotto, tra il 2017 e l'inizio di settembre 2022 il CAT si è attivato in 30 occasioni, durante le quali ha inviato i messaggi a numerosi Paesi del Mediterraneo, oltre che naturalmente al DPC. Di questi, 20 sono stati messaggi di Informazione (il livello più basso, che non richiede evacuazioni o azioni particolari di protezione civile), 6 di livello Arancione (o Advisory secondo la terminologia del NEAMTWS), corrispondente a un *run-up* atteso inferiore a 1 metro; 4 di livello Rosso (o Watch), con un livello di *run-up* atteso maggiore di 1 metro. Nessuna delle allerte rosse ha riguardato l'Italia; soltanto un caso ha comportato un'allerta - poi rientrata - di tipo Arancione per Puglia e Calabria. È interessante vedere come la risposta delle autorità locali in questa circostanza sia sintomo di una non conoscenza del fenomeno e di sottovalutazione del rischio.

Inoltre, non va dimenticato che il Mediterraneo è stato in passato teatro anche di "mega-tsunami" dovuti a grandi terremoti di subduzione, il più noto dei quali è quello del 365 d. C. a Creta. Gli effetti di questo evento sono stati devastanti per tutto il Mediterraneo orientale e hanno interessato anche le nostre coste. Il modello di pericolosità del nostro mare, infatti, basandosi sulle fonti storiche ma anche sulle conoscenze geologiche, comprende anche gli eventi legati alla subduzione ellenica, a quella di Cipro e a quella dell'arco calabro, sia pure con bassa probabilità di occorrenza.

In aggiunta a questi tsunami sismici, va ricordato che per il nostro mare contribuiscono al rischio maremoto altri fenomeni tsunamigenici, come i vulcani, le frane e in misura minore i meteo-tsunami.

Le linee lungo le quali si è mosso il CAT in questi anni sono numerose. Le principali sono i) la definizione della pericolosità da tsunami per le coste italiane e del Mediterraneo; ii) l'irrobustimento e la velocizzazione del sistema di allertamento; iii) lo sviluppo di nuove tecniche per migliorare le stime di impatto sulle coste; iv) l'analisi di eventi specifici del Mediterraneo e in altre regioni del mondo; v) lo studio della percezione del rischio tsunami; vi) il programma Tsunami Ready. In ultimo, va citata la collaborazione avviata molto recentemente (agosto 2022) del CAT con l'Università

di Firenze per lo sviluppo e la gestione coordinata del sistema locale di allertamento tsunami di Stromboli. Come è noto, il vulcano eoliano è stato in passato sede di maremoti significativi. Basti pensare agli oltre 10 metri di *run-up* osservati dopo lo tsunami del 2002 e agli eventi, meno impattanti ma pericolosi, del 2019.

In questo intervento riassumerò gli avanzamenti di questi ultimi anni, soffermandomi su alcuni eventi particolarmente significativi, e cercherò di evidenziare le strategie per il futuro dello studio e del monitoraggio degli tsunami, a livello globale e con un occhio specifico per i nostri mari.

BIBLIOGRAFIA

AMATO, A. (2020), *Some reflections on tsunami Early Warning Systems and their impact, with a look at the NEAMTWS*. Boll. Geofis. Teor. Appl., <https://doi.org/10.4430/bgta0329>.

AMATO, A., A. AVALLONE, R. BASILI, F. BERNARDI, B. BRIZUELA, L. GRAZIANI, A. HERRERO, M. C. LORENZINO, S. LORITO, F. M. MELE, *et al.* (2021), From Seismic Monitoring to Tsunami Warning in the Mediterranean Sea, *Seismol. Res. Lett.* XX, 1-21, <https://doi.org/10.1785/0220200437>.

BASILI, R., BRIZUELA, B., HERRERO, A., IQBAL, S., LORITO, S., MAESANO, F.E., MURPHY, S., PERFETTI, P., ROMANO, *et al.* (2021), The making of the NEAM Tsunami Hazard Model 2018 (NEAMTHM18). *Front. Earth Sci.*, <https://doi.org/10.3389/feart.2020.616594>

CERASE, A., CRESCIMBENE, M., LA LONGA, F., AMATO, A. (2019), *Tsunami Risk Perception in Southern Italy: first results from a sample survey*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 2887-2904, 2019 <https://doi.org/10.5194/nhess-19-2887-2019>

SELVA, J., A. AMATO, A. ARMIGLIATO, R. BASILI, F. BERNARDI, B. BRIZUELA, M. CERMINARA, M. DE' MICHELI VITTURI, D. DI BUCCI, P. DI MANNA, *et al.* (2021), *Tsunami risk management for crustal earthquakes and non-seismic sources in Italy*, *La Rivista del Nuovo Cimento*, Vol. 44, DOI: 10.1007/s40766-021-00016-9

LORITO, S., BEHRENS, J., LØVHOLT, F., ROSSETTO, T., SELVA, J. (2021), *Editorial: From Tsunami Science to Hazard and Risk Assessment: Methods and Models*. *Front. Earth Sci.* 9:764922. doi: <https://doi.org/10.3389/feart.2021.764922>.

SELVA, J., LORITO, S., VOLPE, M. *et al.* (2021), Probabilistic tsunami forecasting for early warning. *Nat Commun* 12, 5677. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25815-w>.

TONINI, R., P. DI MANNA, S. LORITO, J. SELVA, M. VOLPE, F. ROMANO, R. BASILI, B. BRIZUELA, *et al.* (2021), *Testing inundation maps for evacuation planning in Italy*. *Front. Earth Sci.*, <https://doi.org/10.3389/feart.2021.628061>

VALBONESI, C., AMATO, A. AND CERASE,

A. (2019), *The INGV Tsunami Alert Centre: analysis of the responsibility profiles, procedures and risk communication issues*. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 60, 359-374, doi: 10.4430/bgta0252.

SITOGRAFIA

SITO WEB DEL CENTRO ALLERTA TSUNAMI (CAT) INGV:

<https://www.ingv.it/cat/index.php/it/>
Bibliografia del Centro Allerta Tsunami:
<https://www.ingv.it/cat/it/attivita-del-centro/ricerca-scientifica/publicazioni-scientifiche>

Modello TSUMAPS-NEAM (Pericolosità Tsunami):

<http://www.tsumaps-neam.eu>
Catalogo dei maremoti Euro-Mediterraneo (EMTC):

https://tsunamiarchive.ingv.it/emtc.2.0/index_it.php

Database delle osservazioni tsunami in Italia (ITED):

https://tsunamiarchive.ingv.it/ited.1.0/index_it.php

Tsunami map viewer (ISPRA):

<http://sgi2.isprambiente.it/tsunamimap/>
Dipartimento di Protezione Civile nazionale (DPC):

<https://www.protezionecivile.gov.it/it/>

Io Non Rischio:

<https://iononrischio.protezionecivile.it/en/homepage/>

Story Map: In viaggio tra i maremoti del Mar Mediterraneo

<https://storymaps.arcgis.com/stories/8e0065089fc7432ea70576e721c4d686>

Story Map: Le allerte tsunami nel Mediterraneo 2017-2021

<https://ingvterremoti.com/2021/06/08/la-story-map-delle-allerte-tsunami-nel-mar-mediterraneo/>

Rischio eruzioni vulcaniche: azioni e interventi di mitigazione

Donatella De Rita

già Università degli Studi Roma Tre

Email: donatella@derita.it

Volcanic eruption risk: mitigation actions and interventions

Parole chiave: rischi geologici, eruzioni vulcaniche, prevenzione e mitigazione

Key words: geological risks, volcanic eruptions, prevention and mitigation

Le aree vulcaniche per l'elevata salubrità e fertilità dei terreni e in generale per le molte risorse che offrono sono state sempre scelte come luoghi privilegiati di insediamento abitativo e l'uomo vive e torna a vivere in aree appena devastate da un'eruzione vulcanica. Una recente analisi (Università di Bristol) ha calcolato che dal 1500 ad oggi circa 280 mila persone sono state uccise da eruzioni vulcaniche o da fenomeni connessi, di cui 170 mila sono relative a soli sei eventi. Eppure, ancora oggi più di 500 milioni di persone vivono vicino a un vulcano attivo. E questo considerando che tra i rischi naturali quello relativo alle eruzioni vulcaniche è considerato "prevedibile" perché generalmente i vulcani preannunciano la loro attività tramite una serie di fenomeni precursori (terremoti, fratturazioni del terreno, deformazioni dell'edificio vulcanico, variazioni nell'emissione dei gas e delle temperature dei fluidi, ecc.). Tuttavia, i fenomeni precursori sono solo indicatori di un processo in atto che per essere valutato deve basarsi su una profonda conoscenza della storia del vulcano ed è necessario avere ben chiaro il significato di pericolosità e rischio, considerando anche che il rischio vulcanico non è soltanto relativo all'eruzione ma a tutti i processi che accompagnano la vita e l'attività di un vulcano a partire dalla sismicità, i tremori, l'instabilità morfologica, con conseguenti frane e alluvioni, contaminazione del suolo e delle acque, emissione di elementi pericolosi per la vita come CO₂, radon fluoro, arsenico ecc. Alcuni di questi rischi si protraggono molto a lungo (centinaia di anni) esponendo l'area alla permanenza dell'esposizione al rischio.

La valutazione del rischio deve necessariamente partire dalla conoscenza della tipologia eruttiva che caratterizza ogni vulcano, dalla vicinanza o meno al vulcano dell'area in esame, dalla morfologia del territorio, dai venti predominanti e così via. L'attività di un vulcano

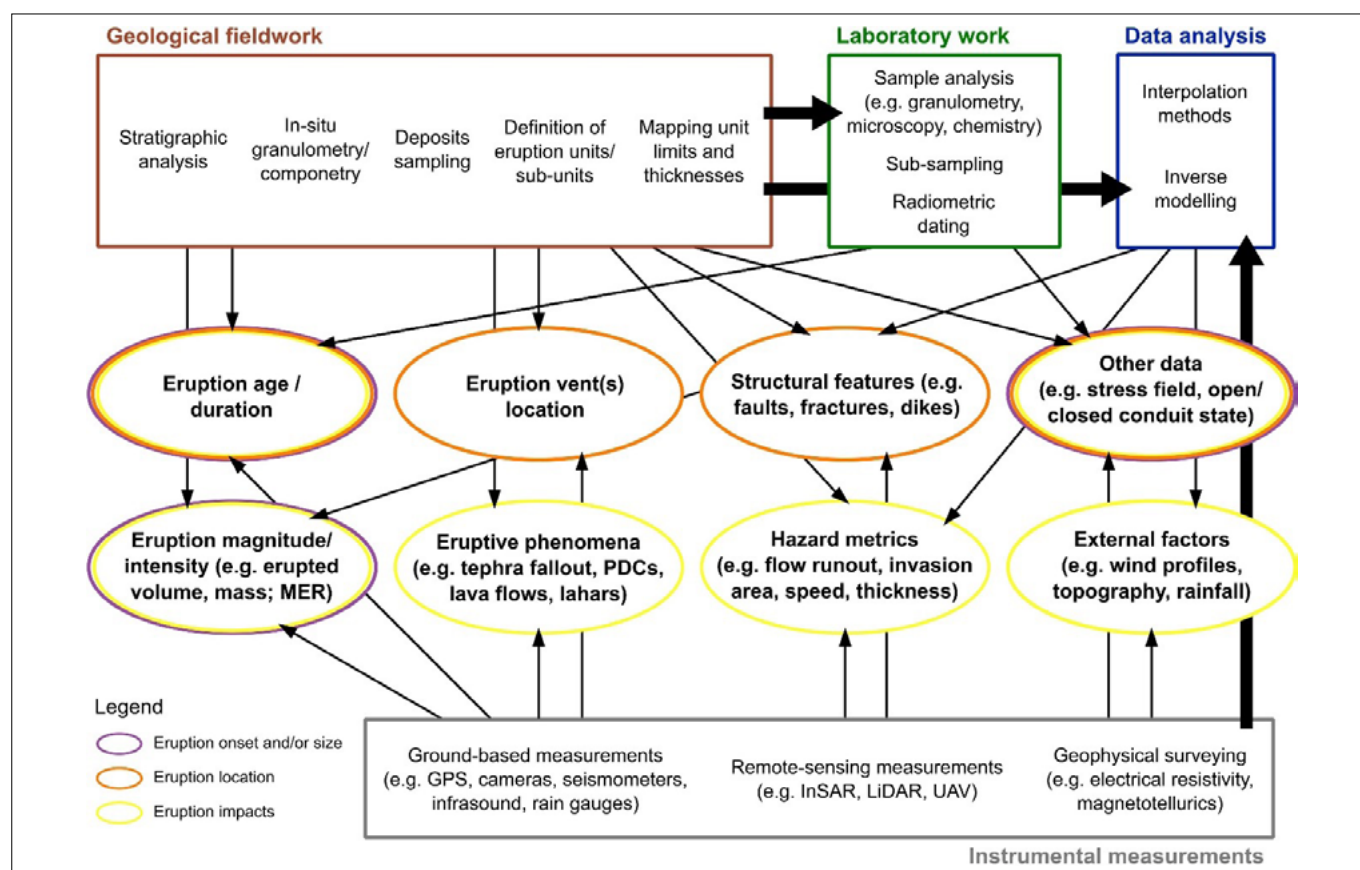
pericolosa per l'uomo include: emissione di colate di lava, caduta di proietti di grandi dimensioni (blocchi e bombe), la caduta e l'accumulo di particelle di piccole dimensioni (lapilli e ceneri), lo scorrimento di colate piroclastiche e di lahar sin (che si verificano, cioè, durante l'eruzione) e inter eruttivi (che si manifestano durante le fasi di quiescenza del vulcano), frane, contaminazione delle acque e dei suoli, emissioni di gas, maremoti, terremoti, tremori e bradisismi.

Il primo passo per la valutazione del rischio è studiare la pericolosità di ciascuno di questi processi in relazione alla storia del vulcano e alla posizione dell'area in esame rispetto al vulcano stesso. Si deve valutare la probabilità che un dato evento accada con quella specifica modalità in un arco di tempo determinato. In altre parole, basandosi sulla storia eruttiva del vulcano si valuta quale tipologia di evento è più probabile che accada. Quindi viene valutato come quell'evento impatterà sulle aree circostanti il vulcano per individuare quelle maggiormente esposte. La pericolosità infatti viene calcolata, come il prodotto tra la probabilità assoluta di eruzione e la probabilità relativa che il territorio in esame sia interessato dai caratteri specifici dell'eruzione. Le aree a ridosso del vulcano, se sono in prossimità di valli saranno esposte ad una situazione di maggior pericolo in caso di lahar o colate piroclastiche, rispetto ad aree posizionate più lontano e non in prossimità di importanti valli. Le aree localizzate nella direzione dei venti predominanti saranno maggiormente a rischio in caso di ricaduta di pomice e ceneri. La probabilità relativa che un'area intorno al vulcano sia interessata da lave, da flussi piroclastici e lahar viene stimata in base alla morfologia dell'area, alla passata storia eruttiva ed all'entità dell'eruzione in oggetto, mentre nel caso di ricadute di cenere sarà più importante la direzione dei venti. Una volta definita la pericolosità viene definita la vulnerabilità valutata in ba-

se al numero delle vite umane presenti nell'area e potenzialmente soggette agli effetti dell'eruzione. La vulnerabilità è bassa nel caso di un evento effusivo ma diviene più alta in caso di flussi piroclastici e lahar, con valori decrescenti con la distanza dal centro eruttivo. Il concetto di vulnerabilità è comunque molto complesso perché non include solo il valore delle vite umane ma anche l'impatto psicologico sulla perdita dei beni materiali. Secondo diversi autori la definizione generica di vulnerabilità potrebbe essere "la propensione al danno o alla disfunzione di vari elementi esposti (beni, persone, attività, funzioni, ambiente, sistemi) di un dato territorio e società. Questo implica che il concetto di vulnerabilità nella valutazione del rischio vulcanico deve essere esteso alla dimensione sociale ed economica dell'uomo.

L'uomo non è ancora in grado di diminuire la pericolosità dei vulcani. Le eruzioni sono infatti un processo naturale di evoluzione di un vulcano le cui leggi non sono ancora del tutto note agli scienziati. Quel che invece è possibile fare è attuare una corretta gestione del territorio e prevedere adeguate misure di prevenzione in grado di evitare e limitare l'aumento del valore esposto e della vulnerabilità. Il modo più efficace è rappresentato dalla pianificazione dello sviluppo del territorio al fine di contenere il valore esposto e programmare in modo efficace interventi come l'evacuazione preventiva della popolazione in caso di eruzione imminente o in corso.

Gli attori che partecipano al processo di mitigazione sono tanti a cominciare dalla Comunità scientifica che deve ricostruire in dettaglio la storia del vulcano e riconoscerne le principali caratteristiche per poterne definire la pericolosità. Il presupposto indispensabile per la definizione del rischio vulcanico è, infatti, la zonazione del territorio in funzione dei pericoli attesi da un vulcano, ovvero la delimitazione delle aree che potrebbero essere esposte ai diversi



Da : Tierz P. (2020): "Long-Term Probabilistic Volcanic Hazard Assessment Using Open and Non-open Data: Observations and Current Issues". *Front. Earth Sci.*, 23 July 2020 Sec. Volcanology. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00257>

pericoli. La zonazione, basata sulle caratteristiche dell'evento vulcanico atteso e sulla morfologia del territorio, viene rappresentata su carte di pericolosità. Se a queste carte si sovrappongono anche le variabili dipendenti dalla presenza dell'uomo e dall'uso del territorio, si costruiscono carte di rischio.

Su questa base la comunità scientifica è impegnata nella definizione della pericolosità a lungo e breve termine e alla costruzione delle carte di rischio. Una volta costruite carte di rischio lo Stato insieme alle Regioni e agli Enti locali interessati ha il compito di formulare programmi di previsione e prevenzione, promuovere la ricerca e lo sviluppo di sistemi di sorveglianza, oltre attuare piani di emergenza, assicurare i primi soccorsi in caso di evento, rilevare i danni e approvare i piani d'intervento per il superamento dell'emergenza e la ripresa delle normali attività. Importante è il compito di queste istituzioni di fornire un'informazione costante e precisa da parte della scuola, mezzi di comunicazione di massa, associazioni, ecc. per favorire una cultura della prevenzione.

E' inoltre fondamentale avere in aree vulcaniche un attivo sistema di sorveglianza che comprenda reti geofisiche e geochimiche. Le reti geofisiche controllano l'attività sismica, le deformazioni del suolo e le variazioni del campo gra-

vimetrico, mentre le reti geochimiche controllano le variazioni della composizione chimica dei gas emessi dalle fumarole e dal suolo, e di quelli disciolti nelle acque di falda. Per quest'ultimo aspetto interessante è il progetto MULTIMO (Multi-disciplinary monitoring, modelling and forecasting of volcanic hazard, anno 2005), finanziato dall'UE, che ha sviluppato un metodo per la rilevazione remota di emissioni di gas vulcanici, soprattutto l'anidride solforosa (SO₂), basandosi sull'elaborazione dei segnali geochimici emessi da vulcani in attività.

A partire dagli anni 80 per la valutazione del rischio vulcanico sono stati sviluppati numerosi strumenti deterministici offline; i principali sono Energy Cone (Sheridan, 1980; Malin e Sheridan, 1982), Titan2D (Pitman *et al.*, 2003; Sheridan *et al.*, 2004), VolcFlow (Kelfoun e Druitt, 2005; Kelfoun *et al.*, 2009), LaharZ (Schilling, 1998), PUFF (Searcy *et al.*, 1998), Tephra2 (Bonadonna *et al.*, 2005; Connor, 2006), Hazmap (Macedonio *et al.*, 2005), Fall3D (Costa *et al.*, 2006; Folch *et al.*, 2009) e Ash3d (Schwaiger *et al.*, 2012), Exploris (EU-FP6) e SPeED (Convenzione fra Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, Regione Campania e Centro Studi PLINIVS) per non dimenticare PLINIVS (Volcanic Impact Simulation Model) sviluppato nell'ambito di diversi

progetti nazionali e internazionali. Infine, il progetto Miavita (Mitigate and assess risk from volcanic impact on terrain and human activities; dal 2009 al 2012) che ha potuto essere direttamente sperimentato in occasione dell'eruzione del vulcano Merapi nell'ottobre-novembre 2010. Questo progetto si occupa della natura multidisciplinare della valutazione e della gestione della minaccia vulcanica nei paesi ICPC (International Cooperation Partner Countries) e per i vulcani europei. Miavita si è posto tre obiettivi principali. Sviluppare strumenti di prevenzione basati sul rilevamento del rischio e l'identificazione dei possibili scenari di danni. Migliorare le capacità di gestione della crisi attraverso monitoraggio, allarme rapido e comunicazioni sicure. Infine, ridurre la vulnerabilità delle comunità locali e dei sistemi ecologici e sviluppare la loro capacità di riprendersi da un'eruzione vulcanica.

Gli effetti delle eruzioni vulcaniche sull'ambiente sono stati dunque ampiamente indagati ed esiste ormai un numero elevato di studi, modelli e simulazioni per i diversi fenomeni eruttivi e i loro possibili impatti sul territorio. Tutti i modelli, a prescindere dalle azioni necessarie in caso di evento in atto, pongono l'accento sulla necessità della pianificazione dello sviluppo del territorio al fine di contenere il valore esposto.

Mappatura dei rischi idrogeologici e del rischio al cambiamento climatico per le infrastrutture

Hydrogeological and climate change risk mapping for infrastructure

Parole chiave: rischi geologici, trasformazione digitale, cambiamento climatico, monitoraggio, infrastrutture

Key words: geological risks, digital transformation, climate change, monitoring, infrastructures

Serena Pantaneschi
(serena.pantaneschi@etsingegneria.it)
ETS S.r.l.

Maria Giovanna Camuti
(mariagiovanna.camuti@etsingegneria.it)
ETS S.r.l.

Mario Calicchio
(mario.calicchio@etsingegneria.it)
ETS S.r.l.

Federico Foria
(federico.foria@etsingegneria.it)
ETS S.r.l.

Gabriele Miceli
(gabrielemiceli@etsingegneria.it)
ETS S.r.l.

ABSTRACT

Le conoscenze e gli strumenti per valutare e mitigare i rischi geologici sono fondamentali per identificare e gestire quantitativamente il territorio e le opere antropiche. Tra queste le infrastrutture di trasporto rientrano in quelle a maggior interferenza con i pericoli idrogeologici. Nel caso del dissesto idrogeologico risulta fondamentale comprendere i processi correlati all'erosione, alla degradazione superficiale dei versanti, fino alle forme più gravi come le frane e le esondazioni.

Inoltre, risulta sempre più di attualità la correlazione tra rischi geologici e cambiamento climatico: l'importanza della conoscenza dei processi geologici è basilare per la previsione, prevenzione e mitigazione dei rischi associati e per definire strategie sostenibili di adattamento.

Per cogliere questa sfida sulle infrastrutture è stato sviluppato un approccio basato su decisioni logiche e coordinate in un ambiente digitale e multidisciplinare, che prende il nome di MIRETS (Management and Identification of the Risk - ETS).

L'approccio è contestualizzato all'analisi delle priorità per i versanti e le scarpate incidenti con le infrastrutture tramite il modulo di Mappatura Idrogeologica che si integra con i moduli in sviluppo di Cambiamento Climatico e Rain Early Warning System (REWS). È presentata un'applicazione pratica di tale approccio per la linea ferroviaria Roma-Cassino-Napoli.

1. INTRODUZIONE

La relazione tra il cambiamento climatico e l'aumento del rischio geoidrologico e delle alluvioni in Europa è stata evidenziata da uno studio della Vienna University of Technology, pubblicato

nel 2019 sulla rivista Nature (1), in particolare per l'Europa nord-occidentale. I danni a livello europeo sono stimati a oltre 100 miliardi di dollari ogni anno. Secondo i dati del Climate Risk Index di Germanwatch (2), per l'Italia si parla di 19.947 vittime dal 1999 al 2018 per eventi meteorologici estremi (sesto posto a livello mondiale).

Eventi catastrofici come frane e alluvioni possono avere un impatto significativo sulla società, in termini di pericolo per la vita, incidendo sulle attività umane e sull'operatività delle infrastrutture che ne sono alla base.

Prevenire eventi di grande portata può evitare ingenti danni non solo di tipo tecnico, ma anche di impatto sociale ed economico. Tali danni possono essere evitati o resi più gestibili da un

corretto sistema di segnalazione e programmazione dell'allertamento e della manutenzione, sia essa ordinaria o straordinaria, nel rispetto dell'ambiente e del valore storico e sociale che le infrastrutture rappresentano.

L'approccio MIRETS consente l'analisi degli elementi concentrando su un flusso di lavoro integrato per collegare i dati di rilievo-ispezione per la geologia, la digitalizzazione, la diagnostica e la progettazione (Foria *et al.*, 2021a) (Fig. 1).

Viene adoperato un sistema di gestione e manutenzione per mantenere in efficienza l'infrastruttura ferroviaria, assicurando i massimi standard di qualità, sicurezza e affidabilità, garantendo la compatibilità dei costi con le risorse a disposizione.



Figura 1. Puzzle-chart della metodologia e delle milestones del MIRET: Rilievo e Ispezione (SI), Digitalizzazione (DI), Analisi delle Priorità (PA), Pianificazione e Progettazione (PD), Lavori e Manutenzione (WM), Monitoraggio (MO)

2. ANALISI DI PRIORITÀ DEI VERSANTI E DELLE SCARPATE, AMBIENTE DIGITALE E ANALISI DEI DATI

La fase iniziale, definita “*Analisi di Priorità dei versanti e delle scarpate*”, consiste nella raccolta dei dati con lo scopo di ottenere il quadro sinottico dello stato di fatto in cui versa l’infrastruttura. La raccolta dei dati (Fig. 2) è organizzata su più livelli.

Analisi bibliografica. Consiste nella raccolta di dati esistenti (carte geologiche, inventari ufficiali delle frane, dati di spostamento superficiale (InSAR) dal Geoportale Nazionale, dati meteorologici e altre fonti di GeoData aperte). Dall’analisi di tali dati è possibile valutare l’estensione e lo stato di attività del fenomeno considerato, nonché rilevare fenomeni non mappati.

Rilievi Lidar. Esecuzione di voli effettuati lungo la linea ferroviaria, su un corridoio largo circa 400 m, da cui è possibile ottenere un DTM (Digital Terrain Model) e DSM (Digital Surface Model) ad alta risoluzione dell’area (pixel di 50 cm) e un’ortomagine dettagliata (pixel di 10 cm).

ARCHITA. Sistema mobile mapping sviluppato da ETS per il rilievo delle pendenze delle trincee, generalmen-

te visibili solo dalla linea (Foria *et al.*, 2019). È un sistema multidimensionale, che permette di acquisire informazioni simultanee e integrate con l’impiego di diverse tecnologie, quali: laser scanner, georadar, termocamere e fotografie ad alta definizione. L’acquisizione dei dati avviene con limitato disturbo della circolazione del traffico, in quanto il sistema permette di rilevare l’intera infrastruttura a velocità sostenuta (i.e. 15-30 km/h) con un unico passaggio. I dati ottenuti da rilievo laser scanner e Lidar possono essere integrati/sovrapposti grazie al metodo di georeferenziazione ad alta precisione adottato per i sistemi di rilevamento.

In-Line Inspection (ILI). Ispezione lungo la linea ferroviaria finalizzata alla raccolta di dati in campo (rilievi geologici e geomorfologici locali; evidenze di processi geomorfologici in atto; verifica delle opere/strutture di bonifica dei pendii esistenti e loro condizioni). Inoltre, ci si avvale dei risultati provenienti da indagini geognostiche e strutturali, comprendenti prelievo di campioni per esecuzione di prove di laboratorio di suolo e meccanica delle rocce, finalizzate alla definizione dei parametri costitutivi per l’analisi preliminare di stabilità dei pendii su ogni porzione considerata.

L’integrazione di queste informazioni ci permette di eseguire: analisi

avanzate sulla caratterizzazione degli elementi attraverso la determinazione delle discontinuità e del comportamento strutturale dell’ammasso roccioso; valutazione della stabilità dei versanti con il calcolo del SMR (Slope Mass Rating); analisi geomorfometrica per analizzare il modello di espansione e analisi geotecnica (terreni) e cono d’ombra (caduta massi). Queste sono solo alcune delle componenti di questo servizio per calcolare l’impatto sulla linea ferroviaria.

I dati vengono digitalizzati e combinati in complesse analisi che consentono la mappatura dei versanti e delle scarpate lungo la linea ferroviaria attraverso l’identificazione della probabilità spaziale di accadimento delle frane e di altri eventi critici con una Analisi Spaziale Multicriteria (SMCA) (Foria *et al.*, 2021b).

Al fine di effettuare l’SMCA, il tratto di linea ferroviaria indagato viene suddiviso in segmenti della lunghezza di 10 metri ciascuno, analizzando separatamente il lato destro da quello sinistro.

L’indicatore viene calcolato con un algoritmo procedurale che tiene conto di diversi parametri (Calicchio *et al.*, 2022) e che permette di definire l’Indice di Priorità, ossia il livello di attenzione o condizione che determina l’ordine di gestione degli elementi infrastrutturali in base alla loro importanza relativa. Gli indici ottenuti rientrano in quattro

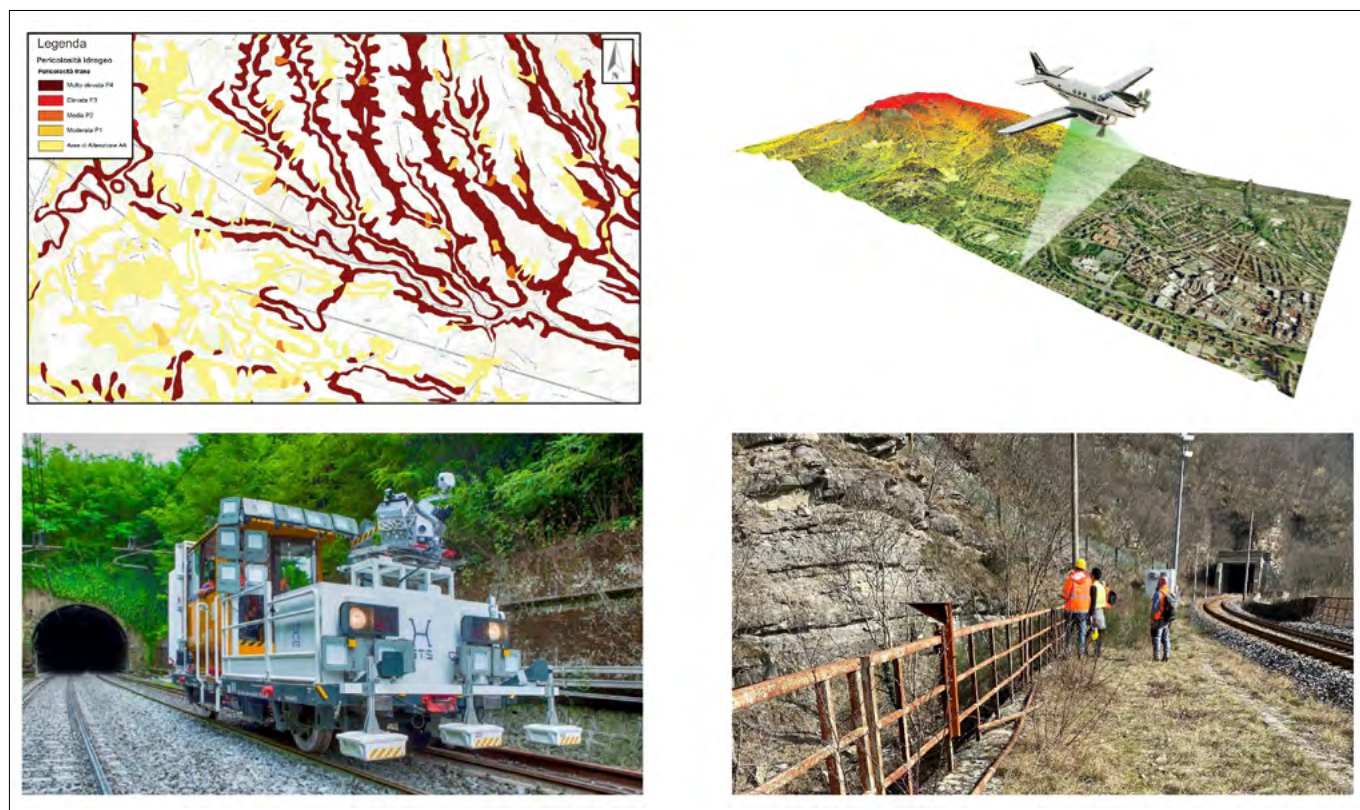


Figura 2. Raccolta dati. In alto a sinistra l’analisi bibliografica, in alto a destra rilievo con Airborne Lidar, in basso a sinistra rilievo mobile mapping, in basso a destra ispezioni in linea

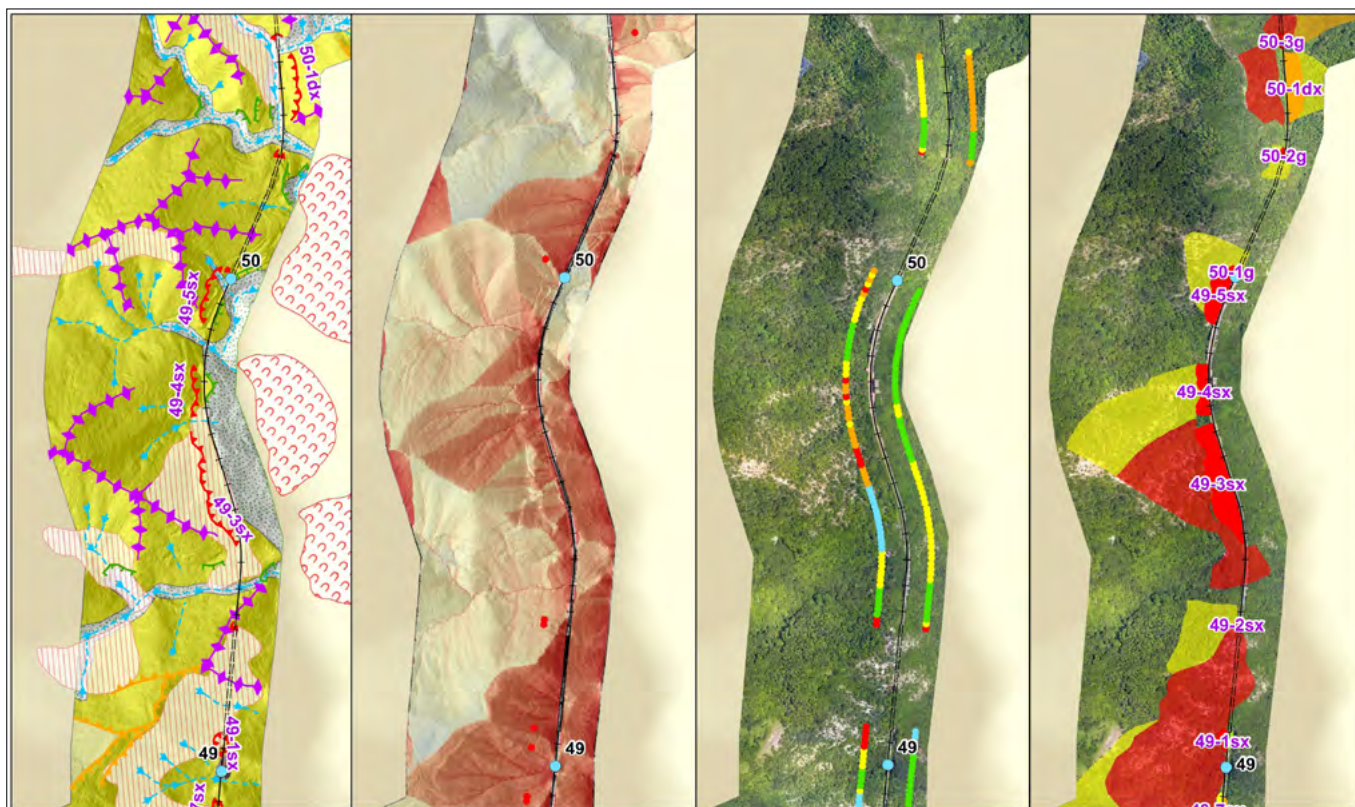


Figura 3. Un esempio di Analisi di Priorità per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria. La figura mostra un'applicazione per le frane. Da sinistra a destra: Carta Geomorfologica, Carta dell'Indice di Connettività (i punti rossi indicano il superamento di un valore di soglia), Valore dell'Indice finale, calcolato ogni 10 m lungo la linea, su entrambi i lati, e Carta di Priorità (Foria et al., 2021b)

Classi di Priorità che consentono di stabilire quali settori della linea ferroviaria hanno priorità maggiore rispetto ad altri: Non prioritaria (verde); Priorità 3

(gialla); Priorità 2 (arancione); Priorità 1 (rosso).
Tutti i dati analizzati sono georeferenziati, organizzati in un geodatabase e

disponibili su una piattaforma WebGIS sviluppata da ETS. Tale strumento consente la consultazione dei risultati delle analisi e permette la visualizzazione e la

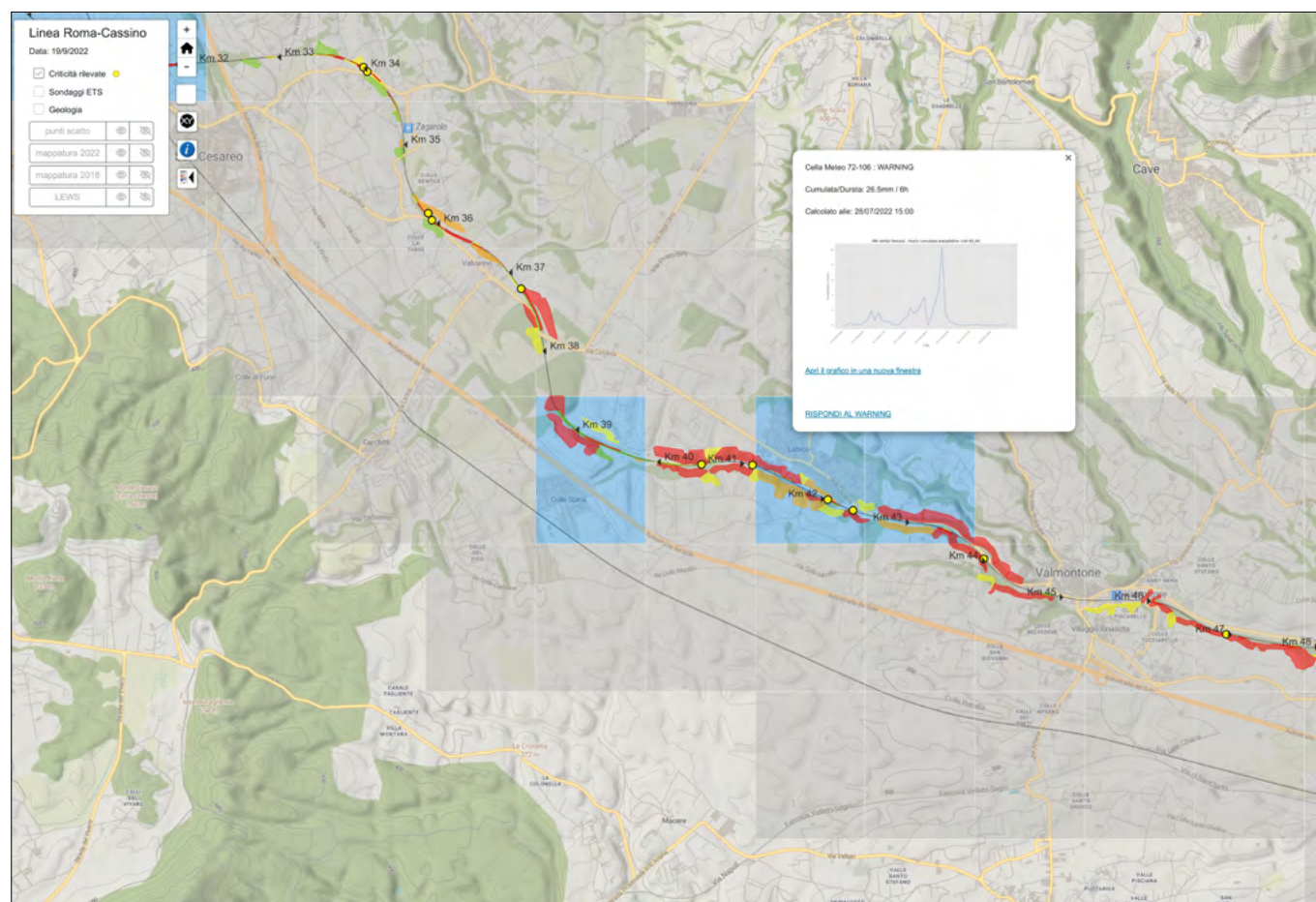


Figura 4. Visualizzazione piattaforma WebGIS con indici di priorità e EWS, della linea ferroviaria Roma-Cassino

gestione del rischio delle priorità, con possibilità di utilizzo da parte di qualsiasi utenza abilitata.

3. CASO STUDIO

La metodologia sopra descritta è stata applicata alla tratta Capannelle-Anagni della linea ferroviaria Roma-Cassino al fine di ottenere la Carta delle Priorità di intervento per la protezione da eventuali fenomeni di instabilità di versante.

All'interno della piattaforma è stato implementato anche un sistema di Early Warning per prevedere le frane in base alle previsioni di pioggia e al monitoraggio locale. I sistemi di monitoraggio e di allerta precoce sono soluzioni studiate su misura in base alle esigenze del cliente.

Per avere un quadro completo dei fenomeni di instabilità sono state effettuate due diverse analisi, rispettivamente per le scarpate ferroviarie e per i versanti sovrastanti queste ultime.

Nel primo caso, gli indici per le verifiche di stabilità sono calcolati tenendo conto della morfologia degli elementi, in termini di pendenza e di altezza; tali verifiche vengono svolte considerando sia un contesto di frana e scivolamento sia un contesto di crollo.

Per i versanti, caratterizzati da morfologie e geometrie molto variabili, nonché da una distanza variabile dalla linea ferroviaria, è stato utilizzato un approccio differente; questo è basato sul calcolo della possibilità che il materiale mobilizzato sulla scarpata possa geometricamente raggiungere la massicciata.

L'SMCA ha fornito un quadro generale delle problematiche riguardanti la linea, mediante il calcolo di un indicatore che esprime la propensione al dissesto per ciascun tratto elementare di linea; quindi, è stato possibile definire un elenco di interventi prioritari e progettare opere di protezione più appropriate.

Il flusso di lavoro MIRETS, con mappatura delle Priorità e approccio pianificatorio-progettuale integrato, può essere esteso ad altre strutture lineari, come strade, oleodotti, linee elettriche.

Questo approccio risulta ancora più efficace considerando anche le variazioni climatiche che si stanno osservando negli ultimi anni.

In particolare, nelle aree caratterizzate da una maggiore predisposizione al dissesto idrogeologico, eventi meteorologici di notevoli intensità possono

determinare condizioni di criticità significative.

Un sistema di allertamento, che permette di segnalare in tempo reale eventi piovosi sopra soglia, permetterebbe di gestire tempestivamente scenari potenzialmente pericolosi, pianificare interventi atti alla mitigazione del rischio idrogeologico e prevenire danni-interruzioni del servizio ferroviario.

La piattaforma WebGIS consentirà agli utenti di visualizzare e interrogare i dati e di interagire con il sistema, fornendo feedback sugli avvisi automatici generati dal REWS, supportando la calibrazione e l'ottimizzazione dei valori di soglia e degli scenari di riferimento.

NOTE

- (1) <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1495-6>
- (2) <https://www.germanwatch.org/en/17307>

BIBLIOGRAFIA

- CALICCHIO M., PANTANESCHI S., FORIA F., MICELI G. (2022), *Analisi delle priorità per la protezione delle linee ferroviarie dal rischio frane*. IAGIG 2022, Reggio Calabria.
- FORIA F., GIORDANO R., AVANCINI G., MICELI G. (2021a), *Mitigation measures Analysis for the protection of coastal railways in the Flysch of Western Liguria*. IOP Conference Series, Earth and Environmental Science, 833(1).
- FORIA F., MICELI G., TAMBURINI A., VILLA F., RECH A., EPIFANI F. (2021b), *Application of Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) to assess rockfall hazard and plan mitigation strategies along long infrastructures*. IOP Conference Series, Earth and Environmental Science, 833(1).
- FORIA F., PALTRINIERI E., AVANCINI G., TERRILE L. (2021), *Processi e tecnologie per la gestione del dissesto idrogeologico e del rischio alluvioni nelle infrastrutture*. L'Ufficio Tecnico 9, Passaggi Sicuri, 39-41.

Frane di sbarramento nelle Dolomiti: da geoindicatori dell'evoluzione ambientale a rischio per la popolazione

Alberto Bertini

Insegnante di scienze presso Polo Scolastico Follador di Agordo (BL)
E-mail: claraia@libero.it

Landslide dams in the Dolomites: from geoindicators of environmental evolution at risk for the population

Parole chiave: frane di sbarramento, Dolomiti, geoindicatori
Key words: landslide dams, Dolomites, geoindicators

Tra i numerosi tipi di frane che interessano un territorio montuoso, quelle conosciute con il termine inglese Landslide Dams rappresentano una serie di eventi abbastanza frequenti: quando una frana scende lungo un versante fluviale ostruendo l'alveo del corso d'acqua si può avere uno sbarramento con formazione di laghi a monte del corpo franoso (Upstream Lake). Il blocco delle acque può essere parziale o totale e la durata del bacino può essere variabile da caso a caso, da poche ore a giorni (effimero) oppure può avere origine un lago permanente. Questo comporta dei rischi se

la zona dove è avvenuta la formazione di un nuovo specchio lacustre è abitata: infatti la rottura improvvisa dell'invaso dovuta alla pressione delle acque tratteneute può portare a pericolosi episodi di inondazione per i territori a valle dello sbarramento (Downstream Outburst). Inoltre la creazione di un nuovo lago può portare ad aumentare il rischio di tsunami lacustri, come nel caso della seconda frana del 1771 caduta nel bacino di Alleghe formatosi alcuni mesi prima (Foto 1) Dal punto di vista ambientale la formazione rapida di un lago porta a dei cambiamenti anche notevoli nel paesaggio come ad esempio la perdita

di terreno coltivabile o per pascolo e la interruzione delle vie di comunicazione: inoltre la distruzione delle strutture e la perdita di vite umane possono arrecare danni notevoli sia dal punto di vista economico che sociale. Non va trascurato il fatto che lo sbarramento di un corso d'acqua, sia naturale che artificiale, modifica il livello di base della valle fluviale con conseguente aumento del rischio di inondazioni in aree precedentemente più sicure. È per questo motivo che le landslide dams possono essere considerate Geoindicatori, intendendo con questo termine una serie di indicatori di natura geologica utilizzati per valutare

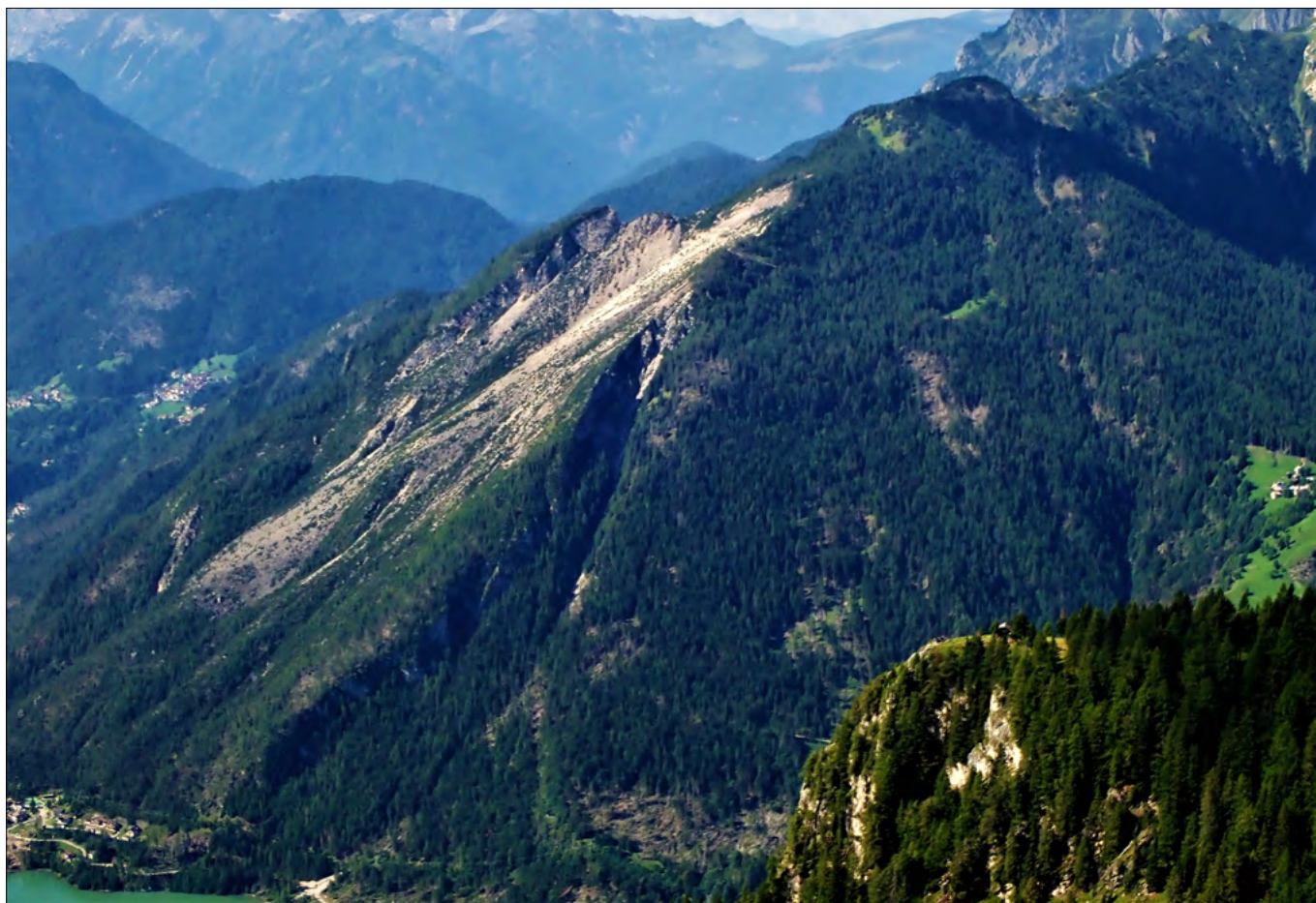


Foto 1. La frana del 1771 che ha dato origine al Lago di Alleghe



Foto 2. La piana tra Col di Rocca e Sottoguda (Val Pettorina, Belluno) sede di un antico laghetto dopo la frana sismoindotta del Sasso Bianco avvenuta nel 1117)

i rapidi cambiamenti ambientali di una determinata zona (Berger 1997).

Le frane di sbarramento sono numerose in tutto il territorio montano italiano: sono stati costruiti database con eventi di varie località italiane (Alpi, Appennino). In questo articolo vengono descritti casi di blocco fluviale con relativa formazione a monte di laghi temporanei o definitivi nelle Dolomiti, una zona dove la particolare morfologia dei versanti e la loro costituzione geologica hanno contribuito a rendere questo tipo di fenomeno relativamente frequente. Nella letteratura geologica, infatti, il numero delle frane di sbarramento in area dolomitica non è molto elevato: si cerca di colmare, per quanto possibile, questa lacuna utilizzando anche archivi storici, articoli di giornali locali, siti internet per avere un quadro più esaustivo. Risulta interessante il fatto che gli sbarramenti avvenuti in epoche passate o più o meno recentemente, sono dovuti a frane di diversa natura in relazione all'assetto geologico, per cui, anche se brevemente, per ogni evento vengono descritte le caratteristiche legate al tipo differente di materiale coinvolto (roccia, detrito, terra) oltre che il tipo di frana (crollo o scivolamento). Dall'analisi delle frane di sbarramento fluviale emergono alcune considerazioni che sono in accordo con quanto osser-

vato da autori che precedentemente si sono occupati del fenomeno (Tacconi Stefanelli et al. 2015, Ermini, Casagli 2003) : l'assetto geologico (giacitura a franapoggio), la composizione litologica con crolli nei versanti ripidi calcarei interessati da fratture (es. Frana Monte delle Anime, Monte Perón) e scivolamenti gravitativi in quelli costituiti da rocce evaporitiche o metamorfiche (Perarolo di Cadore, Primiero), copertura detritica derivata dall'alterazione del substrato sottostante. In tutti questi casi sono principalmente due i meccanismi di innesco (triggers): i periodi di intense precipitazioni e terremoti, anche se il fenomeno sismico in area dolomitica è meno frequente di altri territori italiani. Non bisogna però dimenticare che nelle Dolomiti sono note frane sismoindotte che hanno causato danni in occasione di forti terremoti (1117 e 1348) che hanno colpito zone vicine come il Friuli o il Bellunese. Una di queste, la frana del Sasso Bianco, è considerata anche la causa dello sbarramento del T. Pettorina con formazione di un laghetto effimero che arrivava a Sottoguda (Foto 2). Non vengono prese in considerazione le numerose frane di sbarramento che dalla fine della glaciazione würmiana (Tardiglaciale e Postglaciale) hanno colpito l'area dolomitica con formazione di laghetti temporanei (es. paleolago

di Pescosta in val Badia, paleolago di Agordo, ecc.) che, seppur di notevole interesse ambientale per una ricostruzione climatica, esulano da questa ricerca più attuale e sono già state oggetto di numerose pubblicazioni sulla loro datazione. Vengono invece censite 27 frane, di cui molte per la prima volta, avvenute in epoca storica, con una breve descrizione per permettere di comprenderne le cause: solo due sono state causate da scosse sismiche, mentre le restanti hanno trovato il loro innesco in eventi piovosi di lunga durata, a cui spesso si è associato lo scioglimento rapido della neve. Ecco che in questo periodo di cambiamenti climatici che hanno portato all'attenzione pubblica i rischi dei territori montani, questo studio, seppur incompleto, potrebbe aggiungere un ulteriore tassello nella valutazione dei cambiamenti ambientali.

BIBLIOGRAFIA

- BERGER A.R. (1997), *Assessing rapid environmental change using geoindicators*. Environmental Geology 32, 36-44.
- ERMINI L., CASAGLI N. (2003), *Prediction of the behavior of landslide dams using a geomorphological dimensionless index*. Earth Surface Processes and Landforms 28 (1): 31-47.
- TACCONI STEFANELLI C. (2015), *Geomorphological investigations on landslide dams*. Geoenvironmental Disasters, 2:21..

Difesa e riqualificazione di habitat costieri nel Parco Nazionale del Circeo.

Un esempio di progettazione di ingegneria naturalistica

Defense and redevelopment of coastal habitats in the Circeo National Park - an example of soil bioengineering design

Parole chiave: habitat dunale costiero, ingegneria naturalistica, erosione costiera
Key words: coastal dune habitat, soil bioengineering, coastal erosion

Federico Boccalaro

Ingegnere ambientale (referente) - SIGEA (socio esperto), AIPIN Lazio (presidente sezione), ORDING ROMA Ingegneria Naturalistica (presidente commissione) -
E-mail: federico.boccalaro@libero.it

Federica Marsiali

Architetto paesaggista - AMBIENTE spa, AIPIN Lazio

MOTIVAZIONI

Il ripristino delle "Dune litoranee del Circeo" (sito SIC) a Sabaudia e la protezione dei depositi embrionali al piede delle stesse è derivato dal fatto che le dune, sormontate dalla strada litoranea realizzata negli anni '30 del secolo scorso, sono soggette all'impatto del turismo ed a quello dell'erosione marina.

In passato, la strada asfaltata, oltre a rappresentare un elemento rigido in un contesto che dovrebbe essere "elastico", provocava il ruscellamento delle acque piovane, con conseguenti solchi di erosione tra la duna e la spiaggia. Le persone che frequentavano la spiaggia contribuivano, con il loro calpestio, ad approfondire tali solchi e a crearne di nuovi.

Il vento ha fatto la sua parte, incanalandosi ed erodendo a sua volta la duna.

Al piede della duna, a causa dell'utilizzo della spiaggia e della pulizia meccanizzata, sono quasi scomparse le dune embrionali con la relativa vegetazione erbacea, importanti per smorzare i venti paralleli alla costa e la spiaggia, appiattendosi, aveva perduto il profilo naturale.

In questo contesto l'erosione marina ha potuto provocare gravi danni arrivando anche a far crollare tratti di strada che si è stati costretti a interdire al traffico.

OBIETTIVI

Gli obiettivi specifici del presente intervento consistono nel ripristino e salvaguardia della duna litoranea mediante interventi ed opere basati sull'impiego di materiali naturali ai fini della mitigazione dei meccanismi erosivi, l'enfatizzazione di quelli deposizio-

nali e l'innesco dei processi naturali di ricolonizzazione delle aree in dissesto ad opera della vegetazione dunale.

Gli obiettivi generali del presente intervento si inquadrano nel processo di gestione adattativa al territorio, e nello specifico alle peculiarità del territorio costiero.

- regolamentazione delle modalità di pulizia dell'arenile;
- istituzione di una zona di rispetto del piede dunale entro cui interdire tutte le modalità di pulizia meccanizzata;
- supporto alla sperimentazione di azioni gestionali di tutela della duna.

La gestione degli impatti antropici sulla struttura di un habitat dunale è ulteriormente supportata da:

- contenimento del frazionamento dell'habitat dunale;
- contenimento dell'impatto da calpestio sulla vegetazione dunale;
- contenimento del consumo di suolo sul fronte dunale;
- contenimento della diffusione di specie vegetali "aliene" sulla duna;
- "riutilizzo" delle sabbie derivanti dalla manutenzione della costa nel sistema sedimentario spiaggia-duna;
- azioni di comunicazione e sensibilizzazione sul valore ambientale e funzionale della duna, adeguatamente supportate da cartellonistica in situ.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Gli interventi attivi di contrasto all'erosione costiera che è possibile attuare nel contesto in esame, anche a prescindere da eventuali ulteriori azio-

ni che possono essere effettuate a mare qualora ritenute necessarie (es. ripascimenti protetti, barriere immerse o soffolte, ecc.), devono essere inquadrati come interventi di protezione del piede della duna e di ripristino morfologico del cordone dunale, mediante tecniche di ingegneria naturalistica a bassissimo impatto ambientale.

In particolare, sulla stregua di quanto già recentemente sperimentato in contesti simili su arenili della Toscana e del Lazio, si prevedono interventi stabilizzanti con resistenza antierosiva ma che, al tempo stesso, si integrino con l'ambiente e il paesaggio. Tecniche denominate "barriere frangiflutti emerse", comprendenti "palificate antedunali", "steccati basali antedunali", "palizzate antedunali".

Le dune, nelle porzioni più basse, saranno consolidate con la messa a dimora di specie erbacee come *Ammophila littoralis*, *Agropyron junceum*, ecc.; nelle porzioni più elevate con la messa a dimora di specie arbustive (*Juniperus oxycedrus* s. *Macrocarpa*, *Phyllirea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, ecc.).

Per l'approvvigionamento di Ammofila e Agropiro si sceglie di utilizzare solo individui autoctoni, per preservarne le caratteristiche genetiche ed ecologiche, prelevandoli da siti di "diradamento naturale" locali, individuati con estrema attenzione in modo da non recar danno ad aree in stato di degrado e comportare il minore impatto sull'ambiente (ad es., si agisce solo sui cespi più densi).

Le autorizzazioni al prelievo saranno concesse dai vari uffici preposti, con precise prescrizioni, mentre le specie arbustive impiantate saranno fornite dal vivaio forestale del Parco Nazionale



Figura 1. Veduta del litorale di Sabaudia



Figura 2. Canali di erosione dunale



Figura 3. Ortofoto del litorale sovrapposta a carta IGM con evidenziazione dell'arretramento della spiaggia e indicazione del tratto interessato agli interventi di riqualificazione

del Circeo, vista la valenza naturalistica dell'Area protetta e la necessità di tutelare il patrimonio vegetale locale anche sotto il profilo genetico.

Si tratta di tecniche di Ingegneria Naturalistica a basso costo e di grande valore naturalistico, che vengono comunemente utilizzate lungo le coste nel Nord Europa, soprattutto nei Paesi Bassi, ma che in Italia rappresentano ancora una novità. Tali metodi si basano su un'alta professionalità e sulla disponibilità di operatori motivati, nonché di un sistema di monitoraggio e manutenzione continui, volti a ripristinare i danni più o meno gravi che vento, mareggiate e vandalismo inevitabilmente produrranno sui materiali naturali utilizzati.

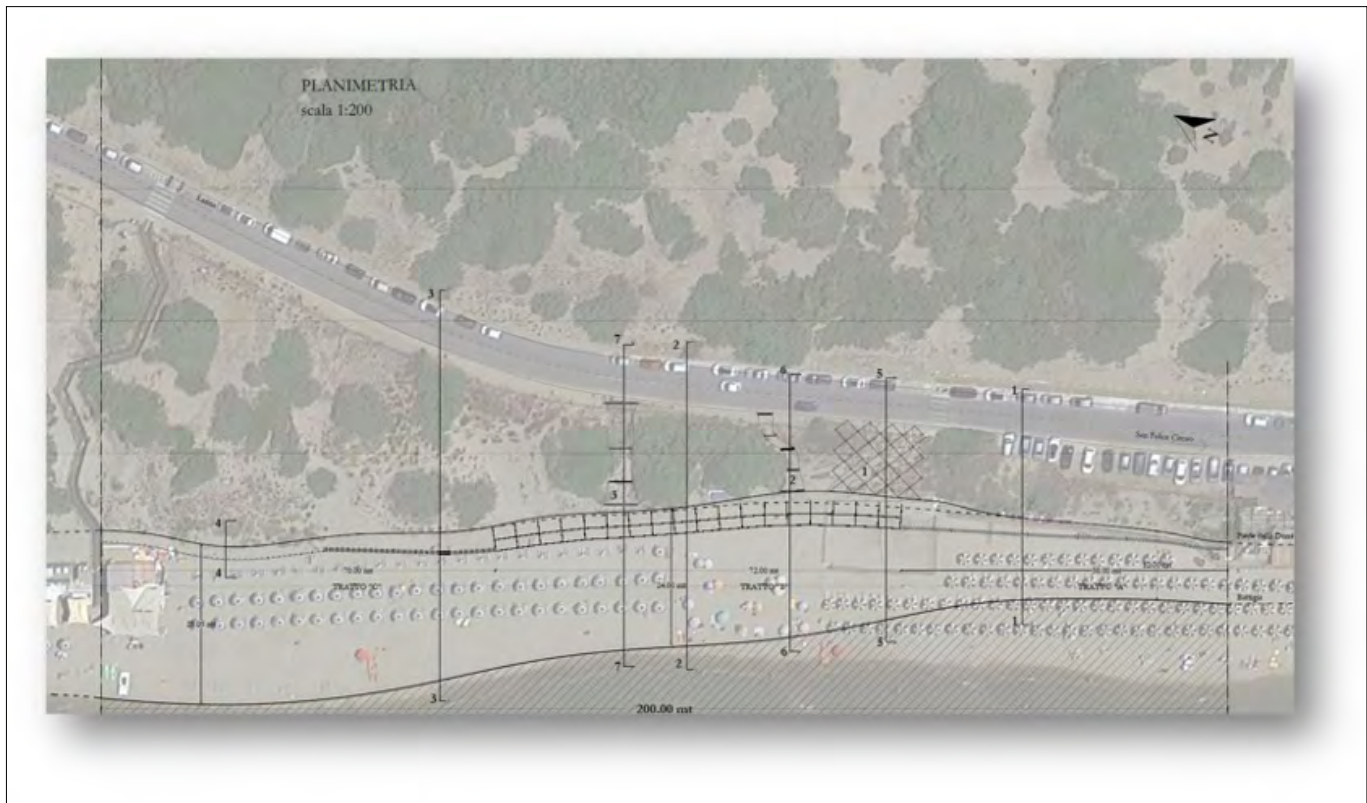


Figura 4. Planimetria del progetto di riqualificazione (F. Marsiali)

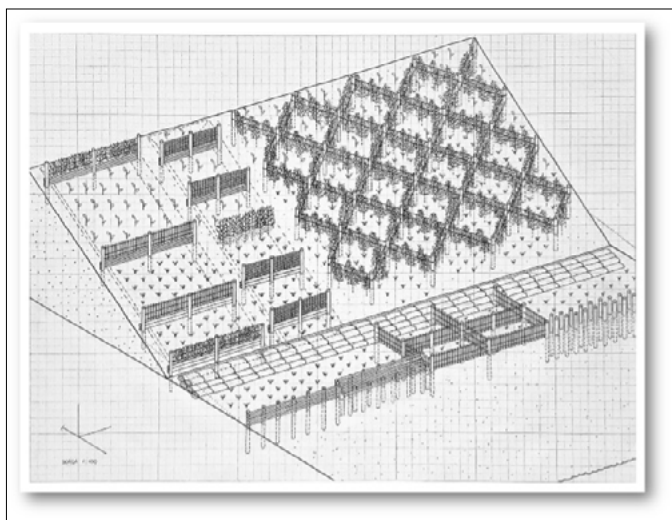


Figura 5. Assonometria del progetto (F. Boccalaro)

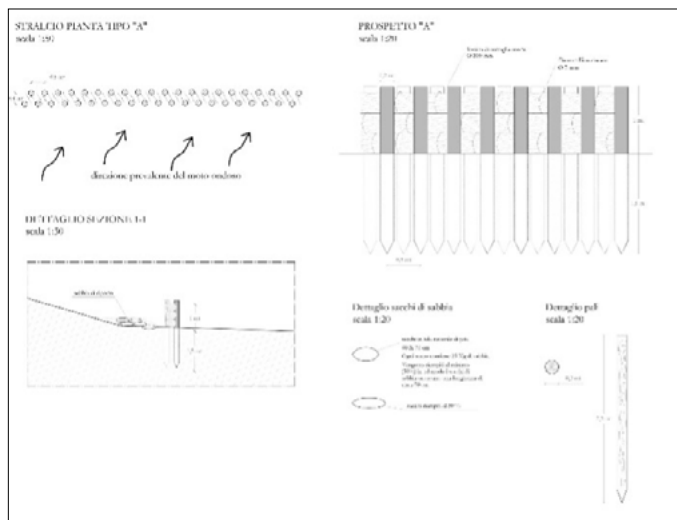


Figura 6. Particolare della palificata (F. Marsiali)

Proposte per la mitigazione del rischio geo-idrologico nella città di Ceva (CN)

Proposals for the mitigation of geo-hydrological risk in the city of Ceva (CN)

Parole chiave: pericolosità geo-idrologica, rischio geo-idrologico, città di Ceva
Key words: geo-hydrological hazard, geo-hydrological risk, city of Ceva

Annalisa Bove

Geologo, Libero Professionista – Socio SIGEA

E-mail: annalisa.bove@geologiapiemonte.it

Battista Taboni

Università degli Studi di Torino – Socio SIGEA

E-mail: battista.taboni@unito.it

Gessica Umili

Università degli Studi di Torino
E-mail: gessica.umili@unito.it

Luciano Masciocco

Università degli Studi di Torino – Consigliere SIGEA

E-mail: luciano.masciocco@unito.it

ABSTRACT

L'area di studio è rappresentata dall'alto bacino del F. Tanaro con chiusura appena a valle della città di Ceva, alla confluenza del T. Cevetta.

Il lavoro completa *due precedenti studi*, nel primo dei quali si è presa in considerazione la pericolosità idrologica della città di Ceva, colpita dagli eventi alluvionali del 1994, del 2016 (*Fig. 1*) e del 2020, e, nel secondo, la possibilità di realizzare due sbarramenti per la laminazione delle piene a monte di Ormea, l'uno sul T. Negrone (*Fig. 2*), l'altro sul T. Tanarello (*Fig. 3*).

I due sbarramenti a monte di Ormea sono stati ipotizzati per gestire al meglio volumi di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni. Le configurazioni ottimali comportano un'altezza di 63 m per lo sbarramento sul T. Negrone, e un'al-

tezza di 34 m per quello sul T. Tanarello. La costruzione di tali sbarramenti darebbe ottimi effetti di mitigazione ai centri abitati dell'Alta Val Tanaro (Ormea e Garessio) ma effetti limitati per la città di Ceva.

Da qui nasce la necessità di proporre ulteriori aree da destinare a vasche di laminazione nel settore di bacino del F. Tanaro a valle di Ormea utili ad aumentare la percentuale di mitigazione del rischio di inondazione nel capoluogo cebano.

Tenendo conto delle condizioni di stabilità dei versanti e della presenza di infrastrutture (strade e zone edificate), nell'articolo si ipotizza la realizzazione di n. 3 serbatoi di laminazione in linea con il F. Tanaro per rendere apprezzabile la mitigazione del rischio geo-idrologico della Città di Ceva: uno tra Ormea e Garessio, il

secondo tra Garessio e Bagnasco, il terzo appena a monte di Ceva (*Fig. 4*).

La Città di Ceva sorge alla confluenza del T. Cevetta col F. Tanaro. Questo affluente ha un bacino imbrifero molto esteso (oltre 100 km²) e in occasione di alcuni eventi alluvionali (ad es. nel 1994) è esondato, contribuendo anch'esso all'inondazione del borgo storico di Ceva. Per tale motivo, nello studio si presenta anche un'ipotesi di serbatoio di laminazione sul T. Cevetta, ubicato a est del centro abitato, appena a valle di frazione Mollere (*Fig. 5*).

Oltre all'aspetto geologico applicato e ambientale e a quello geo-idrologico, il lavoro mette in evidenza anche le problematiche relative alla normativa sugli sbarramenti e le vasche e i serbatoi di laminazione. Infine, si è cercato di dare una quantificazione economica agli interventi ipotizzati.



Figura 1. Ceva vista dall'alto durante l'alluvione del 2016

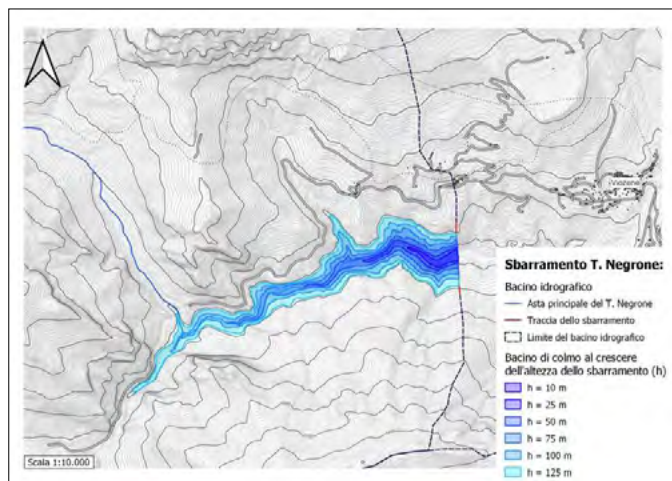


Figura 2. Ubicazione dello sbarramento ipotizzato a monte di Ormea sul T. Negrone, con vari scenari altezza - invaso al colmo

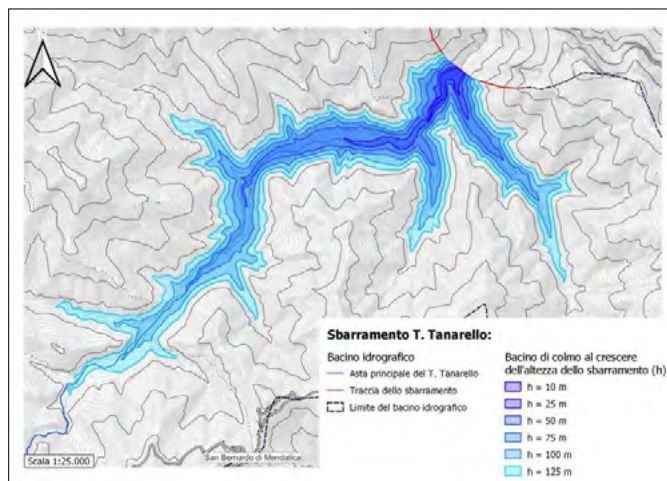


Figura 3. Ubicazione dello sbarramento ipotizzato a monte di Ormea sul T. Tanarello, con vari scenari altezza - invaso al colmo

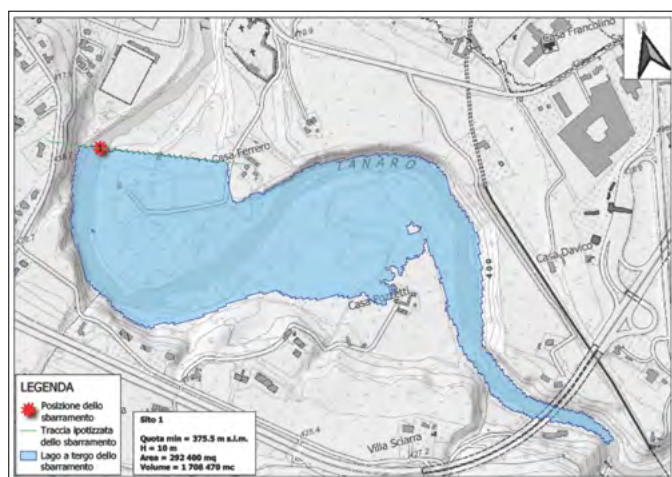


Figura 4. Ubicazione dello sbarramento e del relativo serbatoio di laminazione ipotizzati sul F. Tanaro appena a monte del cimitero di Ceva

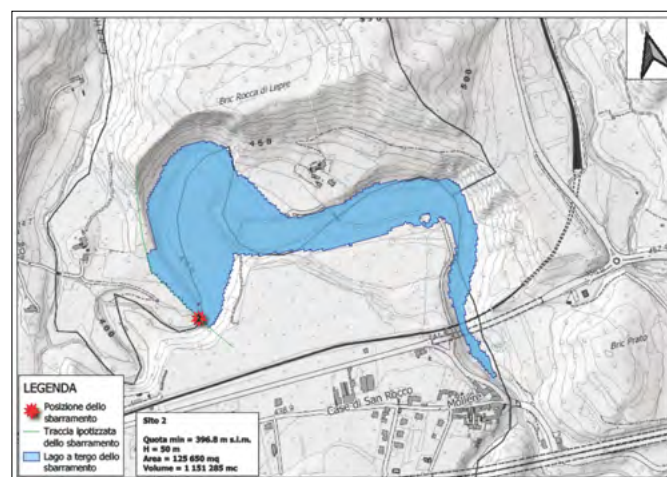


Figura 5. Ubicazione dello sbarramento e del relativo serbatoio di laminazione ipotizzati sul T. Cevetta, appena a valle di Frazione Mollere.

La pianificazione del territorio e la mitigazione del rischio sismico attraverso gli studi di microzonazione sismica

Land use planning and seismic risk mitigation through seismic microzonation studies

Sergio Castenetto
Dipartimento della Protezione civile
E-mail: s.castenetto@virgilio.it

Parole chiave: rischio sismico, terremoto, microzonazione sismica, pianificazione territoriale
Key words: seismic risk, earthquake, seismic microzonation, land use planning

L'Italia ha una lunga storia nel campo degli studi di microzonazione sismica (MS), caratterizzata da una continua evoluzione sia nelle modalità di realizzazione degli studi, sia nella loro applicazione al processo di ricostruzione dopo forti terremoti e alla mitigazione del rischio sismico.

In Italia, studi pionieristici di MS sono iniziati negli anni '70 del secolo scorso, dopo i terremoti di Ancona del 1972 e del Friuli del 1976, e successivamente dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980, mentre approcci quantitativi più moderni sono stati realizzati dopo i terremoti di Umbria-Marche del 1997, del Pollino 1998 e del Molise 2002. Fino ad una ventina di anni fa, dunque, gli esempi di caratterizzazione del territorio in chiave sismica erano pochi e disomogenei, e poche anche le ricadute dei risultati sulla ricostruzione. Del tutto assenti casi di applicazione alla pianificazione territoriale in chiave preventiva.

Nel 2008 vengono approvati dal Dipartimento della Protezione civile e dalla Conferenza delle Regioni e Province autonome gli "Indirizzi e criteri per gli studi di microzonazione sismica" (ICMS). Queste linee guida informano non solo su come condurre studi volti a identificare e caratterizzare in caso di terremoto aree stabili, aree stabili suscettibili di amplificazioni locali e aree soggette a instabilità, ma anche sull'utilizzo degli esiti degli studi per la gestione del territorio, la pianificazione dell'emergenza, la ricostruzione post-terremoto e la progettazione strutturale. Altra importante novità introdotta dagli ICMS la differenziazione degli studi in diversi livelli di approfondimento, con crescente complessità e impegno, dal livello 1 al livello 3.

Il 2008 rappresenta, dunque, un momento di svolta per gli studi di MS e gli "Indirizzi e criteri" divengono, da allora, il riferimento nazionale, insostituibile per chiunque intenda affrontare tale problematica nel nostro Paese. Con la Legge 77/2009 (Legge Abruzzo), relativa alla ricostruzione delle aree colpite dal disastroso terremoto Aquilano del 2009, viene stanziato quasi un miliardo di euro, distribuito su sette annualità, per la realizzazione di un programma di interventi mirati alla prevenzione del rischio sismico sul territorio italiano. Il Piano Nazionale per la Prevenzione Sismica mira principalmente a ridurre le perdite umane e a migliorare la gestione delle emergenze nelle aree a più elevata pericolosità sismica, caratterizzate da $a_g \geq 0,125g$. Attraverso tale programma, giunto ormai al decimo anno di attività, sono stati realizzati dalle Regioni oltre 3000 studi di microzonazione sismica, conformi agli indirizzi e standard nazionali, a seguito della verifica e conseguente parere di conformità espresso da una apposita Commissione tecnica interistituzionale di supporto e monitoraggio, alla quale partecipano tutte le Regioni e gli ordini professionali (geologi, ingegneri, architetti, geometri), oltre che i rappresentanti delle associazioni territoriali (ANCI, UPI, UNCEM).

Nei dieci anni di attività molte cose sono cambiate, sono state migliorate, rese più efficienti facendo tesoro dell'esperienza che si andava maturando. L'intera attività ha visto la piena partecipazione delle Regioni, che hanno legiferato per recepire nella pianificazione territoriale la Microzonazione Sismica.

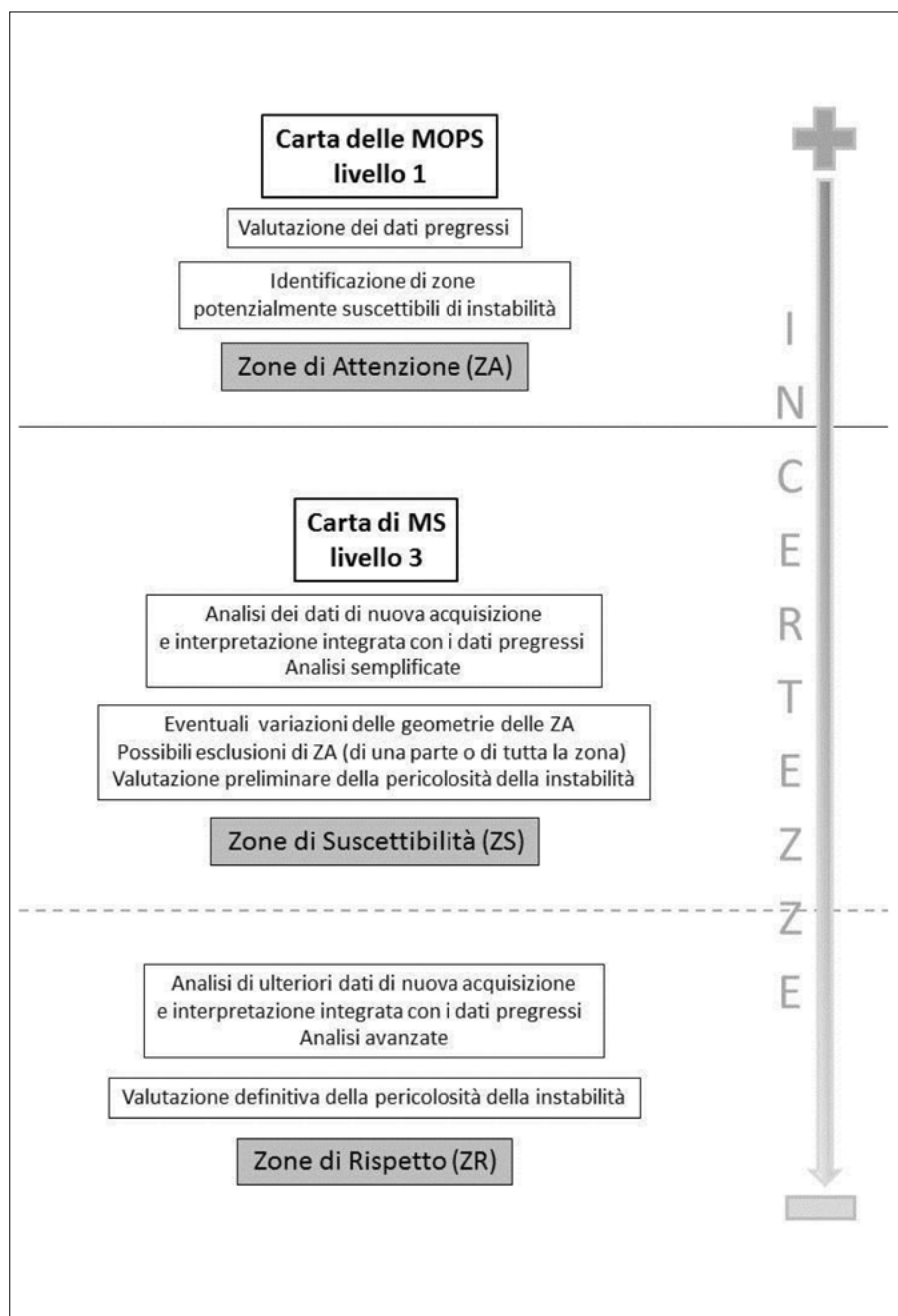
Le elaborazioni statistiche preliminari effettuate sugli studi conformi mostrano che solo il 9% del territorio studiato ricade in aree stabili senza effetti

di amplificazione, mentre circa il 21% si trova in aree soggette a instabilità e il restante 70% in aree suscettibili di amplificazione. Interessante l'analisi della distribuzione delle tipologie di instabilità: il dissesto di versante e le liquefazioni sono le più rappresentate, mentre solo il 4% del territorio esaminato e classificato instabile è dovuto alla presenza di faglie attive e capaci.

Queste statistiche generali sottolineano l'importanza fondamentale della MS per identificare i problemi di sicurezza da affrontare quando si pianificano gli sviluppi futuri di un comune e quando si pianificano misure future di mitigazione del rischio. Con tale finalità gli ICMS sono stati integrati da specifiche linee guida per la gestione del territorio interessato da instabilità cosismiche (faglie attive e capaci, instabilità di versante, fenomeni di liquefazione, densificazioni, presenza di cavità sotterranee). L'obiettivo principale di queste linee guida è definire i criteri generali e le procedure operative, in coordinamento tra lo Stato, le Regioni e gli Enti Locali, per:

- raccogliere accurate informazioni sul rischio indotto dalla presenza di terreni suscettibili di instabilità cosismiche;
- mitigare il rischio nelle aree con previsioni di trasformazione;
- mitigare il rischio nelle aree edificate.

L'applicazione delle linee guida, in funzione del livello di approfondimento degli studi (livello 1, 2 o 3 di MS) e quindi del livello di conoscenza del fenomeno atteso, consente l'identificazione di zone di attenzione, di suscettibilità e di rispetto, alle quali corrispondono, in funzione della categoria urbanistica (aree edificate, non edificate, soggette



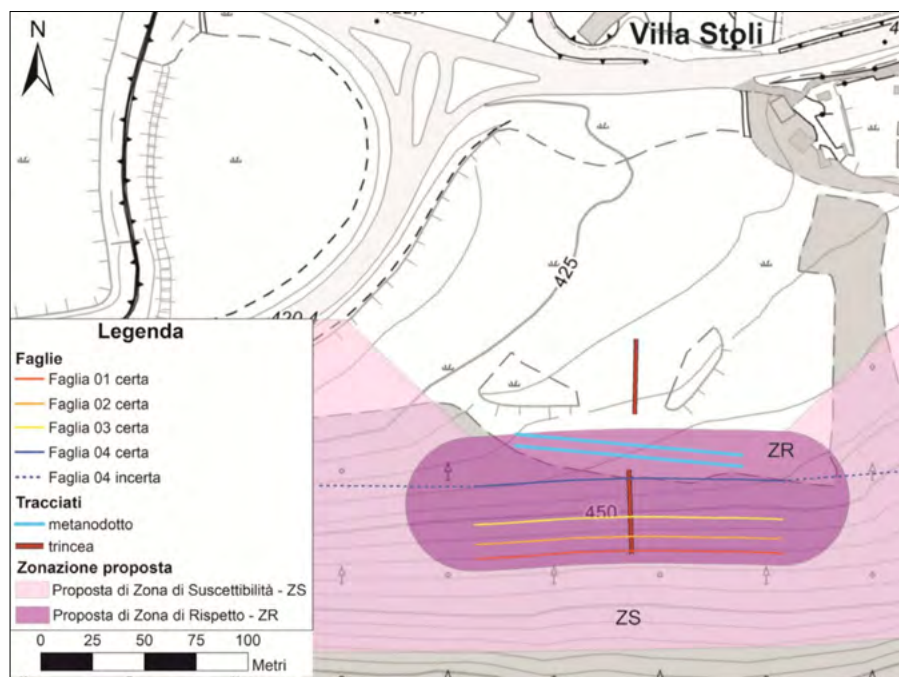
a trasformazione) specifiche norme di gestione del territorio.

Le Linee guida sono state redatte con la collaborazione di funzionari tecnici regionali, che hanno riportato le esperienze territoriali specifiche, di ricercatori universitari e di altri enti di ricerca. Nelle procedure si è anche fatto riferimento alle esperienze maturate negli ultimi terremoti che hanno interessato il nostro Paese (es. L'Aquila 2009; Emilia, 2012; Italia Centrale, 2016) e agli studi ad essi seguiti.

In particolare, dopo la sequenza sismica del Centro Italia 2016-17 allo scopo di accelerare il completamento degli studi e coadiuvare il processo di ricostruzione, sono stati stanziati i fondi necessari per gli studi MS di livello 3 dei 138 comuni colpiti dal terremoto che sono stati effettuati in pochi mesi da professionisti, con l'assistenza tecnico-scientifica e consulenza della comunità scientifica, attraverso il Centro di Microzonazione Sismica e il DPC. L'occasione ha consentito di affrontare le problematiche relative allo studio delle diverse tipologie di instabilità, in particolare di versante e legate alla fagliazione superficiale, risultando un'esperienza preziosa anche per applicare quanto previsto dalla Linee guida alla pianificazione del territorio.

I 50 anni di storia della microzonazione sismica in Italia sono quindi caratterizzati da una continua evoluzione, in cui i progressi scientifici sono stati sviluppati parallelamente ad applicazioni pratiche, attraverso l'impegno e gli sforzi della comunità scientifica e di tutti i soggetti coinvolti nelle politiche di riduzione del rischio sismico.

La microzonazione sismica è oggi una metodologia di studio ormai consolidata, parte del bagaglio culturale dei professionisti, ben conosciuta e imprescindibile per affrontare la pianificazione del territorio o a supporto di scelte progettuali e non solo le fasi di ricostruzione post-sisma.



Adattamento ai cambiamenti climatici per finalità di protezione civile: i risultati del Programma PON 2014-2020 per la riduzione del rischio

Angelo Corazza, Paola Bertuccioli, Emilio De Francesco, Andrea Duro, Marco Falzacappa, Pietro Giordano
 Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della protezione civile
 E-mail: angelo.corazza@protezionecivile.it

Climate change adaptation for civil protection purposes: results of the 2014-2020 PON Program for risk reduction

Parole chiave: adattamento, cambiamenti climatici, protezione civile, riduzione del rischio
 Key words: adaptation, climate change, civil protection, risk reduction

CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHIO GEO-IDROLOGICO

Il fenomeno del riscaldamento globale, dovuto all'aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera, fa sì che la temperatura media globale osservata sia oggi di circa 1°C superiore rispetto ai livelli dell'era preindustriale (IPCC, 2021). Tale riscaldamento sta determinando importanti cambiamenti del clima tra cui, solo per citarne alcuni, l'aumento della frequenza di fenomeni meteorologici estremi (ondate di calore, siccità, piogge intense e localizzate), l'innalzamento del livello del mare, la diminuzione del ghiaccio Artico, l'incremento di incendi boschivi, la perdita di biodiversità, il calo di produttività delle coltivazioni.

Questi impatti interessano in maniera significativa l'Italia in ragione della sua posizione nel Mar Mediterraneo, considerato a livello mondiale un hot-spot dei cambiamenti climatici (CMCC, 2020).

Alcuni degli impatti collegati con gli incrementi delle precipitazioni intense e con l'innalzamento del livello del mare determinano un aumento del rischio geo-idrologico per la popolazione italiana.

In Italia il rischio geo-idrologico è molto elevato anche in assenza degli effetti dei cambiamenti climatici con oltre 7 milioni di persone esposte a fenomeni franosi e/o alluvionali (ISPRA, 2022). Peraltro, all'elevato rischio contribuiscono in maniera sensibile anche le trasformazioni antropiche del territorio, quali l'abbandono del territorio collinare e montano e il consumo del suolo, in continuo aumento.

I cambiamenti climatici, con l'incremento delle temperature, la variazione dei regimi pluviometrici e l'aumento del livello del mare, determinano, direttamente o indirettamente, l'aumento della frequenza di fenomeni geo-idrologici quali alluvioni repentine, colate di fango e di detrito, alluvioni urbane, inondazioni marine, dissesti legati alla fusione dei ghiacciai (crolli dai fronti e piene improvvise), frane in ambiente montano dovute al degrado del permafrost, valanghe.

I fenomeni più numerosi sono quelli legati all'aumento della frequenza di eventi temporaleschi intensi che in ristretti intervalli di tempo sono in grado di riversare sul territorio, ingenti quantitativi d'acqua. Violenti nubifragi possono infatti determinare fenomeni di colata rapida su versanti suscettibili, fenomeni alluvionali repentini in bacini di piccole dimensioni e allagamenti nelle aree urbane. L'impermeabilizzazione dei terreni indotta dal consumo di suolo e l'inadeguatezza dei sistemi di drenaggio aggrava ulteriormente l'impatto di questi ultimi fenomeni.

Inoltre, l'aumento del livello del mare sta portando ad incrementare i possibili danni connesse alle mareggiate, specie in aree, come quelle delle coste del nord Adriatico, soggette ad abbassamento del livello del suolo dovuto a fenomeni di subsidenza.

ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI PER FINALITÀ DI PROTEZIONE CIVILE

Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici - PNACC (MATTM, 2018), ancora in via di ap-

provazione, individua le azioni che debbono essere integrate per contenere/mitigare l'impatto dei fenomeni di dissesto geologico, idrologico e idraulico:

- miglioramento delle conoscenze scientifiche e del trasferimento tecnologico in tutti i settori coinvolti nella difesa dai rischi naturali (privato, pubblico, istituzionale, internazionale);
- miglioramento del monitoraggio territoriale;
- miglioramento dei sistemi di previsione;
- miglioramento del supporto tecnico, della gestione delle emergenze e della preparazione e addestramento ("preparedness") della popolazione;
- implementazione, miglioramento e recupero di misure di difesa strutturali attraverso la progettazione e la realizzazione di opere specifiche.

Tutte le azioni, tranne l'ultima, hanno attinenza con le attività di prevenzione non strutturale di protezione civile, così come definite dall'art. 2, comma 3, del D.lgs 1/2018 (Codice della protezione civile) e ss.mm.ii.

Relativamente al monitoraggio territoriale e ai sistemi di previsione e quindi, in ultima analisi, all'allertamento per il rischio geo-idrologico, il Servizio Nazionale di Protezione Civile si è dotato già da diversi anni (la norma è infatti la Dir. PCM del 27/2/2004) di una Rete dei Centri funzionali, centrale e regionali, per la previsione, il monitoraggio e la sorveglianza dei fenomeni.

La rete dei Centri Funzionali è formata da un complesso di soggetti statali e regionali che hanno la responsabilità della valutazione dei livelli di criticità idrogeologica e idraulica. Ogni giorno

questa rete raccoglie e condivide dati (strumentali e non), effettua analisi in tempo reale ed emette e diffonde avvisi e bollettini.

I Comuni, sulla base dei livelli di allerta ricevuti, attivano le fasi operative previste nei propri piani di pc comunali e informano la popolazione attraverso diversi canali (pannelli/sito web/social, ecc.).

Nel sistema di allertamento hanno anche una loro collocazione il Presidio territoriale, con il monitoraggio osservativo del territorio, e i sistemi di monitoraggio strumentali locali che concorrono all'attivazione delle fasi operative del piano di protezione civile (attenzione, preallarme e allarme). I cittadini, conoscendo il rischio a cui sono esposti, sono tenuti ad adottare i comportamenti più corretti e le opportune misure di salvaguardia, in particolare quelle previste nel piano di pc e/o indicate dalle autorità, come l'evacuazione dalle zone a rischio.

Relativamente alle buone pratiche di protezione civile per minimizzarne l'impatto su persone e cose di calamità naturali quali terremoti, alluvioni, maremoti ed eruzioni vulcaniche è in corso da anni la campagna informativa nazionale IO NON RISCHIO, destinata ai cittadini italiani e coordinata dal Dipartimento della protezione civile.

Per l'informazione diretta dei cittadini è inoltre in fase avanzata di realizzazione il sistema IT-alert, strumento di allarme pubblico realizzato dal Dipartimento della Protezione Civile. IT-alert è un sistema di messaggistica d'emergenza multicanale che quando entrerà in funzione potrà inviare messaggi ai cittadini sulle criticità previste/in atto sul territorio, legate a fenomeni calamitosi naturali e antropici, attraverso cellbroadcast, app mobile e servizi

Nonostante il nostro Paese si collochi tra quelli più efficienti a livello mondiale per quello che riguarda le azioni di previsione e prevenzione per finalità di protezione civile i mutati scenari determinati dai cambiamenti climatici impongono di migliorare le misure non strutturali e quindi potenziare le azioni di adattamento a tutela dell'incolumità delle persone. In particolare, in ragione della aumentata frequenza/intensità di alcuni fenomeni calamitosi è necessario sicuramente migliorare le conoscenze sulle zone esposte a tali fenomeni (analizzando ad esempio i piccoli bacini idrografici attualmente non ricompresi nelle mappe di pericolosità dei Piani di Assetto Idrogeologico e dei Pia-

ni di Gestione del Rischio Alluvioni), potenziare le capacità di monitoraggio e di nowcasting dei fenomeni temporaleschi, migliorare la pianificazione di protezione civile (con l'elaborazione di dettagliati scenari di evento e di rischio e l'organizzazione di un presidio territoriale per il monitoraggio del territorio) migliorare la formazione degli operatori di protezione civile e l'informazione ai cittadini. In tale senso la Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 30 aprile 2021, recante "Indirizzi per la predisposizione dei piani protezione civile ai diversi livelli territoriali" (c.d. "Direttiva Piani") fornisce un quadro organico per il miglioramento della pianificazione di settore e il Programma PON Governance 2014-2020 ha prodotto risultati che hanno consentito di potenziare la governance del rischio anche nella prospettiva dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

IL PROGRAMMA PON GOVERNANCE 2014-2020 PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO

Il Programma è stato realizzato dal Dipartimento della Protezione Civile nell'ambito del Programma Operativo Nazionale Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020, cofinanziato dall'Unione Europea attraverso il Fondo sociale europeo e il Fondo europeo di sviluppo regionale.

Il Programma ha riguardato le strategie per la riduzione dei rischi idrogeologico, idraulico, sismico e vulcanico ai fini di protezione civile. Si è rivolto a cinque regioni del meridione d'Italia (Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia) e si è proposto di migliorare la capacità di gestione del rischio delle amministrazioni regionali attraverso il rafforzamento delle politiche pertinenti alla riduzione del rischio, in particolare quelle legate all'Obiettivo Tematico 5 ("Promuovere l'adattamento al cambiamento climatico, la prevenzione e la gestione dei rischi") dell'Accordo di Partenariato 2014-20.

In coerenza con le azioni e i risultati previsti da tale Obiettivo tematico i prodotti realizzati per la parte riguardante il rischio idrogeologico e idraulico del Programma (PON IDRO) sono relativi alla mitigazione del rischio per finalità di protezione civile e sono consistiti in linee guida, documenti tecnici, procedure e tool informatici. Le realizzazioni trovano una diretta attinenza e rispondenza, oltre che con il Codice della protezione civile (D.lgs 1/2018), con le

disposizioni contenute nella Direttiva alluvioni 2007/60/CE (misure M4 e M5), nel PNACC (misure di adattamento) e nella Direttiva Piani (scenari di evento, scenari di rischio, punti critici, punti di osservazione, presidio territoriale, valutazione dei piani di protezione civile).

Specificata attenzione è stata rivolta alle azioni di intervento finalizzate al raggiungimento di condizioni minime standard per la riduzione del rischio e per la gestione delle emergenze.

A tal fine sono stati predisposti, secondo ben delineati progetti standard, documenti metodologici/procedurali e prodotti informatici sperimentati in numerosi casi di studio, che sono stati oggetto di attività di condivisione e affiancamento con le Amministrazioni coinvolte in modo da essere adattati alle specifiche esigenze regionali. In tal modo si è favorito il recepimento, attraverso delibere di giunta regionale o atti dirigenziali, dei prodotti da parte delle Regioni coinvolte consentendo quindi un rafforzamento permanente della governance del rischio.

Per la realizzazione dei prodotti di PON IDRO il Dipartimento della protezione civile si è avvalso, dopo una regolare gara, dei servizi di un Raggruppamento Temporaneo di Imprese costituito dalla Fondazione CIMA, dalla Fondazione Politecnico di Milano, dal CNR- Istituto Ricerca per la Protezione Idrogeologica, dall'Università della Calabria - Laboratorio CAMILab e dal Consorzio interuniversitario CINID.

I report sui prodotti di PON IDRO sono disponibili sulla piattaforma del Dipartimento della protezione civile dedicata al Programma PON

(<http://governancerischio.protezionecivile.gov.it/web/guest/home>)

BIBLIOGRAFIA

- CMCC (2020), *Analisi del rischio: i cambiamenti climatici in Italia*.
- IPCC (2021), *Sixt Assessment Report - AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- ISPRA (2022), *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021*.
- MATTM (2018), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*, giugno 2018 (in via di approvazione).

Prevenzione sismica 2023: voltare pagina. Intervenire dove il rischio è più alto in un quadro integrato di gestione territoriale

Seismic prevention 2023: turn the page. Intervene where the risk is highest in a integrated framework of territorial management

Parole chiave: prevenzione del rischio sismico, danni dei terremoti in Italia, mappe di rischio, graduatoria dei comuni italiani, gestione territoriale
Key words: seismic risk prevention, earthquake damage in Italy, risk maps, ranking of Italian municipalities, territorial management

A sei anni di distanza dal terremoto di Amatrice – che ha letteralmente terrorizzato il Paese per la “polverizzazione” della cittadina e del suo circondario – è necessario riflettere sul fatto che la dimensione del Rischio Sismico (RS) in alcune aree del Paese in condizione di latente emergenza, è rimasta del tutto inalterata. Tale condizione, persiste nonostante la continua determinazione, assunta dai governi che si sono succeduti in questi anni, di investire risorse pubbliche per la riduzione della vulnerabilità del patrimonio edilizio.

Di questa situazione è indispensabile prendere atto, recuperando un margine di attenzione sul PNRR che fin qui ha incredibilmente ignorato un tema che, è bene ricordare, nei soli primi venti anni del nuovo secolo ha già causato circa 40 mld di danni e 650 vittime (Tab. 1), in seguito ad eventi comunque inferiori ai massimi storici avvenuti in Italia (il numero di vittime dall’inizio del secolo scorso, includendo i due grandi terremoti di Messina 1908 e Avezzano 1915, è pari a 120.000).

Lo scopo della prevenzione del RS deve essere definito diversamente, ab-

bandonando la suggestione della totale “messa in sicurezza del territorio” sempre promessa ogni “giorno dopo” senza poi dar seguito ad iniziative e interventi finalizzati al conseguimento di un obiettivo per altro irraggiungibile in termini letterali. Si tratta invece di far comprendere al Paese e in particolare alle popolazioni più esposte, che un obiettivo plausibile è rappresentato, in analogia con tanti altri rischi pendenti sulla penisola, dal tentare di ridurre la distanza tra un’obiettivo *inaccettabilità* della dimensione dell’impatto in termini di perdite (es. Amatrice 2016) e il lonta-

Tabella 1. Vittime, senzatetto e costo economico relativo a 16 terremoti degli ultimi 54 anni con intensità \geq VII grado della scala MCS

Terremoto	Data	Mw	Io (MCS)	Vittime	Senzatetto	Fonte	Costo M€
Belice	15/01/1968	6,5	X	290	100.000	***	9.179
Tuscania	06/02/1971	5,2	VI-VII	20	4.000	*	1.807
Parmense	15/07/1971	5,7	VIII	1	1.000	*	704
Ancona	14/06/1972	5,5	VIII	0	30.000	*	7.112
Friuli	06/05/1976	6,5	X	978	200.000	*	18.540
Valnerina	19/09/1979	5,8	VIII-IX	5	25.000	*	6.283
Irpinia	23/11/1980	6,8	X	2.914	280.000	*	52.026
Appennino abruzzese	07/05/1984	5,8	VIII	0	6.000	*	2.381
Sicilia sud-orientale	13/12/1990	5,4	VII	12	15.000	*	4.439
Umbria-Marche	26/09/1997	5,7	VIII	11	38.000	***	13.463
Appennino Lucano	09/09/1998	5,5	VII	1	650	**	525
Molise	31/10/2002	5,7	VII-VIII	30	3.000	**	1.400
Salò	24/11/2004	5,0	VII-VIII	0	2.000	**	1.128
L'Aquila	06/04/2009	6,3	IX-X	309	67.460	****	17.458
Emilia	29/05/2012	6,0	VII-VIII	17	16.520	**	8.171
Italia centrale	24/08/2016	6,2	X	299	31.760	****	13.163
TOTALE				4.887	820,390		157.778
per anno				92	15,479		2,977

Fonte: *catalogo CFTI5Med Guidoboni *et al.* (2019); **Web; ***studio specifico; ****Protezione civile. L'ultima colonna riporta il costo totale, in Milioni di € attualizzato al 2014, sostenuto per la ricostruzione e la gestione dell'emergenza. Per il periodo dal 1969 al 2002 i dati sono tratti dal Dossier della Camera del 14 maggio 2009. Per il periodo dal 2009 a oggi i dati sono tratti da un report del Senato. I dati in corsivo sono stimati da una regressione lineare con il numero di senzatetto.

Roberto De Marco

Già Direttore del Servizio Sismico Nazionale

E-mail: robertodemarco13@gmail.com

Fabio Sabetta

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi Roma Tre, Roma

E-mail: fabio.sabetta@uniroma3.it

nissimo ambito obiettivo rappresentato da una riconoscibile *inevitabilità* degli esiti prodotti dal fenomeno.

Questo, sotto l'aspetto operativo, presuppone il farsi carico della piena comprensione delle caratteristiche del territorio nella sua complessità, che a

la microzonazione sismica del territorio) e parametri di natura socioeconomica, demografica e storico-culturale serviranno poi per affinare, meglio e centrare la scelta nei termini stringenti del "dove cominciare" ad affrontare il problema nella sua enorme e complessa dimen-

sione. Risulta pertanto indispensabile il recupero e la sintesi della tanta esperienza, competenza e conoscenza disponibile nel Paese per varare una strategia di prevenzione realmente efficace senza perdere di vista le dimensioni esorbitanti del quadro economico-finanziario che

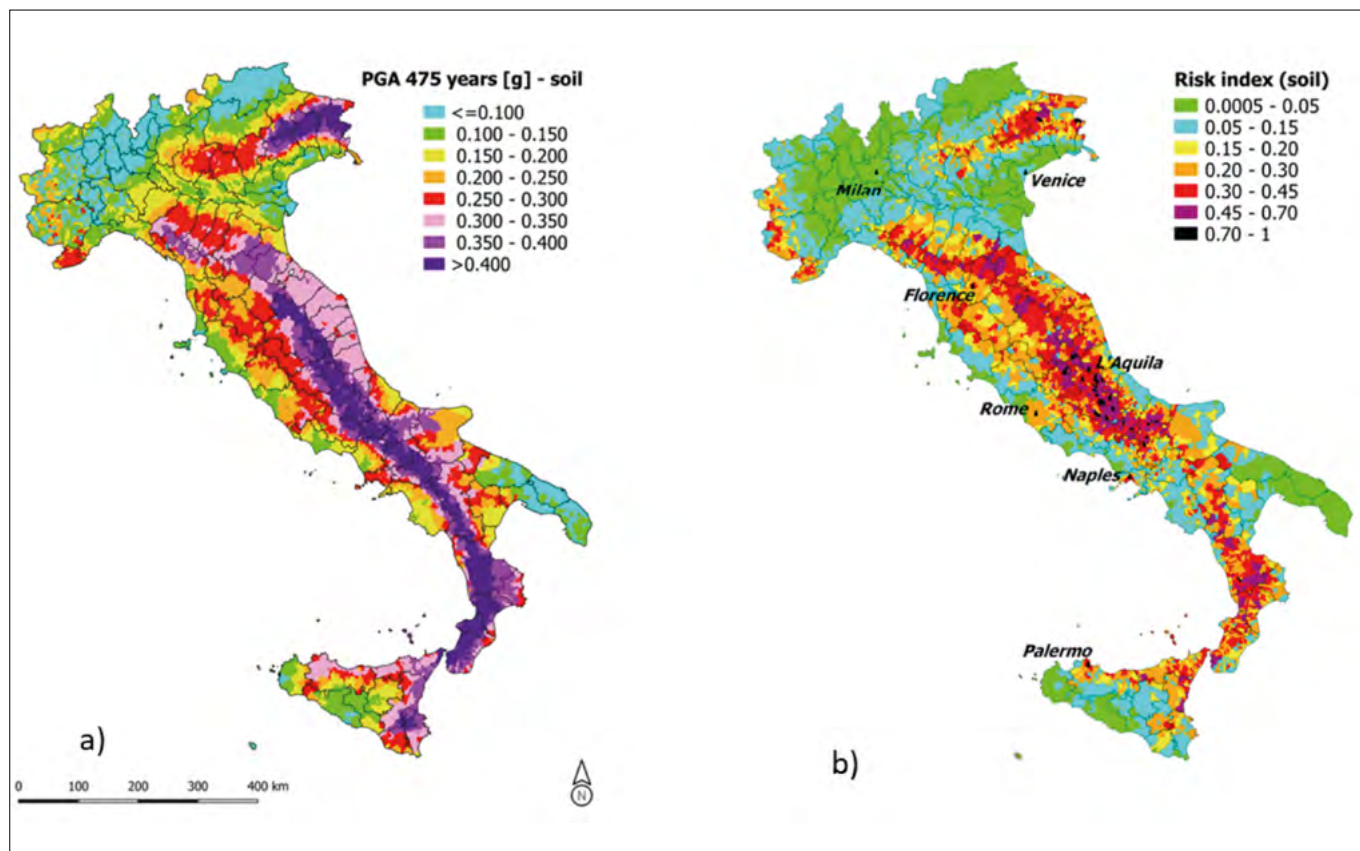


Figura 1. a) Mappa di pericolosità con i valori del picco di accelerazione per un periodo di ritorno di 475 anni riportati ai capoluoghi comunali includendo gli effetti di amplificazione di sito ricavati dai recenti studi di microzonazione; b) mappa di rischio basata su di un indice normalizzato a 1 calcolato per ciascun comune pesando per 2/3 il rischio di collasso e per 1/3 il rischio di danneggiamento degli edifici (Sabetta et al. in corso di pubblicazione)

sua volta implica un dimensionamento della scala d'intervento che possa consentire di interpretarne analiticamente i caratteri.

Lo stato attuale delle conoscenze in termini di pericolosità sismica, vulnerabilità del patrimonio edilizio, esposizione della popolazione, consente una valutazione sufficientemente accurata del RS a livello comunale (Fig. 1).

I valori assoluti delle stime di RS sono affetti da notevoli incertezze, in particolare relative alla vulnerabilità, non solo per quanto riguarda il patrimonio storico ma anche per le tante indeterminatezze ascrivibili alla contemporaneità come ad es. l'abusivismo o le infrastrutture delle quali scopriamo in termini drammatici la congenita fragilità. La graduatoria relativa in termini di RS dei diversi siti e comuni è comunque attendibile e consente di definire l'incidenza del rischio ai fini della prevenzione e di disegnare un primo quadro di priorità (Fig. 2 e Tab. 2). Importanti strumenti conoscitivi di maggior dettaglio (ad es.

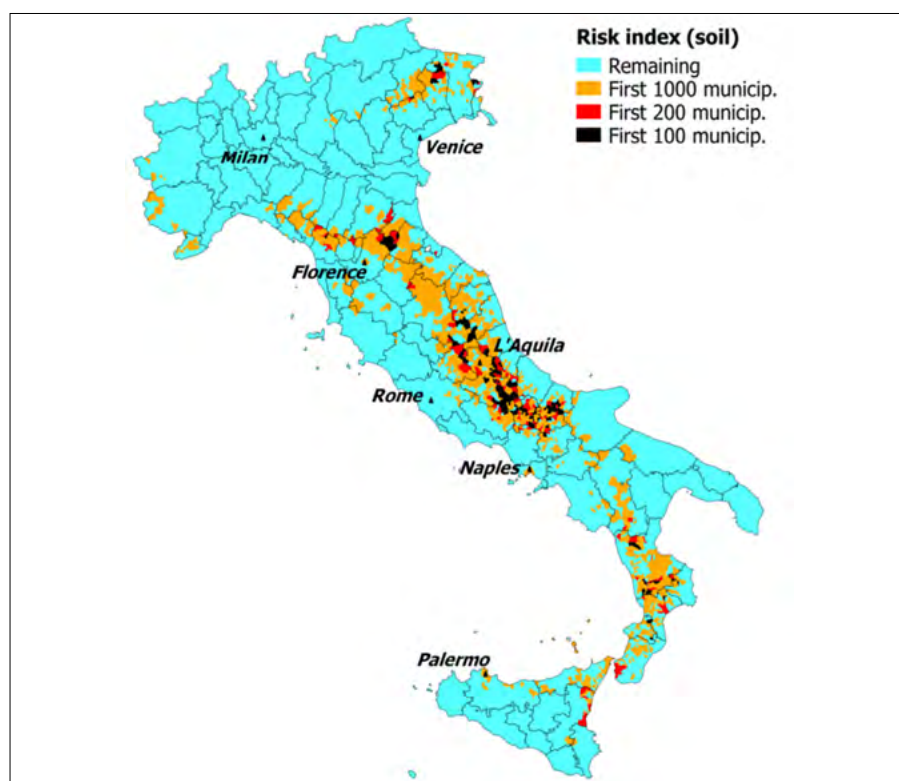


Figura 2. Mappa che mostra i primi 100, 200 e 1.000 comuni ordinati per indice di rischio (Sabetta et al. in corso di pubblicazione)

Tabella 2. Dati relativi ai primi 100, 200 e 1.000 comuni ordinati per indice di rischio. I costi del miglioramento sismico sono stimati considerando un importo di 600 €/m² applicato agli edifici delle tre classi di vulnerabilità più elevate (A, B, C2 - circa il 70% del totale) (Sabetta *et al.* in corso di pubblicazione)

	Popolazione	Edifici	Abitazioni	Superficie (m ²) classi A, B, C2	Ipotesi miglioramento sismico miliardi €
Primi 100 comuni	404.601	103.392	164.335	1,21E+07	7,3
Primi 200 comuni	1.172.567	261.879	479.614	3,38E+07	20,3
Primi 1000 comuni	8.696.050	1.628.788	3.549.318	2,33E+08	139,8

non consente certamente dispersione o distrazione di risorse.

La premessa essenziale per un cambiamento di ottica così netto in merito alla riduzione del RS, presuppone che lo Stato, i Governi di questo Paese si assumano la responsabilità di decidere dove e cosa fare, in quanto tempo, con risorse certe, per raggiungere quale obiettivo. Si potrebbe, ad esempio, cominciare dai primi 200 comuni a rischio, una dimensione all'incirca corrispondente allo scenario di significativi terremoti italiani che, sulla base dell'ipotesi illustrata in Tabella 2, comporta un onere finanziario corrispondente a circa 6 anni della spesa normalmente sostenuta dal Governo per la ricostruzione post-sisma. Se tale importo fosse utilizzato per diminuire di una classe la vulnerabilità degli edifici mediante interventi di miglioramento sismico, si otterrebbe una riduzione di circa il 57% del rischio in termini di vittime, senzatetto e danni economici. Una volta individuati i comuni, andrebbero affinate le analisi di rischio attraverso studi dettagliati di microzonazione e di vulnerabilità per individuare gli edifici e le infrastrutture più fragili su cui intervenire mediante ben note tecniche di miglioramento/adeguamento sismico. Si metterebbe così a punto un criterio generale, da replicare n volte in una dimensione temporale di lungo-medio periodo, affrontando la questione in un quadro di complessiva rigenerazione, riqualificazione del territorio. Si propone, in definitiva, di uscire dalla logica "edificiocentrica" basata esclusivamente sulle caratteristiche di resistenza in campo dinamico e di intervenire su altre condizioni di criticità relative al contesto territoriale in cui si colloca l'edificio. Su questo tema è necessario si confrontino diverse culture, alcune delle quali fin qui escluse.

L'area Napoletana: sulla mitigazione del rischio vulcanico più alto al Mondo

The Naples area: how to mitigate the highest volcanic risk in the World

Giuseppe De Natale^{(1,2)*}, Claudia Troise^(1,2), Renato Somma^(1,3), Massimo Buscema^(4,5), Guido Maurelli⁽⁴⁾, Antonio Coviello⁽³⁾, Stefano Petrazzuoli⁽⁶⁾, Alfredo Trocciola⁽⁷⁾, Adriano Giannola⁽⁸⁾

(1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Napoli (I)

(2) INO-CNR, Pozzuoli (NA) (I)

(3) IRIS-CNR, Napoli (I)

(4) Centro Ricerche SEMEION, Roma (I)

(5) University of Colorado, Denver (USA)

(6) Studio di Ingegneria Strutturale, Napoli (I)

(7) ENEA, Portici, NA (I)

(8) SVIMEZ, Roma (I)

Parole chiave: rischio vulcanico, Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia
Key words: volcanic risk, Vesuvius, Campi Flegrei, Ischia

*Autore di riferimento
E-mail: giuseppe.denatale@ingv.it

L'area Napoletana è caratterizzata dal più alto rischio vulcanico al Mondo, poiché risulta inclusa in tre aree vulcaniche attive (Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia), caratterizzate da un vulcanismo altamente esplosivo e da un'altissima densità di popolazione (De Natale *et al.*, 2020). Il risultato è che più di tre milioni di persone vivono entro una distanza di 20 km da una possibile bocca eruttiva.

La mitigazione di un rischio così estremo è resa difficile dal fatto che, attualmente, la previsione delle eruzioni vulcaniche è una procedura fortemente empirica e dalla probabilità di successo molto bassa (nel migliore dei casi dal 20% al 30%).

Il nostro lavoro prende spunto dallo stato dell'arte della previsione delle eruzioni, sulla quale sono in pratica completamente basati gli attuali Piani di Emergenza elaborati per le due aree Vesuvio e Campi Flegrei.

Una volta chiariti i problemi intrinseci, di tipo scientifico ed operativo, dei Piani di Emergenza attuali, vengono suggerite le linee guida per un Piano di Emergenza che possa realmente risultare efficace nella mitigazione dei rischi estremi posti dal vulcanismo in quest'area.

Il problema è posto in forma multidisciplinare, e considera i principali aspetti sociali, economici ed urbanistici.

I benefici di un approccio completo e multidisciplinare, come quello da noi suggerito, sono quindi resi evidenti non solo rispetto ai Piani di Emergenza attualmente esistenti, ma anche nell'ambito di una visione più ampia dei problemi posti dallo sbilanciamento attuale tra aree costiere ad altissimo rischio densamente popolate ed aree interne in grave crisi demografica dovuta allo spopolamento.

L'evacuazione preventiva delle aree a rischio è l'unica difesa da un'eruzione imminente; non esiste infatti alcuna possibile difesa alternativa contro i prodotti piroclastici di maggiore pericolosità (flussi piroclastici, flussi di lava particolarmente veloci, intensa caduta di pomice e ceneri). D'altra parte, il concetto di evacuazione preventiva è strettamente legato alla possibilità di previsione delle eruzioni.

La previsione delle eruzioni, a livello mediatico ma anche talvolta in ambito accademico, è generalmente considerata semplicisticamente fattibile, al contrario della previsione dei terremoti che, altrettanto semplicisticamente, è considerata impossibile. Entrambe le affermazioni sono egualmente errate; la previsione delle eruzioni è considerata fattibile perché i vulcani sono strutture definite e ben localizzate, ed esistono fenomeni precursori di eruzioni largamente osservati; le zone sismiche sono invece molto estese, e difficili da monitorare specificamente. Il problema è che non è assolutamente definito, per un generico vulcano, quale sia il livello oltre il quale le anomalie fisico-chimiche genericamente considerate 'fenomeni precursori' annuncino davvero un'eruzione imminente. Questo è vero, in generale, anche per vulcani con un'alta frequenza eruttiva osservata in epoca moderna; ed è ancor più vero per vulcani, come quelli dell'area Napoletana, quiescenti da molti decenni o da secoli: dal 1944 (Vesuvio), 1538 (Campi Flegrei) e 1302 (Ischia).

La previsione delle eruzioni, in realtà, è ancora una disciplina largamente empirica, con risultati fortemente incerti (Winson *et al.*, 2014). Sebbene alcuni studi recenti inizino a sviluppare tecniche di previsione con maggiori vincoli fisici (Kilburn, 2012; Robertson and Kilburn, 2016; Kilburn *et al.*, 2017),

tali studi sono ancora ad uno stadio di ricerca scientifica di punta, di fatto non generalizzabili per un utilizzo pratico che dia garanzie di affidabilità.

Il problema della previsione delle eruzioni è schematizzabile come mostrato in *Fig. 1*.

Come si evince dalla figura, una previsione di successo avviene quando un allarme, definito dal superamento di una certa soglia di 'fenomeni precursori', è effettivamente seguito entro breve tempo da un'eruzione.

Seguendo la stessa logica, in contrasto con una previsione appropriata, ci possono essere due tipologie di errori: falso allarme e mancato allarme. Nel caso più generale, descritto dalla *Fig. 1*, un certo trend di anomalie fisico-chimiche (fenomeni precursori, che normalmente implicano aumento di sismicità, sollevamento del suolo e variazioni nella composizione chimica delle acque e dei gas) cresce, fino ad arrivare eventualmente all'eruzione. Se un allarme è dato nella fase iniziale di crescita dei fenomeni, c'è una probabilità trascurabile di mancato allarme, ma una grande probabilità di falso allarme. Al contrario, quando si attende che i fenomeni anomali divengano estremamente marcati, si minimizza la probabilità di falso allarme ma si massimizza quella di mancato allarme: si rischia cioè che l'eruzione arrivi senza più avere il tempo di evacuare le aree esposte.

Allora, dato il completo 'trade off' tra probabilità di mancato allarme e di falso allarme, l'istante in cui dare effettivamente un allarme (che porti all'evacuazione) dovrebbe essere scelto in modo da minimizzare il 'costo': che nel caso di un falso allarme è proprio il costo, economico e sociale, di un'evacuazione inutile; mentre nel caso di un mancato allarme consiste nella perdita di innumerevoli vite umane.

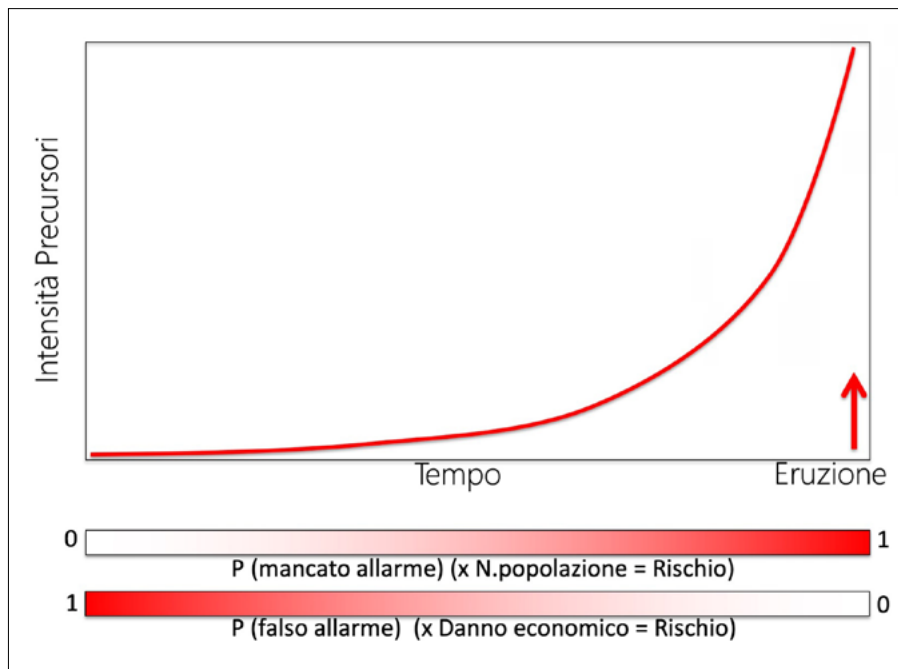


Figura 1. Schema di una evoluzione 'ideale' di segnali precursori di un'eruzione. Dichiarando un allarme nella fase iniziale della crescita dei precursori, si minimizza la probabilità di mancato allarme, ma si massimizza la probabilità di falso allarme. Al contrario, se si attende che i segnali precursori arrivino a livelli molto alti, la probabilità di falso allarme è bassa, ma è altissima quella di mancato allarme (ossia si rischia di dare l'allarme 'troppo tardi' per avere il tempo di evacuare l'area esposta)

È dunque evidente che, nel caso di un numero enorme di abitanti esposti (come nel caso dell'area vulcanica napoletana), la probabilità di mancato allarme può essere assolutamente insostenibile anche per valori molto bassi di probabilità di eruzione; di contro, però, un falso allarme potrebbe avere costi economici e sociali altissimi.

Una errata o del tutto assente considerazione di questo problema, nel caso in questione in cui il valore esposto è altissimo, può ulteriormente implicare pesantissime responsabilità, anche giudiziarie, per i decisori.

L'estrema complessità e scarsa affidabilità delle attuali tecniche di previsione delle eruzioni, insieme alla criticità della mitigazione del rischio vulcanico

quando esso assume valori estremi, è stata evidenziata in maniera molto completa da De Natale ed al. (2020). Una delle fonti principali, che consente di valutare l'attuale grado di attendibilità della previsione delle eruzioni, è data dal Consensus Study Report (2017), che riporta i risultati di tutti i tentativi di previsione delle eruzioni nel Mondo a partire dal 1980. La scelta del 1980 come anno zero non è causale, in quanto rappresenta l'anno dell'eruzione del Mount St. Helens (WA, USA), che può essere considerata il punto di partenza delle moderne tecniche di previsione delle eruzioni vulcaniche.

I risultati del Consensus Study Report (2017) indicano una percentuale di successi, nella previsione delle eruzioni,

molto minore del 50%. Ancora più indicativi sono i risultati ottenuti da Winson *et al.* (2014), che analizzano i risultati nella previsione applicati a 194 eruzioni avvenute dal 1990 al 2013, da 60 vulcani nel Mondo.

La Fig. 2 mostra i risultati principali del loro studio: soltanto il 19% delle eruzioni furono anticipate con appropriati messaggi di allerta inviati alle autorità. Un tale pessimo risultato migliora di poco se si considerano solo le eruzioni più forti (VEI>3): circa il 30% di queste eruzioni furono correttamente previste. Il risultato aumenta leggermente se si considerano solo i vulcani perfettamente monitorati, ma resta comunque sempre sotto il 50%. In aggiunta, lo studio riporta il 33% di allarmi eruzione non seguiti da eruzione (falsi allarmi).

In aggiunta, anche nei casi in cui la previsione è avvenuta con successo, bisogna tener conto di quanto tempo prima dell'eruzione sia stata possibile: l'esempio di maggior successo è infatti rappresentato dall'eruzione del vulcano Hekla nel 2000, per la quale l'eruzione fu prevista con molta precisione, ma soltanto mezz'ora prima che avvenisse (Stefansson, 2011). Ovviamente, una previsione con così breve anticipo è di fatto inutilizzabile per ordinare un'evacuazione di centinaia di migliaia (ma probabilmente anche di poche migliaia) di persone.

Questi risultati mostrano chiaramente che, con il livello attuale di conoscenza, è molto più probabile un mancato allarme, o anche un falso allarme, piuttosto che una previsione corretta. In tali condizioni, il 'problema della previsione', evidenziato dalla Fig. 1, diviene assolutamente drammatico in condizioni di rischio vulcanico estremo (ossia di numeri estremi di popolazione esposta al massimo rischio).

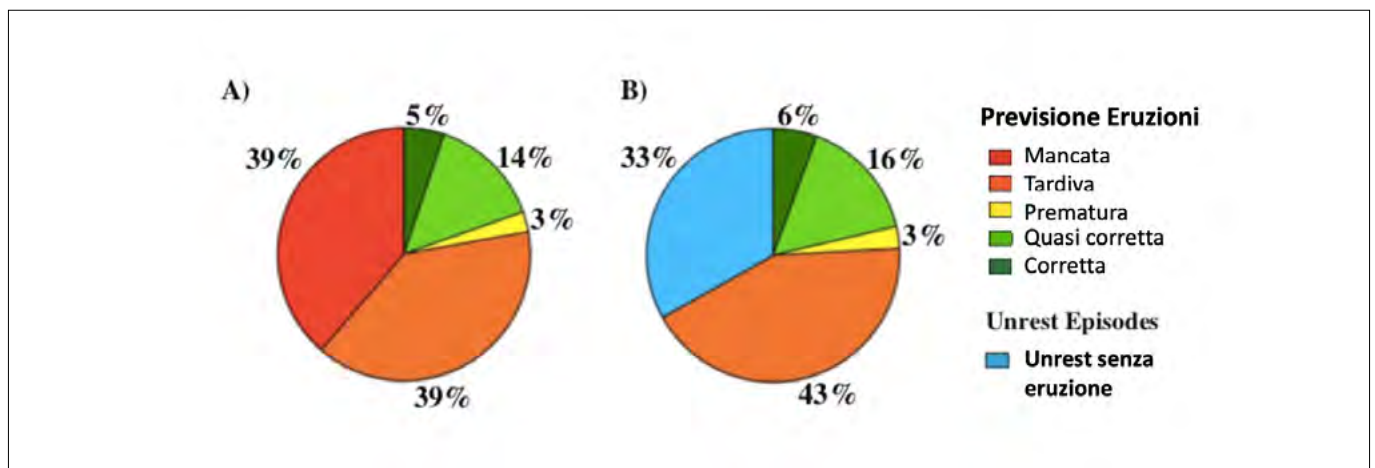


Figura 2. Percentuali di successi/insuccessi (in termini di frequenze relative) nella previsione di 194 eruzioni avvenute dal 1990 al 2013 (da Winson *et al.*, 2014). (a) Frequenze relative del risultato della previsione di eruzioni, ciascuno indicato da un diverso colore. Nota che la frequenza cumulativa di previsioni più o meno corrette (tonalità di verde) è soltanto del 19% rispetto al totale. (b) Proporzioni delle previsioni senza effettiva eruzione (falso allarme) rappresentate come percentuale insieme a tutte le categorie mostrate in (a) eccetto la prima ('mancata')

È utile a questo punto richiamare gli elementi principali dei Piani di Emergenza attuali elaborati per queste aree. Sottolineiamo che non è qui nostra intenzione criticare il lavoro alla base di tali Piani, che è anzi assolutamente meritevole ed ha portato comunque ad un primo utile protocollo da attuare in un'eventuale emergenza. Il nostro intento è infatti costruttivo, e vuole indicare i molti punti deboli e l'assoluta necessità di completare ed integrare i protocolli attuali, in modo da renderli praticamente fattibili. Come vedremo, sebbene le informazioni alla base degli attuali piani costituiscano un'importante base di partenza, tutto l'impianto successivo deve essere necessariamente modificato ed integrato, per renderli razionali ed effettivamente applicabili.

Passiamo quindi a riassumere i punti principali degli attuali Piani di Emergenza:

- 1) definire una 'zona rossa', che di fatto rappresenta la zona a massima probabilità di invasione da flussi piroclastici da eruzioni di grande taglia, che deve quindi essere evacuata prima dell'eruzione;
- 2) definire un Sistema 'a semaforo', basato sui livelli progressive di crescita delle 'anomalie' (o 'fenomeni precursori', di Fig. 1), con colori Verde, Giallo, Arancione, Rosso;
- 3) raggiunto il livello 'Rosso', tutta la zona rossa deve essere completamente evacuata entro 72 ore.

Mentre i livelli da Verde ad Arancione sono decisi dalla Protezione Civile Nazionale, con la consulenza della 'Commissione Grandi Rischi Vulcani', ossia un pool di esperti nazionali, il passaggio dall'Arancione al Rosso viene deciso direttamente dal Capo del Governo (Premier).

È chiaro che gli attuali Piani di Emergenza si basano sull'assunzione che la previsione dell'eruzione (dichiarazione di allerta 'Rosso') sia pressochè certa o comunque corretta con alta probabilità; cosa che, come dimostrato dalla casistica globale, è assolutamente falso. E, d'altra parte, una semplice stima realistica della durata di un'eventuale evacuazione, basata su considerazioni vulcanologiche (decine di anni come minimo, ma forse molto di più), rende evidente la conclusione che essa, se non specificamente e dettagliatamente programmata con larghissimo anticipo (anni o decenni), avrebbe costi, economici e sociali, assolutamente insostenibili. Da tali considerazioni, e data l'estrema incertezza degli attuali metodi di pre-

visione delle eruzioni, si può anche facilmente dimostrare come la tendenza ad allargare le zone rosse, che caratterizza gli attuali Piani di Emergenza ed i loro ultimi aggiornamenti, lungi dal rappresentare un elemento di maggiore sicurezza costituisce in realtà un enorme problema. Le esperienze di evacuazione tutto sommato estremamente positive, sperimentate proprio nell'area dei Campi Flegrei a causa del bradisisma nel 1970 e nel 1984, riguardavano infatti aree estremamente più limitate, e con ordini di grandezza minori di popolazione, rispetto alle zone rosse dei Piani attuali.

Il nostro lavoro vuole evidenziare come un approccio razionale e multidisciplinare al problema, non soltanto basato sulla certezza di una previsione dell'eruzione a breve termine corretta (presupposto purtroppo irrealistico, come abbiamo detto), sia l'unico che possa permettere un salto di qualità significativo nella mitigazione del rischio vulcanico in queste aree. L'approccio proposto risulta necessariamente complesso, e richiede una pianificazione dettagliata ed un aggiornamento costante, che tenga conto di tutte le principali variabili sociali, economiche e di organizzazione dei servizi nelle zone di accoglienza, che dovrebbero idealmente poter costituire residenze definitive per le popolazioni evacuate. Il passo ulteriore dovrebbe essere l'incentivazione di buona parte della popolazione residente nelle zone rosse a trasferire la propria residenza nelle nuove aree predisposte ben prima di un qualunque allarme. Nel nostro lavoro dimostriamo come, mediante un'accurata pianificazione ed opportuni investimenti, attraverso una bilanciata politica tra incentivi a spostare la propria residenza fuori dalle zone rosse, e disincentivi a spostarla al loro interno, è possibile innescare un processo virtuoso in grado di valorizzare enormemente i territori a più alto rischio vulcanico; risolvendo nel contempo alcuni dei problemi più gravi ed endemici di gran parte del Mezzogiorno d'Italia.

BIBLIOGRAFIA

- CONSENSUS STUDY REPORT: VOLCANIC ERUPTIONS AND THEIR REPOSE, UNREST, PRECURSORS, AND TIMING (2017), *The National Academy Press*, 134 pp., <https://doi.org/10.17226/24650>, 2017.
- DE NATALE, G., TROISE, C., AND SOMMA, R. (2020), *Invited Perspectives: The Volcanoes of Naples: How Can the Highest Volcanic Risk in the World Be Effectively Mitigated*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 20, 2037–2053. doi:10.5194/nhess-20-2037-2020.

DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE CIVILE NAZIONALE, *Gazzetta Ufficiale Gazzetta Ufficiale*, 75 del 31 marzo 2015, p. 9, available at: https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2015-03-31&atto.codiceRedazionale=15A02488&elenco30giorni=false (last access: 20 July 2020).

KILBURN, C. R. J. (2012), *Precursory deformation and fracture before brittle rock failure and potential application to volcanic unrest*, *J. Geophys. Res.*, 117, B02211, <https://doi.org/10.1029/2011JB008703>

KILBURN, C. R. J., DE NATALE, G., AND CARLINO S. (2017), *Progressive approach to eruption at Campi Flegrei caldera in Southern Italy*, *Nat. Commun.*, 8, 15312, <https://doi.org/10.1038/ncomms15312>

ROBERTSON, R. M. AND KILBURN, C.R.J. (2016). *Deformation regime and long-term precursors to eruption at large calderas: Rabaul, Papua New Guinea*, *Earth Planet. Sc. Lett.*, 438, 86–94

STEFANSSON, R. (2011), *Advances in Earthquake Prediction, Research and Risk Mitigation*, Springer-PRAXIS, Berlin, Germany, 271 pp.

WINSON, A. E. G., COSTA, F., NEWHALL, C. G., AND WOO, G. (2014), *An analysis of the issuance of volcanic alert levels during volcanic crises*, *J Appl. Volcanol.* 3, 2–12, <https://doi.org/10.1186/s13617-014-0014-6>

L'erosione costiera e l'analisi dell'evoluzione geomorfologica della linea di costa compresa nell'unità fisiografica tra Palo e Capo d'Anzio: cause, metodologie e possibili soluzioni

Ilaria Falconi

Tecnologo di ricerca III liv. CREA c/o Ministero delle Politiche agricole alimentari e forestali

Email: ilaria.falconi@crea.gov.it

Coastal erosion and the analysis of the geomorphological evolution of the coastline included in the physiographic unit between Palo and Capo d'Anzio: causes, methodologies and possible solutions

Parole chiave: dissesto idrogeologico, erosione costiera, fiume Tevere, unità fisiografica, modelli matematici, bilancio dei sedimenti, analisi linea di costa, opere di difesa e buone pratiche

Key words: Hydrogeological instability, coastal erosion, Tiber river, physiographic unit, mathematical models, sediment balance, coastline analysis, defense works and best practices

L'erosione della costa è il risultato diretto ed indiretto delle alterazioni del ciclo dei sedimenti determinate da cause naturali ed antropiche.

I fattori naturali, causa d'erosione, hanno un ruolo significativamente predominante, specialmente nel lungo periodo, e quelli più influenti sono i venti e le tempeste, le correnti in prossimità delle spiagge, l'innalzamento del livello del mare, la subsidenza del suolo e l'apporto liquido e solido dei fiumi al mare.

I fattori antropici includono: l'utilizzazione della fascia costiera con la realizzazione di infrastrutture ed opere per insediamenti abitativi, industriali e ricreativi; la pulizia della spiaggia con mezzi meccanici; lo scalzamento e la distruzione della duna; gli stessi interventi di difesa della costa; la regimazione dei corsi d'acqua e l'estrazione di inerti dai fiumi da utilizzare nell'edilizia.

Le azioni antropiche destabilizzano i complicati e delicati equilibri che presiedono alla costituzione delle spiagge ed alla loro evoluzione.

Nel dettaglio tali fattori includono:

- l'intensa antropizzazione delle coste a causa della costruzione di porti, abitazioni, strutture ed infrastrutture;
- l'impovertimento dell'apporto di materiale solido dei fiumi: all'ap-

porto sedimentario da parte del Tevere si deve principalmente alla formazione delle numerose spiagge site lungo le ali dell'apparato. Quelle poste a nord della foce sono collegate più direttamente, rispetto a quelle situate a sud, agli apporti sedimentologici del fiume. Detto fattore è poi all'origine dei differenti trend erosivi tra i due tratti. Infatti le correnti provenienti da sud-est deviano verso nord il pennacchio del Tevere innescando così la sovralimentazione del settore a nord.

Il trasporto solido del Tevere, quindi, rappresenta il fattore principale determinante l'evoluzione morfologica dell'alveo e delle spiagge limitrofe alla foce.

- i lavori di manutenzione eseguiti sulle spiagge: gli interventi effettuati con mezzi meccanici che giungono in profondità incrementano l'erosione costiera delle spiagge sabbiose in quanto provocano la rottura degli aggregati di sabbia libera e delle singole particelle di sedimento.
- Tali particelle, trasportate dal vento, vengono disperse e non si accumulano più sulla spiaggia a meno che non siano trattenute dalla vegetazione, dai tronchi, dalle barriere frangivento e, ove possibile, dalla presenza della vegetazione sulle

dune. Inoltre, l'uso di detti mezzi meccanici determina l'alterazione del naturale profilo morfologico della spiaggia, rendendola più vulnerabile alle mareggiate, la variazione dei caratteri morfo-topografici e l'usura della spiaggia stessa tale da modificarne la granulometria. Infine l'utilizzo degli stessi mezzi meccanici potrebbe determinare la torbidità delle acque prossime alla battigia in quanto, in un'area soggetta alle onde di risacca, il rimescolamento dei sedimenti, dei rifiuti e della sostanza organica liberata dai residui (quali resti di vegetali o di bivalvi) determina la formazione di schiuma;

- la rimozione dei materiali spiaggiati: i materiali accumulati sulle spiagge rappresentano un importante elemento di ripascimento naturale dell'arenile ed esercitano un'azione di sostegno per la sabbia in quanto ostacolano l'erosione eolica e marina. Sarebbe auspicabile, quindi, la non rimozione di tali materiali durante i mesi autunnali - invernali in quanto essi garantiscono la resilienza della spiaggia durante le mareggiate. Gli arenili andrebbero puliti solamente dai veri rifiuti di origine antropica quali oggetti in plastica, copertoni, polistirolo, materiale di

risulta proveniente dalle strutture presenti in loco, ecc.

- gli stessi interventi di difesa.

Nel litorale romano e, in particolare, nel tratto di arenile esaminato l'erosione costiera è determinata principalmente dall'intervento dell'uomo sull'ambiente.

Nelle conclusioni si mette in luce che le opere di difesa sino ad oggi attuate non hanno contribuito a risolvere il problema dell'erosione costiera e si propongono, fra l'altro, possibili soluzioni innovative (per esempio modellazione numerica per l'evoluzione della costa e per la valutazione degli interventi, opere di difesa e interventi di manutenzione su spiagge innovative). La valutazione dei fattori antropici erosivi, l'analisi e la fattibilità delle proposte possono essere replicati in contesti simili.

La scala ESI-07 (Environmental Seismic Intensity): uno strumento per la catalogazione e l'analisi degli effetti ambientali sismoindotti

The ESI-07 (Environmental Seismic Intensity) scale: a tool for analyzing Earthquake Environmental Effects

Parole chiave: terremoto; scala ESI-07; macrosismica
Key words: Earthquake; ESI-07 scale; macroseismology

I terremoti di magnitudo superiore a circa 5.5 generano consistenti effetti ambientali, che concorrono sostanzialmente all'impatto degli eventi sismici, sia in termini di perdite economiche che di vite umane, con un peso sempre maggiore all'aumentare della magnitudo (es., Tohoku 2011, Mw 9.2; la maggior parte delle vittime e dei danni sono stati causati dallo tsunami).

Le scale di intensità macrosismica valutano gli effetti dei terremoti sulle persone, sull'ambiente antropico (oggetti, edifici e infrastrutture) e sull'ambiente naturale. Le scale di intensità più comunemente usate in Italia sono la scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) e la scala EMS (*European Macroseismic Scale*). Queste scale, e in particolare la EMS, pongono l'accento principalmente sugli effetti sulle costruzioni, mettendo in secondo piano gli effetti sull'ambiente naturale, che vengono considerati come intrinsecamente poco attendibili.

Negli ultimi decenni la capacità di identificare e misurare in modo consistente gli effetti ambientali è notevolmente cresciuta, portando nel 2007 all'introduzione della scala ESI-07 (*Environmental Seismic Intensity scale*; Michetti *et al.*, 2004, 2007). Questa è una scala di intensità basata esclusivamente sugli effetti sull'ambiente naturale ed è stata sviluppata nell'ambito delle attività dell'INQUA – *International Union for Quaternary Research*. La scala ESI-07 è organizzata secondo dodici gradi, analogamente a buona parte delle altre scale macrosismiche; l'attribuzione del grado di intensità si basa sulle dimensioni e l'entità delle varie tipologie di effetti. In particolare, vengono distinti effetti primari ed effetti secondari (Michetti

et al., 2007; Serva *et al.*, 2016). Gli effetti primari sono fagliazione superficiale e deformazione permanente della superficie topografica e sono strettamente legati alla sorgente sismica. Gli effetti secondari sono principalmente legati allo scuotimento sismico, e comprendono fenomeni quali frane, liquefazioni, tsunami e anomalie idrogeologiche.

L'utilizzo della scala ESI-07 è strutturato in due livelli gerarchici spaziali: ciascun effetto ambientale rappresenta un SITO; diversi siti in un contesto ambientale omogeneo vengono raggruppati in LOCALITÀ, a cui viene attribuito un valore di intensità locale. È poi possibile definire un valore di intensità EPICENTRALE, che viene stabilito sulla base delle dimensioni (lunghezza e rigetto) della fagliazione superficiale, e/o delle dimensioni dell'area coinvolta da effetti secondari. Se nel caso dell'intensità locale le modalità di attribuzione con la scala ESI-07 sono analoghe alle scale MCS o EMS, nel caso dell'intensità epicentrale la scala ESI-07 presenta delle peculiarità, in quanto le altre scale non contemplano la possibilità di valutare effetti lineari (e.g., lunghezza di fagliazione) o areali.

La scala ESI-07 non intende sostituire le altre scale di intensità, ma piuttosto affiancarle al fine di ottenere un quadro più esaustivo degli effetti complessivi di un terremoto, corroborando i risultati ottenuti con le scale MCS o EMS, o eventualmente sottolineando delle differenze tra ambiente antropico e naturale. La scala ESI-07 risulta particolarmente utile nei seguenti casi:

- per i gradi di intensità più elevati (i.e., Intensità > X), dove gli effetti su edifici e infrastrutture vanno in-

Maria Francesca Ferrario⁽¹⁾, Franz A. Livio⁽¹⁾, Alessandro Maria Michetti^(1, 2), Marco Pizzi⁽¹⁾, Sabina Porfido^(2, 3)

¹⁾ Università dell'Insubria, Como, Italy

²⁾ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano, Italy

³⁾ CNR - I.S.A., Avellino, Italy

Email: francesca.ferrario@uninsubria.it
alessandro.michetti@uninsubria.it
m.pizza@uninsubria.it

contro a saturazione; al contrario, gli effetti ambientali non subiscono tale limitazione;

- nel caso di regioni poco densamente popolate, dove le osservazioni sull'ambiente antropico sono limitate;
- nel confronto di eventi sismici avvenuti su diverse scale spaziali e temporali.

Sebbene sia stata introdotta molto più recentemente rispetto alle altre scale di intensità, la scala ESI-07 è stata applicata sinora a 157 eventi a livello globale (*Fig. 1*); a 15 anni dalla sua introduzione, è possibile fare un bilancio del suo utilizzo, che dimostra come gli effetti ambientali siano degli indicatori affidabili e consistenti nel tempo per valutare il livello di danneggiamento causato da un terremoto o da una sequenza sismica (Ferrario *et al.*, 2022).

L'Italia è un Paese ad elevata sismicità e vanta un catalogo di sismicità storica estremamente ricco, che include numerose informazioni sugli effetti ambientali; inoltre, gli effetti ambientali causati dalle recenti sequenze sismiche (e.g., Emilia-Romagna 2012, Centro Italia 2016-2017) sono stati cartografati e misurati con estremo dettaglio. L'applicazione della scala ESI-07 e una valutazione critica degli effetti cosmici ambientali possono fornire utili elementi per una più efficace pianificazione e gestione territoriale, ad esempio nell'ambito della microzonazione sismica o dell'applicazione e revisione dei codici costruttivi. In tale contesto, le competenze geologiche e una adeguata formazione e preparazione dei professionisti in ambito ambientale risultano cruciali per affrontare al meglio le sfide

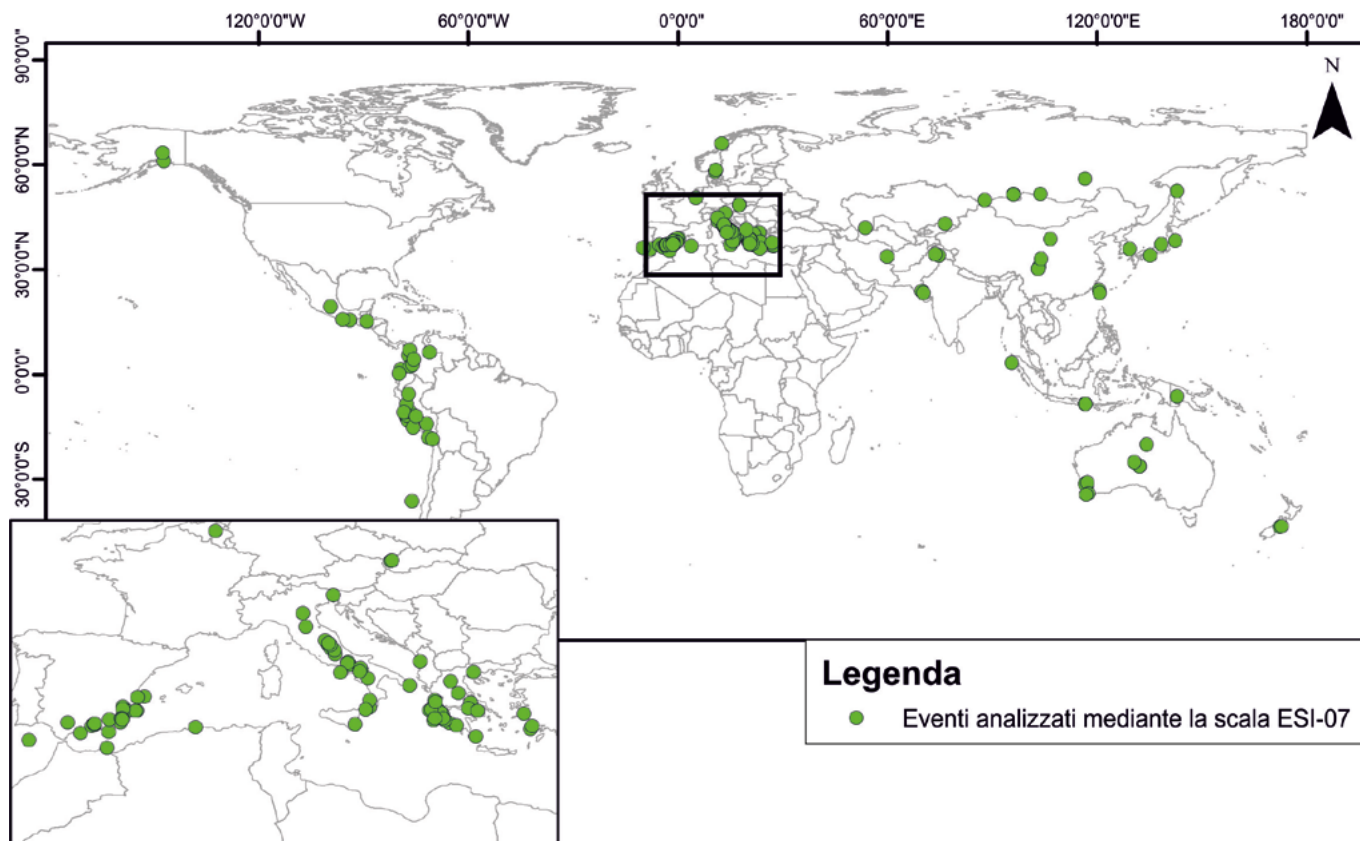


Figura 1. Localizzazione dei terremoti analizzati mediante la scala ESI-07, modificata da Ferrario et al. (2022)

della società moderna, in un territorio fragile e dinamico.

BIBLIOGRAFIA

- FERRARIO M. F., LIVIO F., MICHETTI A. M. (2022), *Fifteen years of Environmental Seismic Intensity (ESI-07) scale: Dataset compilation and insights from empirical regressions*, Quaternary International.
- MICHETTI A.M., ESPOSITO E., GURPINAR A., MOHAMMADIOUN B., MOHAMMADIOUN G., PORFIDO S., ROGHOSIN E., SERVA L., TATEVOSSIAN R., VITTORI E., AUDEMARD F., COMERCI V., MARCO S., MCCALPIN J., MORNER N.A. (2004), *The INQUA Scale. An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically induced ground effects in natural environment*. In: VITTORI, E., COMERCI, V. (Eds.), *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, Special Volume 67. APAT, Rome, pp. 1–118, 2004.
- MICHETTI A.M., ESPOSITO E., GUERRIERI L., PORFIDO S., SERVA L., TATEVOSSIAN R., VITTORI E., AUDEMARD F., AZUMA T., CLAGUE J., COMERCI V., GURPINAR A., MCCALPIN J., MOHAMMADIOUN B., MÖRNER N.A., OTA Y., ROGHOSIN E. (2007), *Environmental seismic intensity scale-ESI 2007*, Mem. Descr. della Carta Geol. Italia 74, 41.
- SERVA, L., VITTORI, E., COMERCI, V., ESPOSITO, E., GUERRIERI, L., MICHETTI, A.M., MOHAMMADIOUN B., MOHAMMADIOUN, C., PORFIDO S., TATEVOSSIAN R. (2016), *Earthquake hazard and the environmental seismic intensity (ESI) scale*, Pure Appl. Geophys. 173 (5), 1479–1515.

Rilevamenti geomorfologici di cavità sotterranee presenti nel territorio del Municipio Roma V per la previsione e prevenzione di fenomeni di sinkholes

Geomorphological surveys of artificial cavities in the 5th Municipality of Rome for predicting and preventing anthropogenic sinkholes in urban area

Parole chiave: Roma, cavità artificiali, sinkholes antropogenici, geomorfologia
Key words: Rome, artificial cavities, anthropogenic sinkholes, geomorphology

Gianluca Ferri*

Roma Capitale, Dipartimento Protezione Civile

Carlo Alimonti

Roma Capitale, Dipartimento Programmazione e Attuazione Urbanistica

Riccardo Paolucci

Sotterranei di Roma - Ricerca a.p.s

Gabriele Scandaliato

Roma Capitale, Dipartimento Coordinamento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana

Ivano Stranieri

Roma Sotterranea S.r.l

Claudio Succhiarelli

Roma Capitale, Dipartimento Programmazione e Attuazione Urbanistica

*Autore referente

Email: gianluca.ferri@comune.roma.it

Nell'ambito delle attività del Tavolo Tecnico Interdipartimentale del Municipio Roma V, sono stati svolti rilievi geomorfologici delle cavità sotterranee interessate da processi morfoevolutivi di dissesto in calotta e nei fianchi delle gallerie ubicate nelle seguenti aree:

- 1) Via Tor De' Schiavi – Comprensorio Case Popolari (A.T.E.R.) e aree adiacenti;
- 2) Via Buie d'Istria - Comprensorio Case Popolari (A.T.E.R.), sede stradale e relative pertinenze;
- 3) Quartiere Quadraro – Via Columella e Via Igino e aree adiacenti.

I rilievi geomorfologici ipogei hanno consentito di determinare lo stato di conservazione delle gallerie per l'individuazione delle aree potenzialmente soggette a sprofondamenti del suolo, meritevoli di interventi di consolidamento e/o bonifica:

- nella rete di gallerie sottostanti al Comprensorio Case Popolari A.T.E.R. di via Tor De' Schiavi interessato da un evento di sprofondamento del suolo avvenuto in data 19 gennaio 2021, sono state individuate 7 aree a pericolosità elevata (P3) e molto elevata (P4) sulla base degli elementi geomorfologici osservati (§ Foto 1) e sulla scorta della profondità delle volte rispetto alla superficie urbana esterna;
- nel Comprensorio Case Popolari A.T.E.R. di via Buie d'Istria, il rilievo geomorfologico della rete di gallerie, realizzato sulla base di rilievo laser scanner dell'intero impianto caveale, ha evidenziato la presenza

di dissesti generalizzati delle volte e dei fianchi che in alcuni punti si sono evoluti in camini di collasso prossimali alla superficie urbana esterna per sversamenti fognari (§ Foto 2);

- nelle aree del Quartiere Quadraro (via Columella e via Giulio Igino), le ispezioni dirette nella rete ipogea (§ Foto 3) hanno consentito l'individuazione e la localizzazione di:
 - a. aree in dissesto locale e generalizzato di alcune porzioni delle gallerie (pilastri, volte e fianchi);
 - b. sversamenti attivi, recenti e passati di reflui fognari con deflussi in ipogeo che hanno diminuito il grado di stabilità delle calotte e dei fianchi delle gallerie;

- c. strutture di sostegno in muratura (pilastri e pareti murarie realizzate con mattoni e malta cementizia) anche con gravi lesioni per sforzi verticali di compressione (§ Foto 4), localizzate in corrispondenza delle fondazioni superficiali degli edifici sovrastanti;
- d. coni detritici di riempimento di eventi di sinkholes, prevalentemente costituiti da materiali di rifiuto provenienti dalle attività di costruzione e demolizione e rifiuti solidi urbani;
- e. colate di fluidi cementizi sul piano di calpestio delle gallerie, provenienti da adiacenti e recenti interventi di bonifica per riempimento.

L'identificazione delle aree ipogee pericolose potrà consentire all'Ammi-



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4

nistrazione di redigere cartografie di rischio sulla base degli elementi esposti in superficie e, quindi, agire in modo

preventivo con progetti di messa in sicurezza delle gallerie, propedeutici agli interventi di riempimento.

Studio numerico parametrico dell'influenza di fattori ambientali, geo-strutturali e geomeccanici sulla stabilità di falesie in rocce tenere

Piernicola Lollino⁽¹⁾, Gioacchino Francesco Andriani⁽¹⁾, Giuseppe Diprizio⁽¹⁾, Nunzio Luciano Fazio⁽²⁾, Isabella Serena Liso⁽¹⁾, Mario Parise⁽¹⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

⁽²⁾ CNR-IRPI, Bari

Email: piernicola.lollino@uniba.it

Numerical-parametric study about the influence of environmental, geo-structural and mechanical factors on stability of cliffs in soft rocks

Parole chiave: stabilità, falesie, modellazione numerica, rocce tenere
Key words: stability, cliffs, modeling, soft rocks

La stabilità precaria delle falesie rocciose genera spesso condizioni di pericolosità elevata lungo le coste con il coinvolgimento di strutture ed infrastrutture ubicate in sommità e/o di utenti delle spiagge che si sviluppano al piede. In generale, detta stabilità dipende da vari fattori, quali: il comportamento fisico-meccanico della roccia costituente la falesia, la relativa suscettibilità ai processi di weathering, l'assetto geo-strutturale dell'ammasso o le azioni naturali ed antropiche che comportano modifiche della geometria e dei carichi agenti sulla falesia, per citarne alcuni.

Numerosi studi sono stati condotti recentemente sulle metodologie di acquisizione della geometria di dettaglio delle pareti rocciose mediante rilievi eseguiti con droni (UAV), particolarmente utili soprattutto in aree difficilmente accessibili, e la successiva implementazione in modelli numerici tridimensionali per lo studio quantitativo della suscettibilità al collasso delle falesie rocciose (Mancini *et al.* 2017, Fazio *et al.* 2019, Loiotine *et al.* 2021). Detti studi focalizzano l'attenzione soprattutto sullo sviluppo di procedure di analisi per l'acquisizione e l'elaborazione di dati ottenuti mediante rilievi UAV, il trattamento e l'importazione delle nuvole di punti acquisite in modelli numerici tridimensionali, l'elaborazione e l'interpretazione dei risultati degli stessi modelli di calcolo (Figura 1). Tali metodologie si adattano alle necessità di studio di casi specifici o settori ben definiti delle coste.

Il presente contributo intende fornire un inquadramento dei risultati di modelli numerici ideali in ambito bi-dimensionale di falesie in rocce tenere,

particolarmente diffuse lungo le coste dell'Italia meridionale, con specifico riferimento agli effetti di processi ambientali, quali l'erosione al piede o il

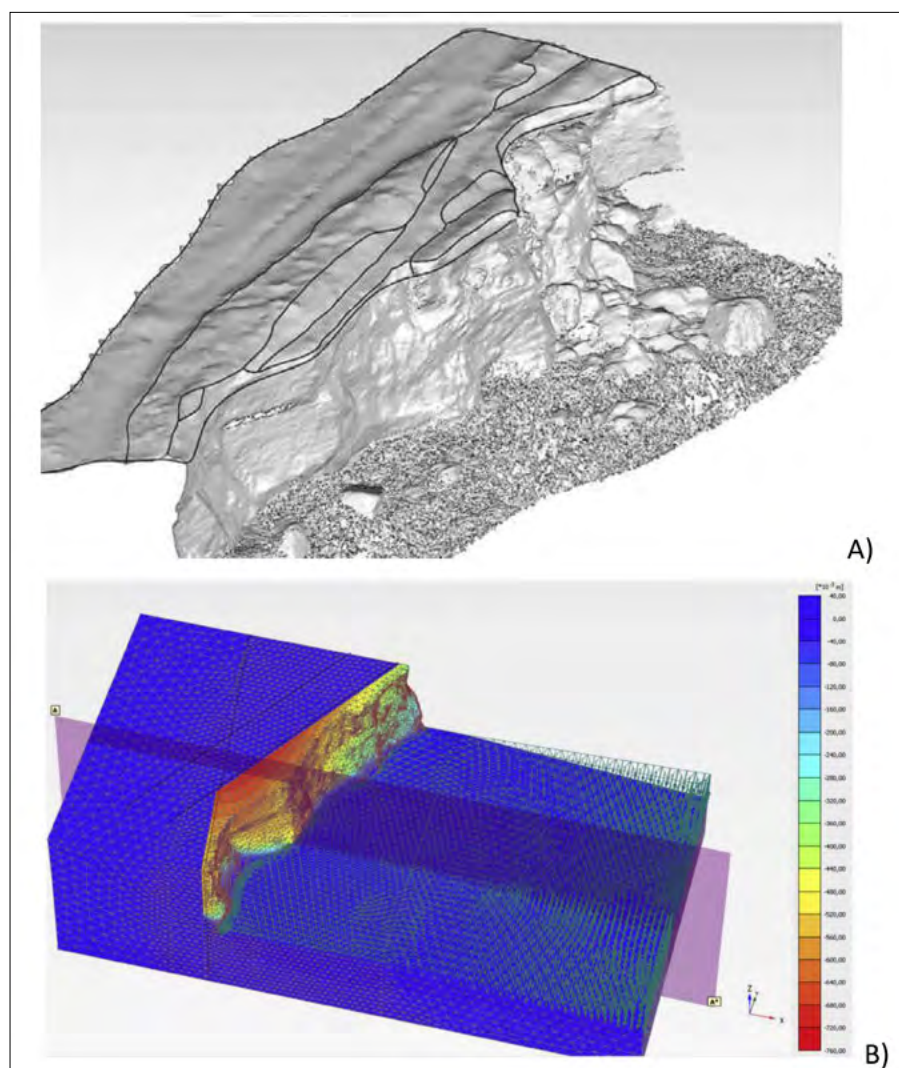


Figura 1. A) Superficie generata da nuvola di punti acquisita via rilievo UAV; B) spostamenti verticali ottenuti da modello FEM 3D (da Fazio *et al.* 2019)

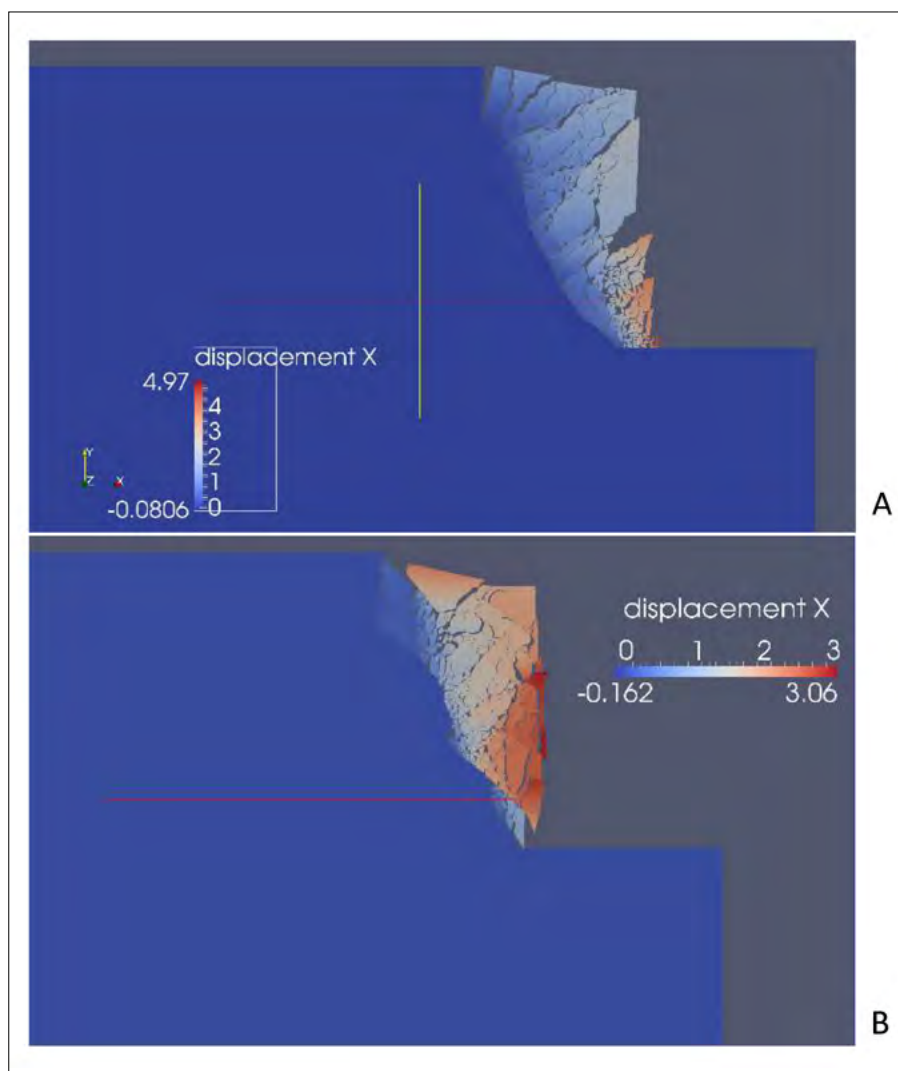


Figura 2. Risultati di analisi FEM-DEM che mostrano i meccanismi di collasso di pareti rocciose in condizioni di ammasso continuo (A) ed in presenza di giunti distribuiti a franapoggio (B)

progressivo decadimento delle proprietà meccaniche del materiale roccioso ad opera degli agenti atmosferici, sulla variazione delle condizioni di equilibrio delle falesie rocciose. In particolare, sono presentati i risultati di modelli numerici agli elementi finiti, utilizzando per la roccia modelli costitutivi a plasticità perfetta, e di modelli numerici sofisticati, di tipo ibrido FEM-DEM, che consentono di tener conto di aspetti complessi della meccanica delle rocce, quali il comportamento fragile e lo sviluppo di processi di propagazione delle fratture. I risultati delle analisi numeriche mostrano gli effetti della combinazione dei diversi fattori (fragilità della roccia, presenza di discontinuità e ponti di roccia, erosione al piede e degradazione meccanica della roccia) sulla stabilità globale delle pareti e documentano il ruolo che rivestono i singoli fattori (Figura 2). I modelli sviluppati indicano altresì la necessità di trattare con cautela i risultati di analisi complesse come quelle FEM-DEM presentate, poiché fortemente condizionate da parametri quali la dimensione della mesh di calcolo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- MANCINI F., CASTAGNETTI C., ROSSI P., DUBBINI M., FAZIO N.L., PERROTTI M., LOLLINO P. (2017), *An integrated procedure to assess the stability of coastal rocky cliffs: from UAV close-range photogrammetry to geomechanical finite element modelling*. Remote Sensing, 9, 1235.
- FAZIO N.L., PERROTTI M., ANDRIANI G.F., MANCINI F., ROSSI P., CASTAGNETTI C., LOLLINO P. (2019), *A new methodological approach to assess the stability of discontinuous rocky cliffs using in-situ surveys supported by UAV-based techniques and 3-D finite element model: a case study*. Engineering Geology, 260.
- LOIOTINE L., ANDRIANI G.F., JABOYEDOFF M., PARISE M., DERRON M.H. (2021), *Comparison of Remote Sensing Techniques for Geostructural Analysis and Cliff Monitoring in Coastal Areas of High Tourist Attraction: The Case Study of Polignano a Mare (Southern Italy)*. Remote Sensing, 13(24), 5045.

Geositi e geoturismo: potenziali strumenti di sensibilizzazione verso il rischio sismico ...e non solo

Geosites and geotourism: potential tools for raising awareness of seismic risk ... and more

Parole chiave: geositi, geoturismo, rischio sismico, rischi naturali
Key words: geosites, geotourism, seismic risk, natural hazards

ABSTRACT

L'obiettivo di questo lavoro è promuovere il patrimonio geologico e il geoturismo quali risorse a supporto dell'educazione ambientale e della cultura della prevenzione. Vengono, a titolo di esempio, presentati alcuni geositi che possono assumere una valenza sociale ed educativa, oltre che scientifica e turistica, fondata proprio sul potere pedagogico delle testimonianze dirette di disastri trascorsi. Disastri che, attraverso una corretta dialettica divulgativa, dovranno essere proiettati anche nel futuro e integrati in un nuovo immaginario di società consapevole, responsabile, resiliente. Si propone quindi di assimilare tali siti al patrimonio geologico nazionale e di inserirli nel geodatabase dell'ISPRA con una designazione specifica (rischio sismico e vulcanico, rischio climatico, rischio geoidrologicoecc.).

1. INTRODUZIONE

L'Italia peninsulare è caratterizzata da una elevata *pericolosità* sismica (Melletti *et al.*, 2008). La forte densità abitativa e l'ampio patrimonio storico e architettonico del Paese espongono il già fragile territorio a un *rischio* sismico altrettanto elevato (Crowley *et al.*, 2008).

Gli effetti dei terremoti si manifestano largamente sull'ambiente fisico (scarpate di faglia, sismiti, depositi da tsunami, frane sismoindotte ecc.) e sulle opere antropiche antiche e recenti (centri abitati danneggiati o rasi al suolo, monumenti e resti archeologici). Anche la memoria collettiva viene ripetutamente segnata dalle rilevanti sequenze sismiche, fisiologicamente connesse all'evoluzione dell'orogene appenninico. Tuttavia, con il succedersi delle generazioni, la memoria storica degli eventi calamitosi tende a indebolirsi insieme alla coscienza civile del rischio. Oc-

corre allora preservare e divulgare le testimonianze lasciate dai terremoti sul territorio, affinché la consapevolezza del rischio sia sempre viva nella collettività, anche nei periodi più o meno lunghi di quiescenza sismica.

Un altro tema molto attuale è l'impatto del rischio climatico sulle popolazioni e sugli ambienti naturali. Sempre più frequentemente alluvioni e piene interessano il Mediterraneo e l'Italia (Bentivenga *et al.*, 2020 con relativa bibliografia); la criosfera continentale si sta riducendo e al contempo diventano più instabili i ghiacciai e i nevai in fase di ritiro (Sommer *et al.*, 2020); il livello del mare registra ormai da decenni un trend di crescita (Cazenave & Llovel, 2010).

Se il dibattito su cause e responsabilità di catastrofi ricollegate al rischio sismico e climatico resta aperto, la divulgazione scientifica e la corretta informazione al grande pubblico restano i più fertili terreni di coltura della prevenzione e della mitigazione dei rischi. Il geoturismo, declinato anche a questa missione, può divenire una pratica permanente di consapevolezza e prevenzione verso ogni tipo di calamità di origine naturale o antropica.

2. GEOSITI: DALLA COSCIENZA DEL RISCHIO ALL'OBIETTIVO RESILIENZA

2.1 RISCHIO SISMICO

Si riporta di seguito una breve descrizione dei siti italiani individuati per il rischio sismico:

- Scarpata di faglia del Monte Vettore (tra le province di Ascoli Piceno e Perugia): è la principale evidenza superficiale della sequenza sismica di Amatrice del 2016, generata dagli epicentri principali di Mw 6.0 (24 agosto

Salvatore Lucente
Spin off accademico ExtraGEO -
Università degli Studi della Basilicata
Email: salvatore_lucente@libero.it

- 2016) e 6.5 (30 ottobre 2016). La fagliazione superficiale si estende per circa 30 km in direzione NW-SE, con picchi di dislocazione di circa 2 m lungo il versante occidentale del Monte Vettore (G.D.L. INGV, 2017). Per salvaguardare il sito, soggetto a rapida erosione, sarebbero auspicabili immediati interventi di tutela e musealizzazione, anche solo di una piccola parte della scarpata. La valenza scientifica, didattica e sociale di simili interventi è dimostrata dall'esempio del 921 *Earthquake Museum* di Taiwan, realizzato su una deformazione cosmica originatasi durante il terremoto del 1999 (Ryan & Hsu, 2011).
- Paese di Romagnano a Monte (SA): gravemente danneggiato dal terremoto del 1980, l'abitato fu abbandonato subito dopo dalla popolazione. Oggi i resti del borgo potrebbero diventare un laboratorio a cielo aperto per lo studio degli effetti del terremoto sulle abitazioni, ma interventi parziali di messa in sicurezza pongono ancora limiti di fruibilità.
- Le vestigia della antica Brienza (PZ): il centro storico antico, poco a nord dell'attuale paese, fu completamente raso al suolo durante il terremoto della Val d'Agri del 1857. Rimasero in piedi solo alcune pareti e la sezione basale degli edifici. Il valore storico-monumentale del borgo, la compresenza del Castello Caracciolo poco più a monte e la prossimità delle marmitte dei giganti sul fondo del torrente Pergola (Bentivenga *et al.*, 2003) rappresentano una cornice ottimale per valorizzare le testimonianze dell'attività sismica in epocastorica.
- Berma da tsunami a Torre Sant'Emiliano (LE): ubicato pochi chilo-

metri a sud di Otranto, questo settore di costa testimonia l'impatto, sul litorale salentino, di onde anomale scaturite dal sisma del 1743. Il maremoto ha sollevato dal fondale blocchi fino a circa 30 tonnellate di peso e li ha depositati ad un massimo di 80 m dalla linea di costa, dove le mareggiate non possono arrivare (Mastronuzzi et al., 2007). Il sito testimonia un rischio geologico significativo per le coste pugliesi (e non solo), oggi sempre più frequentate ed esposte a potenziali maremoti generati da diverse sorgenti dislocate nel Mediterraneo.

- Pseudotachiliti affioranti lungo il lineamento di Curinga-Girifalco, in Calabria (Altenberger et al., 2013): il loro contributo allo studio dei terremoti è notevole; l'esumazione di queste rocce permette infatti di osservare e comprendere i processi di deformazione ed evoluzione delle faglie in profondità nella crosta, dove hanno origine i fenomeni sismici. L'approccio petrologico allo studio delle pseudotachiliti valorizza il peso dei processi a scala microscopica nella genesi della sismicità.

2.2 RISCHIO CLIMATICO

Si riporta di seguito, a titolo di esempio, una breve descrizione delle località italiane, alcune già classificate come geositi, individuate come esemplificative del rischio climatico:

- Riserva Naturale Gole del Raganello: il tratto inforato del torrente è diventato tristemente noto alle cronache per l'onda di piena in cui 11 persone persero la vita nel 2018 (Avolio et al., 2019). Il geosito, oltre a rivestire un interesse geomorfologico, ha suscitato la necessità di una fruizione limitata e di una maggiore consapevolezza per chi vi entra. Classificare il geosito come esemplificativo anche dei rischi climatico e idraulico permetterebbe di indirizzare, fin dall'origine, politiche di gestione e valorizzazione geoturistica verso la riduzione del rischio.
- Ghiacciaio della Marmolada: ubicato sulle Dolomiti, tra Trento e Belluno, nel decennio 2004-2014 ha perso il 30% del volume e il 22% dell'area occupata (Santin et al., 2019). A causa del collasso di un blocco di ghiaccio nel luglio del 2022, 11 persone vi hanno perso la vita. Il tragico evento dovrà ridisegnare le regole di fruizione dei ghiacciai, soprattutto nelle ore

centrali della giornata, in cui sono sempre più frequenti i superamenti dello zero termico ad alta quota. Per la dinamica instabile dei suoi versanti, inoltre, il ghiacciaio della Marmolada rappresenta un simbolo del degrado della criosfera terrestre a seguito del riscaldamento globale.

- Foce del fiume Sinni e Bosco Pantano di Policoro (Basilicata): l'area costiera nei pressi della foce è stata interessata, in alcuni punti, da un arretramento di 30 m tra il 2008 e il 2010 e di ben 500 m tra il 1908 e il 2010 (Sabato et al., 2011). Benché il Bosco Pantano di Policoro e Costa Ionica Foce Sinni sia qualificato come area SIC, le cause dell'arretramento sono da imputarsi prevalentemente ad attività antropiche, come la costruzione di una diga lungo il corso del fiume Sinni (Sabato et al., 2011). Il sito pertanto si candida a rappresentare il ruolo dell'uomo nell'amplificare gli effetti delle variazioni climatiche locali.

CONCLUSIONI

I luoghi descritti per documentare il rischio sismico e climatico racchiudono una forte valenza sociale ed educativa, oltre che scientifica, per i seguenti motivi:

- (1) Mostrano con immediatezza e realismo gli effetti drammatici di un evento calamitoso a breve e a lungo termine, tenendo quindi viva la consapevolezza della fragilità del territorio e delle opere umane. Questi luoghi sono quindi un presidio della memoria storica, anche in tempi lontani da eventi calamitosi sistemici.
- (2) Rappresentano un focus permanente per le giovani generazioni, le popolazioni locali, gli studiosi e gli amministratori sulla centralità della pianificazione territoriale come strumento di prevenzione; racchiudono casi emblematici ed esperienze vissute dalle comunità e insegnano a coabitare con i fenomeni naturali in un'ottica di resilienza.
- (3) Inducono ad osservare con massima attenzione gli effetti naturali (elementi morfologici, rocce ecc.) come sintomatici del grado di pericolosità di un luogo.

Per tutti questi motivi, si avanza la proposta di ampliare le voci descrittive delle schede ISPRA per la classificazione dei geositi con i seguenti obiettivi: (i) valorizzare il significato evocativo/simbolico e pedagogico del geosito (o

candidato tale); (ii) fornire linee guida strategiche per la corretta gestione futura del bene, tenendo conto delle finalità non solo geoturistiche e protezionistiche ma anche di formazione e prevenzione; (iii) ampliare l'opportunità di inclusione anche ad alcuni siti di potenziale interesse ma convenzionalmente non ammissibili nel catalogo.

BIBLIOGRAFIA

- AVOLIO E., CAVALCANTI O., FURNARI L., SENATORE A. & MENDICINO G. (2019), *Brief communication: Preliminary hydro-meteorological analysis of the flash flood of 20 August 2018 in Raganello Gorge, southern Italy*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19(8), 1619-1627.
- ALTENBERGER U., PROSSER G., GRANDE A., GU'NTER C. & LANGONE A. (2013), *A seismogenic zone in the deep crust indicated by pseudotachylytes and ultramylonites in granulite-facies rocks of Calabria (Southern Italy)*. Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 975-994.
- BENTIVENGA M., GIANCRISTIANO F., PALLADINO G. & PRESTERA A. (2003), *Il sito del Castello di Brienza: importanti strutture tettoniche in un contesto morfologico peculiare*. Atti del Convegno Rionero in Vulture (Potenza); 13 e 14 Aprile 2002. Pubblicato in Geologia dell'Ambiente - Periodico della SIGEA, come Supplemento al n. 1/2003, 125-130.
- BENTIVENGA M., GIANO S. I. & PICCARRETA M. (2020), *Recent Increase of Flood Frequency in the Ionian Belt of Basilicata Region, Southern Italy: Human or Climatic Changes?*. Water, 12(7), 2062.
- CAZENAVE A. & LLOVEL W. (2010), *Contemporary sea level rise*. Annual review of marine science, 2(1), 145-173.
- CROWLEY H., COLOMBI M., BORZI B., FARAVELLI M., ONIDA M., LOPEZ M., POLLI D., MERONI F. & PINHO R. (2008), *A comparison of seismic risk maps for Italy*. Bull. Earthq. Eng., 7(1), 149-180.
- GRUPPO DI LAVORO INGV SUL TERREMOTO IN CENTRO ITALIA. *Relazione sullo stato delle conoscenze sulla sequenza sismica in centro Italia 2016-2017 (aggiornamento al 2 febbraio 2017)*. Doi: 10.5281/zenodo.267984.
- MASTRONUZZI G., PIGNATELLI C., SANSÒ P. & SELLERI G. (2007), *Boulder accumulations produced by the 20th of February, 1743 tsunami along the coast of southeastern Salento (Apulia region, Italy)*. Marine Geology, 242, 191-205.
- MELETTI C., GALADINI F., VALENSISE G., STUCCHI M., BASILI R., BARBAS., VANNUCCI G. & BOSCHI E. (2008), *A seismic source zone model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. Tectonophysics, 450, 85-108.
- RYAN C. & HSU S.Y. (2011), *Why do visitors go to museums? The case of 921 Earthquake Museum, Wufong, Taichung*. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 16(2), 209-228.

- SABATO L., LONGHITANO S., CILUMBRIELLO A., GIOIA D., SPALLUTO L. & KALB C. (2011), *Studio sedimentologico e dinamica marino-costiera del sistema litorale di Bosco Pantano di Policoro (Basilicata, Italia meridionale)*. Rend. Online Soc. Geol. It, 17, 161-168.
- SANTIN I., COLUCCI R. R., ŽEBRE M., PAVAN M., CAGNATI A. & FORTE E. (2019), *Recent evolution of Marmolada glacier (Dolomites, Italy) by means of ground and airborne GPR surveys*. Remote Sensing of Environment, 235, 111442.
- SOMMER C., MALZ P., SEEHAUS T. C., LIPPL S., ZEMP M. & BRAUN M. H. (2020), *Rapid glacier retreat and downwasting throughout the European Alps in the early 21st century*. Nature communications, 11(1), 1-10.
- WANG L. & TIAN M. (2014), *A discussion on the development model of earthquake relic geopark – a case study of the Qingchuan Earthquake Relic Geopark in Sichuan Province, China*. Journal of Cultural Heritage, 15(5), 459-469.

Gestione integrata del rischio alluvioni e siccità mediante nuovi possibili approcci: il caso del Progetto Paglia

Integrated management of flood and drought risk through new possible approaches: the case of the Paglia Project

Parole chiave: gestione, rischio, alluvioni, siccità, invasi, dibattito pubblico
Key words: management, risk, floods, drought, water storage, public debate

Erasmus D'Angelis
Presidente Earth Foundation Agenda Firenze
E-mail: dangelis.erasmo@gmail.com

Mauro Grassi
Economista, Direttore Earth Foundation Agenda Firenze
E-mail: maurograssi1951@gmail.com

Endro Martini
SIGEA APS, Geologo Ambientale, Coordinatore Area Tematica Nazionale Contratti di Fiume
E-mail: endromartini@gmail.com

Il Paglia è un Fiume italiano con un bacino di 1200 Km². Nasce sul Monte Amiata in Toscana, attraversa il territorio della Regione Lazio, parte del territorio Orvietano in Umbria e si immette nel fiume Tevere a valle della Diga di Corbara. Il fiume attraversa numerose zone abitate nelle tre regioni. Il regime idrologico di questo fiume è di tipo torrentizio, definito dagli studiosi complesso e bizzarro. Nel mese di luglio dell'anno 2012 il Fiume era quasi asciutto: alla stazione di Ponte Adunata a Orvieto Scalo portava circa 200 litri secondo: una magra che fece riconoscere lo stato di emergenza per siccità.

Il 12 novembre 2012 alla stessa stazione sono stati misurati circa 2100 metri cubi secondo: una alluvione disastrosa che ha procurato moltissimi danni nella zona di Orvieto, poi nel fiume Tevere fino a Roma, fortunatamente senza vittime in cui il costo della sola gestione dell'emergenza è stato stimato di 110 milioni di euro. Storicamente il fiume è noto per le sue piene, per le sue alluvioni e per i suoi periodi siccitosi. Per mitigare i rischi connessi alle alluvioni e alle siccità dovuti alle crisi climatiche con alluvioni lampo e lunghi periodi siccitosi il parlamento Italiano varò un "Piano Invasi" per la costruzione di piccole dighe dove immagazzinare le acque di piena per restituirle ad usi plurimi nei periodi siccitosi compreso il minimo vitale del fiume. L'Autorità di Distretto dell'Appennino Centrale ha avviato un "Progetto di fattibilità tecnico economica di un sistema di Invasi" da realizzare nel bacino idrografico del Fiume Paglia da attivare a seguito dei risultati di un "Dibattito Pubblico" che coinvolgerà 23 Comuni, 3 Province e 3 Regioni. Questo articolo illustrerà le

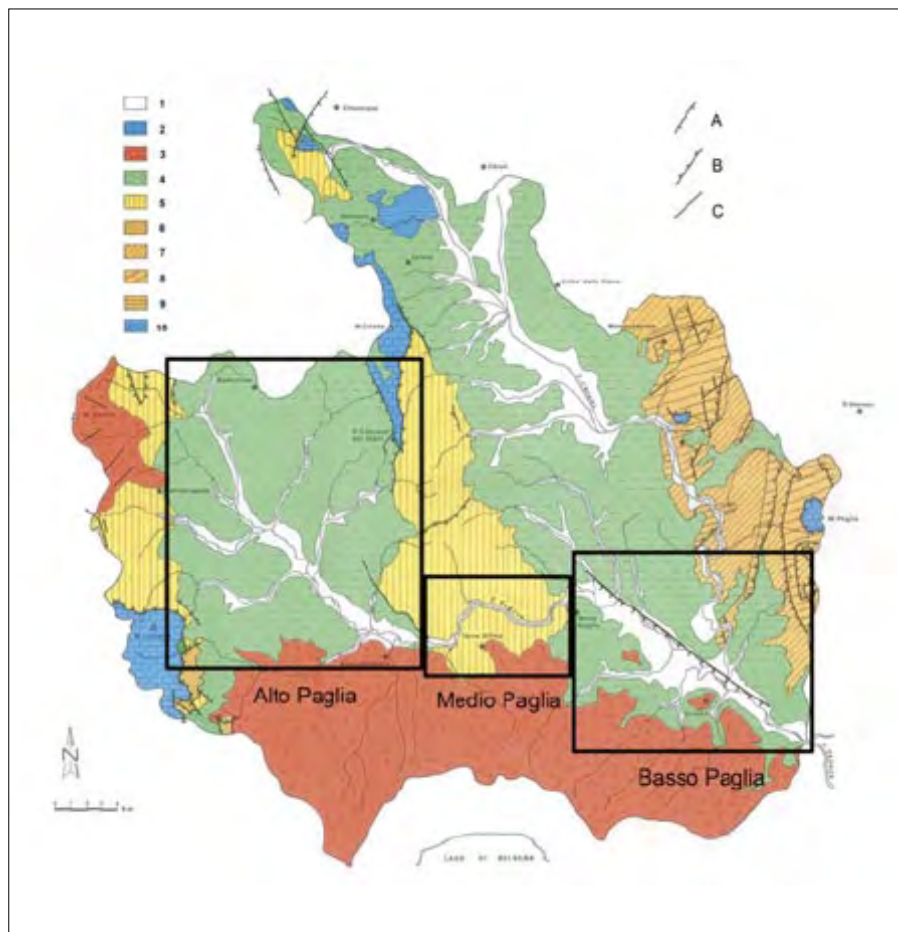
criticità idrologiche-idrauliche del bacino del Paglia, la procedura intrapresa, le analisi costi benefici effettuate con primi risultati ottenuti e i percorsi partecipativi già attivati attraverso lo strumento dei Contratti di Fiume: il Dibattito Pubblico nel territorio interessato sarà ancora in corso in occasione della celebrazione del trentennale della SIGEA. Quando,

delle siccità del Paglia che si ripete con frequenza sempre maggiore, e per questo le soluzioni non sono più rinviabili. Tanto più che entrano ormai in gioco gli effetti dei cambiamenti climatici in atto, che sono spesso nuove crisi anche drammatiche. Per questo, la necessità di un ripristino fluviale del Paglia non è mai stata più urgente di adesso.



nell'arco di appena quattro mesi dello stesso anno, il 2012, in un bacino idrografico come quello del Paglia si passa da una condizione di emergenza siccità nel mese di luglio ad una condizione di emergenza per alluvione nel mese di novembre, più di un interrogativo si pone e molteplici sono le domande a cui bisogna dare risposte serie, con opere e interventi coerenti e strutturali. Le chiedono i nostri fiumi che possono avere troppa acqua o troppo poca acqua anche in pochissimo tempo. E lo chiede la storia documentata delle piene e

La devastante piena record di oltre 2100 m³/s all'idrometro di Orvieto, prima della confluenza con il Tevere ha toccato un livello di 10,20 metri allagando completamente tutta la parte bassa della città causando seri danni. Il Paglia ha come caratteristiche idrauliche la sezione di chiusura del bacino, alla confluenza con il Tevere, situata a 100 metri s.l.m. Ha una limitatissima estensione di aree naturali per la laminazione delle piene, una forte acclività delle pendenze d'alveo, forti rotture di pendenza e una complessa struttura



Le condizioni imposte con la pianificazione si riassumono in: mantenimento della capacità di laminazione della Media valle del Tevere da Orte a Castel Giubileo con il divieto di nuove costruzioni; la manutenzione idraulica delle opere di difesa esistenti; la gestione ottimizzata dell'invaso di Corbara per non sovrapporre i colmi di piena del bacino del Paglia, non regolato, con quel che proviene dall'Alto Tevere a monte della diga di Corbara.

Ma questo, considerato il trend climatico sfavorevole e il sempre maggiore ripetersi di crisi climatiche sfociate spesso in alluvioni lampo e i lunghi periodi siccitosi, non appare sufficiente.

Le stesse Direttive europee indicano la necessità di procedere verso la maggiore limitazione dei rischi per le zone critiche, rischi che oggi appaiono per la fattispecie del Bacino del Paglia duplici: siccità ed alluvioni.

Ai fini della gestione delle piene, e delle siccità e della valorizzazione delle sue acque è nato il Progetto Paglia, necessariamente coordinato con la restante parte del bacino del Tevere, per assumere le caratteristiche di un'opera complessiva tale da fornire vantaggi sia a livello locale interno al bacino stesso che a scala più ampia.

Lo scopo dell'intervento sul Paglia è quindi molto chiaro: ridurre i rischi di piena tipo "2012" con notevoli danni economici (una ricerca del Politecnico di Milano indica come costo per la gestione della sola emergenza è pari a circa 110 milioni di €) e infrastrutturali "attesi" ricercando nel bacino del Paglia soluzioni di accumulo della troppa acqua per restituirla e utilizzarla ad uso plurimo quando avremo nel bacino troppo poca acqua (costi benefici economici ed eco-

geo-morfologica. I suoi colmi di piena rappresentano il principale pericolo idraulico per i territori attraversati dal fiume e per quelli del medio corso del Tevere. Il Progetto Paglia è stato inserito dall'Autorità di bacino distrettuale nel "Piano nazionale degli interventi nel settore idrico Sezione invasi" (art. 1, comma 516, legge 205/2017; risorse art. 1, comma 155, della legge n. 145). Gli indici di sicurezza idrica e di biodiversità sono un allarme per il nostro fiume come per la gran parte dei fiumi del mondo. Questi indicatori sono diminuiti a causa di inquinamento, deviazioni, urbanizzazioni senza criterio, cementificazioni di sponde, flussi frammentati, abbandono di manutenzioni, specie introdotte e invasive, e altro. La necessità di risposte di ripristino-restauro fluviale in termini di "prevenzione" è ormai essenziale sia per difendere i fiumi sia per tutelare il territorio antropizzato spesso addirittura dentro i loro alvei. I gruppi di studio internazionali "Renewing Our Rivers" – Rinnovare i Nostri Fiumi - rispondono in vari paesi a questa esigenza con progetti e realizzazioni di interventi di ripristino e riqualificazione dei corridoi dei corsi d'acqua, di protezione delle golene e dei territori attraversati. Le piene del Paglia, da sempre, hanno effetti anche sull'asta fluviale del Tevere, e le alluvioni di Roma hanno costitui-

to fin dall'antichità un grande problema. Fra tutti gli affluenti del Tevere il Paglia è certamente quello a carattere torrentizio maggiore, con portate molto variabili. Per di più, il Paglia confluisce a valle dello sbarramento di Corbara, per cui non dispone di nessuna laminazione per limitare gli effetti delle sue piene nel tratto vallivo del Tevere. La difesa dalle piene deve fare affidamento su alcune condizioni minime e imprescindibili come definite dalla pianificazione di bacino sviluppata in questi anni dall'Autorità del Tevere.





necessità, su proposta del coordinatore del Dibattito Pubblico. Nel caso della realizzazione di un'opera quale un sistema di invasi, come nella fattispecie del Paglia, il problema va analizzato e alla luce della componente "rischio". Dobbiamo interrogarci, però, per quale motivo oggi parlare della realizzazione di un invaso, o meglio di un sistema di invasi, potrebbe persino lasciare sorpresi. In altri termini, in Italia siamo paradossalmente ignoranti, da un lato, dell'immensa ricchezza nazionale che possiede il Paese in termini di quantità di risorse idriche (piogge) e di infrastrutture dedicate a sbarrare i corsi d'acqua e, dall'altro lato, del ruolo che gli invasi possono svolgere a protezione dal rischio alluvioni e ai fini dello sviluppo delle attività insediate nel territorio. Piuttosto, sarebbe ormai giunto il momento di restituire agli invasi la giusta attenzione che merita il ruolo fondamentale che essi svolgono, interagendo con continuità e in modo molto significativo con il territorio circostante in termini di mitigazione del rischio idraulico, fungendo da bacini di raccolta per la riduzione delle piene di fiumi e torrenti; di gestione del fabbisogno idrico; di soluzione ai frequenti fenomeni di siccità; di produzione di energia elettrica; ai fini della creazione e mantenimento di ecosistemi di pregio. Addirittura sotto il profilo paesaggistico, gli invasi hanno da sempre connotato, seppur diversamente, parti di territorio che nel tempo hanno acquistato una loro apprezzabile valenza. Nondimeno i recenti fenomeni di siccità che stanno colpendo vaste zone del Paese dovrebbero farci riflettere sull'altro fondamentale ruolo che le traverse e le loro derivazioni svolgono nel territorio: quello di fungere da serbatoi di accumulo di acqua, per poi rilasciarla quando e dove essa più necessita. E se la siccità si presenta ormai con indubbia frequenza, altrettanto ricorrenti sono i fenomeni meteorologici eccezionali, legati anch'essi agli effetti dei cambiamenti climatici. E il sistema di invasi del Progetto Paglia serve anche a questo scopo.

BIBLIOGRAFIA

ALTA SCUOLA - AUTORITÀ DISTRETTO APPENNINO CENTRALE, *Il fiume Paglia sicuro, pulito da vivere*, Edizioni Polistampa, Firenze 2022. Testi di: Leonardo Arcaleni, Nicola Berni, Corrado Cencetti, Maurizio Conticelli, Fabrizio Curcio, Erasmo D'Angelis, Raffaele Davanzo, Carlo Ferranti, Massimo Gargano, Mauro Grassi, Endro Martini, Rutilio Morandi, Letizia Oddi, Roberta Panella, Valentina Pucci, Ornella Segnalini, Giovanni Selli.

sistemici). Il Progetto Paglia di "Fattibilità Tecnico Economica di Sistemi di Invasi" va in questa direzione. Sono allo studio e alla verifica di idoneità una serie di siti ove ubicare e realizzare piccoli invasi, casse di espansione e di accumulo che saranno nel loro insieme sottoposti alla procedura del "Dibattito Pubblico". La legge 28 gennaio 2016, n. 11, tra i principi e i criteri direttivi dettati al Governo per dare attuazione alle nuove direttive europee in materia di appalti, ha introdotto – all'articolo 1 – forme di Dibattito Pubblico delle comunità locali dei territori interessati dalla realizzazione di grandi progetti infrastrutturali e di architettura di rilevanza sociale aventi impatto sull'ambiente, la città o sull'assetto del territorio. E, in attuazione a tali principi, il decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, recante "Codice dei contratti pubblici", all'articolo 22 "Trasparenza nella partecipazione dei portatori di interessi e Dibattito Pubblico", ha introdotto una procedura di partecipazione che permette ai cittadini di informarsi e di esprimere il loro punto di vista sull'iter e sulla realizzabilità delle grandi opere. La finalità è quella di prevenire i conflitti e le contestazioni che la realizzazione di un'opera infrastrutturale può generare nei territori interessati e di migliorare la qualità della progettazione e l'efficacia delle decisioni pubbliche. Il regolamen-

to del Dibattito Pubblico è nel decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 10 maggio 2018, n. 76 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 145 del 25 giugno 2018 ed entrato in vigore il 24 agosto 2018. Prevede che la procedura del Dibattito Pubblico parta con la presentazione e la pubblicazione sul sito dell'amministrazione aggiudicatrice e dell'ente aggiudicatore del progetto dell'opera, e prosegua con incontri di informazione, approfondimento, discussione e gestione dei conflitti, in particolare nei territori direttamente interessati, e nella raccolta di proposte e posizioni da parte di cittadini, associazioni e istituzioni. All'articolo 3, comma 1, il Regolamento stabilisce il Dibattito solo per il settore dei trasporti, dell'energia, della tutela dell'ambiente e delle infrastrutture ad uso sociale, culturale, sportivo, scientifico o turistico, indicate in un apposito Allegato iniziale, ma è stata introdotta la possibilità che la procedura venga comunque svolta a prescindere dalla tipologia e dalla dimensione dell'opera qualora l'amministrazione aggiudicatrice o l'ente aggiudicatore ne rilevi l'opportunità. Il Dibattito Pubblico ha una durata massima di quattro mesi a decorrere dalla pubblicazione del dossier di progetto dell'opera sul sito dell'amministrazione aggiudicatrice. Tale durata massima può essere prorogata, in caso di comprovata

La tempesta del 28 dicembre 2020 nel golfo di Napoli: impatto della mareggiata sul lungomare partenopeo

Alberto Fortelli, Annarita Casaburi,
Pooria Ebrahimi, Marco Sacchi, Fabio
Matano
CNR-ISMAR, Napoli

Email: fabio.matano@cnr.it

The storm of 28 December 2020 in the Gulf of Naples: impact of the storm surge on the Neapolitan seafront

Parole chiave: tempesta, golfo di Napoli, mareggiata, lungomare
Key words: storm, Gulf of Naples, storm surge, seafront

Il rischio associato ad eventi meteorologici estremi è molto significativo nella zona costiera del Golfo di Napoli, ricca di infrastrutture di importanza strategica, aree naturalistiche e beni culturali.

Il 28 dicembre 2020 il Golfo di Napoli è stato colpito da una mareggiata estrema, che ha prodotto gravi conseguenze. Questo studio si concentra sull'area del lungomare di Via Partenope a Napoli, dove le onde hanno provocato ingenti danni, invadendo la sede stradale e le prospicienti strutture ricettive e turistiche.

Sulla base dell'analisi dell'evoluzione meteorologica della mareggiata e dei suoi effetti sul waterfront, si ritiene che i processi riflessivi indotti sulle onde del mare dai bastioni tufacei di Castel dell'Ovo abbiano contribuito ad incrementare l'altezza locale del moto ondoso, favorendo gli allagamenti e i danneggiamenti diffusi.

Il Comune di Napoli ha stanziato circa 230.000 euro per lavori straordinari di ripristino dell'area, ma anche i danni alle attività ricettive private sono stati ingenti.

L'analisi dell'evento del 28 dicembre 2020 suggerisce la necessità di un'efficace politica di mitigazione nella gestione delle problematiche costiere indotte da eventi estremi di mareggiata, anche alla luce dei cambiamenti climatici in corso che stanno causando un aumento della frequenza e dell'intensità dei fenomeni. L'analisi e la previsione delle condizioni delle onde del mare basate sul vento sono attualmente discusse in letteratura; tuttavia, le informazioni critiche sull'altezza delle onde spesso mancano o non sono sufficienti per una previsione affidabile. Per migliorare la nostra capacità

di prevedere gli effetti degli eventi di mareggiata sulla costa è necessario analizzare tutte le componenti del sistema ondoso costiero, compresi i locali fenomeni di diffrazione, rifrazione e riflessione delle onde e il regime delle maree. I nostri risultati suggeriscono che solo un approccio integrato, che comprenda l'analisi di tutti gli aspetti geomorfologici e antropici del sistema costiero, può fornire una corretta base di informazioni per una efficace protezione e pianificazione delle zone costiere.

Gli effetti ambientali del terremoto di Casamicciola (Isola d'Ischia) del 21 agosto 2017: un contributo alla definizione del modello sismogenetico per la valutazione del rischio sismico

Rosa Nappi⁽¹⁾, Sabina Porfido^(1,2), Luigina Vezzoli⁽³⁾, Elisa Paganini⁽³⁾, Maria Francesca Ferrario⁽³⁾, Germana Gaudiosi⁽¹⁾, Giuliana Alessio⁽¹⁾, Alessandro Maria Michetti^(1,3)

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano, Napoli
E-mail: rosa.nappi@ingv.it

2) CNR – I.S.A., Avellino, Italia
E-mail: sabina.porfido@isa.cnr.it

3) Università dell'Insubria, Como, Italia
E-mail: alessandro.michetti@uninsubria.it

The environmental effects of 21 August 2017 Casamicciola earthquake: a contribution to meaning of the seismogenic model for the assessment of seismic risk

Parole chiave: terremoto di Casamicciola (Isola d'Ischia); scala ESI-07; faglie attive
Key words: seismic hazards, macroseismic intensity; ESI 2007 scale; 2017 Casamicciola earthquake; fault model; capable fault; volcanotectonic seismicity

Il 21 agosto 2017 alle 20:57 (ora locale) un terremoto con ipocentro molto superficiale ($h=1,2$ km), di magnitudo moderata ($M_d=4,0$), ha colpito l'isola vulcanica di Ischia (Lat. N40.74°, Long. E13.90), provocando significativi effetti sull'ambiente naturale, ingenti danni a Casamicciola Terme e Lacco Ameno, e la morte di due persone. La valutazione del livello di danneggiamento basato sulla scala Macrosismica Europea 98 (EMS-98), effettuato subito dopo il terremoto, ha evidenziato che l'area collinare di Casamicciola, ubicata sul versante settentrionale del M.te Epomeo, è stata la parte maggiormente danneggiata dell'Isola con danni localmente rilevanti (I-VIII EMS, Azzaro *et al.* 2017).

Questo terremoto è stato il primo forte terremoto dell'era strumentale, che ha provocato seri danni all'isola di Ischia e ciò ha offerto l'opportunità di integrare e completare i dati già noti in letteratura relativamente alla sismicità storica, con le informazioni strumentali e la mappatura dettagliata degli effetti geologici cosismici (Nappi *et al.*, 2018; 2020).

I terremoti che hanno provocato livelli di danneggiamento elevati si sono ripetuti con caratteristiche simili nella finestra temporale XVIII-XXI secolo (Alessio *et al.*, 1996; Cubellis e Luongo, 1998, 2018; De Natale *et al.*, 2019; Selva *et al.*, 2021). La loro localizzazione epicentrale è sistematicamente confina-

ta nella stessa area di Casamicciola alta, nel raggio di pochi chilometri quadrati, dove si conserva una chiara traccia stratigrafica e morfologica rappresentata dal *graben* alla base del versante Nord del M.te Epomeo. Tutti i terremoti degli ultimi secoli, in particolare quelli del 1796, 1828, 1881 e 1883, hanno l'epicentro che ricade lungo questo *graben*, formatosi a seguito della deformazione tettonica estensionale dell'Olocene (Fig. 1).

È stato effettuato il censimento degli effetti indotti dal terremoto del 2017 sull'ambiente naturale, sia primari, sia secondari, (Fig. 2) utilizzando per la valutazione dell'intensità la nuova scala macrosismica "Environmental Seismic Intensity" (ESI-07scale) (Michetti *et al.*, 2007). Abbiamo raccolto circa 100 dati che insieme alle informazioni geofisiche disponibili, hanno consentito di vincolare la sorgente sismogenetica, presumibilmente la stessa responsabile dei terremoti che in epoca storica hanno colpito l'area.

È stato possibile assegnare l'intensità epicentrale $I_0 = VII$ ESI, sulla base della lunghezza della faglia rilevata in superficie che è di circa 2 km *end to end*, con un rigetto di 2-3 cm, e degli effetti secondari rappresentati soprattutto da fratture al suolo, fenomeni franosi

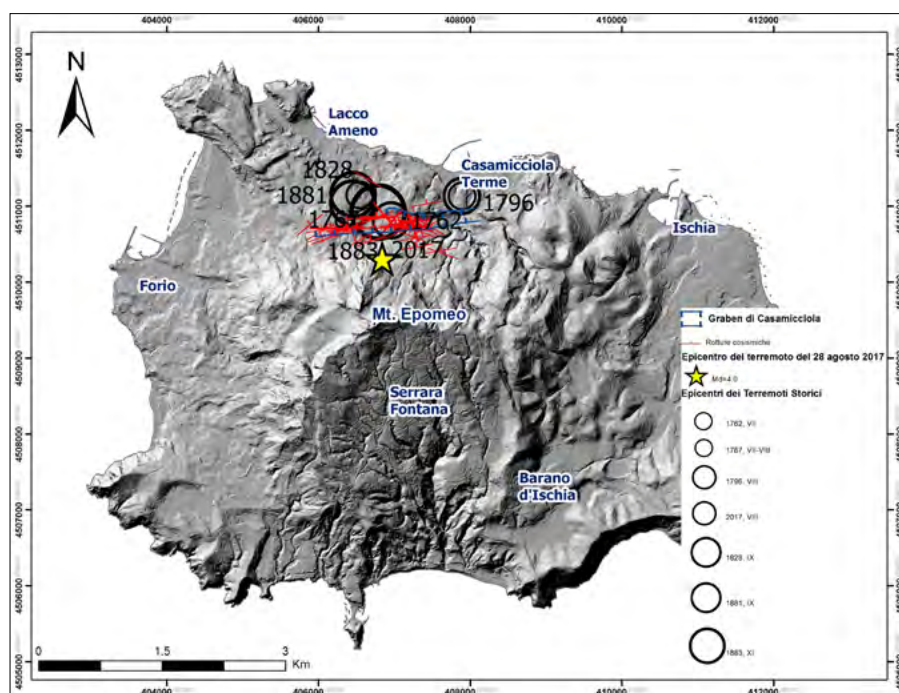


Figura 1. Nella figura è mostrata la sismicità storica, l'epicentro del terremoto di Casamicciola del 21 agosto del 2017, le rotture cosismiche e il graben di Casamicciola

e variazioni idrologiche, distribuiti in un'area di pochi km². Il massimo grado di intensità ESI I=VII è stato assegnato alle località di Piazza Maio, La Rita e Fango (Lacco Ameno).

Inoltre la distribuzione degli effetti ambientali (EEE) e la mappa delle isosisme ESI conferma che l'area tra Fango (Lacco Ameno) e Piazza Bagni è l'area epicentrale. La mappa delle isosisme ESI suggerisce anche che la localizzazione della sorgente sismogenetica è in accordo con quella ipotizzata da Nappi *et al.*, (2018) con una direzione E-W e immersione verso N associata al sistema di faglie estensionali oloceniche responsabili del sollevamento del fianco N del M.te Epomeo.

In conclusione l'approccio metodologico applicato si è rivelato corretto per la valutazione della pericolosità sismica

nell'isola d'Ischia che, a causa dell'elevata densità di popolazione è esposta ad elevato rischio sismico, soprattutto nei mesi estivi per il turismo termale. Perciò si può affermare che i gravi danni di Casamicciola alta e Lacco Ameno (I=VIII EMS) sono strettamente correlati alla traccia della faglia superficiale osservata, quindi chiaramente influenzati dalla geometria del sorgente sismogenetica. Dalla distribuzione spaziale del danno strutturale riteniamo che le aree appartenenti al sistema di faglie attive e capaci non sono da ritenersi idonee alla ricostruzione degli edifici. La presenza della sorgente sismogenetica molto superficiale, che potrebbe riattivarsi anche con futuri terremoti, influenza notevolmente le caratteristiche fisiche e meccaniche dei depositi affioranti. L'applicazione della scala ESI al

terremoto di Casamicciola Terme del 21 agosto 2017 e l'assegnazione dell'intensità sismica offre una migliore risoluzione spaziale, nonché un aumento della finestra temporale per la valutazione della pericolosità sismica, consentendo di ridurre l'incertezza implicita nelle leggi di attenuazione dell'intensità in questo peculiare contesto vulcano-tettonico. Attraverso questo studio è stato quindi possibile evidenziare un quadro più completo della vulnerabilità dell'ambiente fisico rispetto ad eventi sismici con ipocentro molto superficiale come questo tipico di Ischia, che deve necessariamente portare verso una seria riflessione sulla programmazione della futura ricostruzione.

BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO G., ESPOSITO E., FERRANTI L., MASTROLORENZO G., PORFIDO S. (1996), *Correlazione tra sismicità ed elementi strutturali nell'isola di Ischia*, Quaternario 1996, n.9, 303–308.
- AZZARO R., DEL MESE S., MARTINI G., PAOLINI S., SCREPANTI A., VERROBBI V., TERTULLIANI A. (2017), *QUEST-Rilievo Macrosismico Dell'isola di Ischia del 21 agosto 2017*, Rapporto Interno INGV: Roma, Italy.
- CUBELLIS E., LUONGO G. (1998), *Il Contesto Fisico*, in AA.VV., il Terremoto del 28 luglio 1883 a Casamicciola nell'isola di Ischia. Presidenza Consiglio dei Ministri, Servizio Sismico Nazionale, Poligrafico e Zecca dello Stato: Roma, Italy, pp. 49–123.
- CUBELLIS E., LUONGO G. (2018), *History of Ischia Earthquakes*, Bibliopolis: Naples, Italy.
- NAPPI R., ALESSIO G., GAUDIOSI G., NAVE R., MAROTTA E., SINISCALCHI V., CIVICO R., PIZZIMENTI L., PELUSO R., BELVISO P., PORFIDO S. (2018), *The 21 August 2017 Md 4.0 Casamicciola Earthquake: First Evidence of Coseismic Normal Surface Faulting at the Ischia Volcanic Island*, Seismol. Res. Lett., 89, 1323–1334.
- NAPPI R., NAVE R., GAUDIOSI G., ALESSIO G., SINISCALCHI V., MAROTTA E., CIVICO R., PIZZIMENTI L., PELUSO R., BELVISO P., PORFIDO S. (2020), *Coseismic evidence of surface faulting at the Ischia Volcanic Island after the 21 August 2017 Md 4.0 Casamicciola Earthquake*, Pangaea 2020.
- MICHETTI A.M., ESPOSITO E., GUERRIERI L., PORFIDO S., SERVA L., TATEVOSSIAN R., VITTORI E., AUDEMART F., AZUMA T., CLAGUE J., *et al.* (2007), *Environmental Seismic Intensity Scale 2007- ESI 2007*. In: *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, Servizio Geologico d'Italia - Dipartimento Difesa del Suolo, APAT: Roma, Italy Volume 74, pp. 7–54.
- SELVA J., AZZARO R., TARONI M., TRAMELLI A., ALESSIO G., CASTELLANO M., CIUCARELLI C., CUBELLIS E., LO BASCIO D., PORFIDO S., RICCIOLINO P., ROVIDA A. (2021), *The Seismicity of Ischia Island, Italy: An Integrated Earthquake Catalogue From 8th Century BC to 2019 and Its Statistical Properties*, Front. Earth Sci. 9:629736. doi: 10.3389/feart.2021.629736.

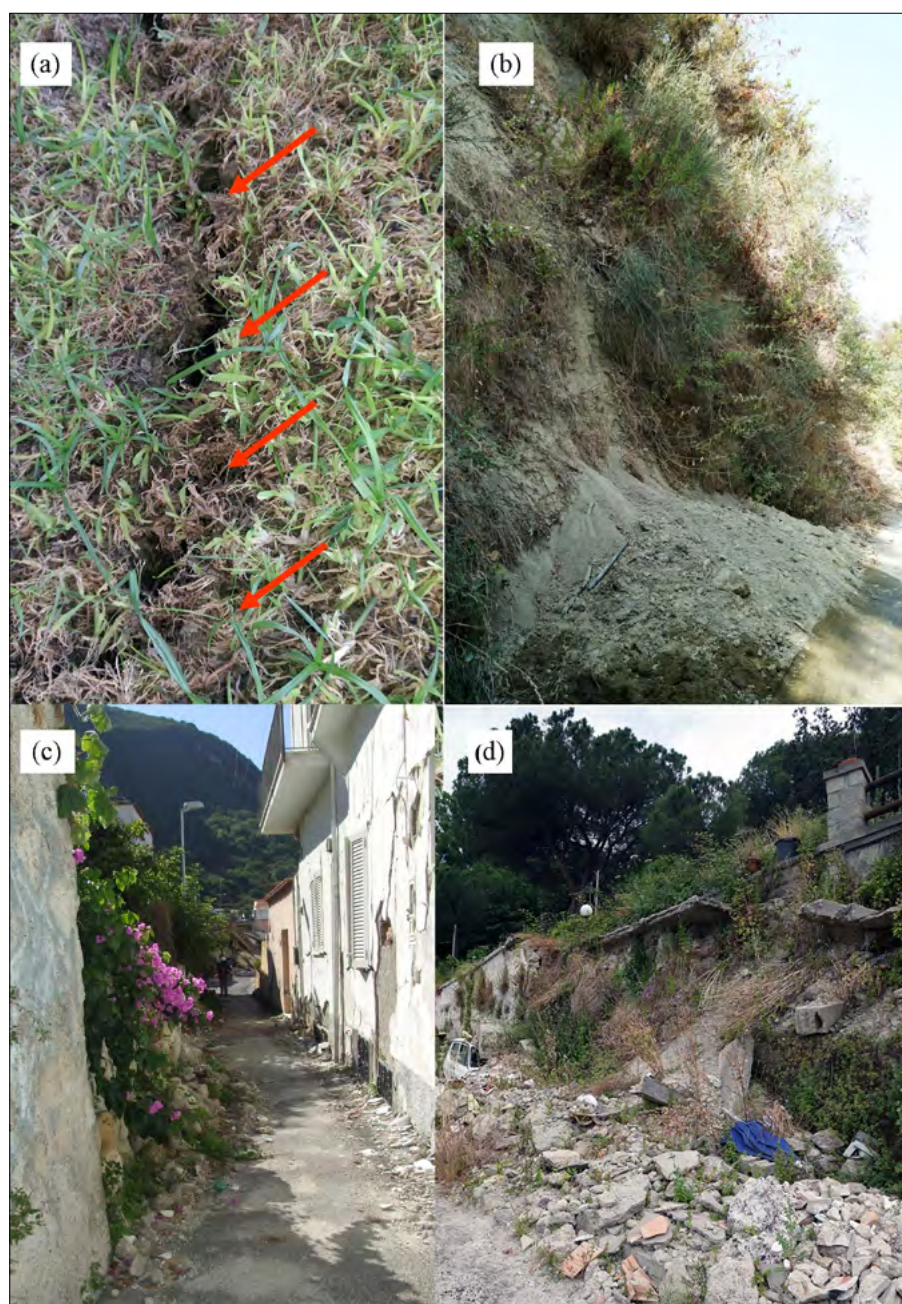


Figura 2. Nella figura sono mostrati gli effetti cosismici primari a) rottura nel terreno e secondari b) frana nei depositi vulcanici c) crollo muretti a secco (parracine) con in fondo, ben visibile il crollo di una casa; d) crollo di un rilevato stradale con in alto a destra ben visibile la rotazione del pilastro

Mitigazione del rischio da dissesti in un'area a forte valenza turistica ed archeologica: Roca Vecchia e Grotte della Poesia (Melendugno, Puglia)

Mitigating the landslide risk in areas of high touristic and archaeological relevance: Roca Vecchia and Grotte della Poesia (Melendugno, Apulia)

Giuseppe Mastronuzzi⁽¹⁾, Paolo Sansò⁽²⁾, Giovanni Scicchitano⁽¹⁾, Isabella Serena Liso⁽¹⁾, Sven Bertelmann⁽³⁾, Andrea Marassich⁽³⁾ & Mario Parise⁽¹⁾

⁽¹⁾Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi "Aldo Moro", Bari

⁽²⁾Università del Salento, Lecce

⁽³⁾Phreatic

E-mail: mario.parise@uniba.it

Parole chiave: erosione costiera, falesie, carsismo, sinkhole
Key words: coastal erosion, cliff, karst, sinkhole

Il litorale adriatico pugliese offre numerosi tratti caratterizzati da notevole attrazione turistica data la bellezza paesaggistica dei luoghi, a cui si combinano di frequente siti di grande importanza archeologica. Il territorio di Melendugno, con il promontorio su cui insiste il centro fortificato di Roca Vecchia (De Giorgi, 1922; Pagliara, 1987, 2001; Scarano, 2010) è certamente tra quelli di maggiore interesse. La presenza di depositi carbonatici fortemente affetti da fenomeni carsici, e interessati da erosione e crolli, rende problematica la gestione di questi luoghi a forte attrazione turistica, specie nel corso della stagione estiva.

Il tratto di costa adriatica compreso tra San Foca a Otranto (e al cui interno ricade il sito in esame) è modellato interamente su depositi della Formazione di Uggiano, del Pliocene medio-superiore (Bosellini *et al.*, 1999; Bossio *et al.*, 2005). Gli strati mostrano spessori in genere non elevati (0,5-1,5 m), con subordinata presenza di banchi a maggiore spessore. La complessiva erodibilità è elevata; la differenza nella risposta all'erosione tra strati più grossolani (calcareniti) e quelli più fini (calcilutiti) determina la sporgenza dei primi rispetto ai secondi, il che costituisce un elemento predisponente ai fenomeni di instabilità lungo le falesie. L'area è interessata da sistemi di faglie NNW-SSE e NW-SE, con deciso approfondimento del substrato carbonatico mesozoico, affiorante estesamente poco all'interno.

Il locale paesaggio costiero è segnato dalla presenza di 6 ordini di terrazzi, tra 103 m s.l.m. e pochi metri di quota.

Di probabile origine marina, essi sono ampi 2-3 km e si presentano separati da basse paleo-falesie degradate e dissecate da brevi incisioni fluviali. Queste ultime raramente interessano più di un ordine di terrazzo, ad eccezione del reticolo idrografico ben organizzato, raccordato ad una linea di riva oggi sommersa (Sansò *et al.*, 2016).

La genesi delle principali insenature presenti nell'area è legata alla rielaborazione di valli relitte da parte dei processi erosivi marini. Localmente, la monotonia morfologica dei terrazzi è interrotta da depressioni allungate NNW-SSE (Mastronuzzi *et al.*, 2017), le più profonde delle quali ospitano i Laghi Alimini. Sullo stesso allineamento si individuano il Canale del Brunese e la Palude dei Tamari. La genesi di queste depressioni, così come il basculamento di alcune superfici terrazzate, sarebbe da imputare ad una recente attività tettonica nell'area.

Il paesaggio costiero comprende tre tipi morfologici principali: spiagge, piattaforme costiere e falesie. Spiagge di estensione limitata comprese tra punte rocciose (*pocket beach*) si rilevano nei dintorni di S. Foca e nelle insenature di Torre dell'Orso e Otranto. Le piattaforme costiere costituiscono in alcuni tratti un elemento di transizione tra spiagge e falesie, e derivano dalla forte erosione di una spiaggia con la conseguente riesumazione del substrato roccioso. Le falesie sono molto diffuse e si presentano con pareti sub-verticali alte sino a 17 m, spesso con profondi solchi di battente al piede e interessate da ampie grotte di modellamento marino. I tratti

in più veloce arretramento sono segnati da archi costieri e faraglioni.

A loro volta, le falesie dell'area di studio possono essere suddivise in tre gruppi in funzione della loro morfologia. Il primo gruppo comprende le falesie con piede profondo (*plunging cliff*), costituite da una parete sub-verticale che si spinge ben al di sotto del livello del mare (Sansò *et al.*, 2016). Queste sono caratterizzate da una lenta evoluzione connessa prevalentemente a processi di tipo carsico e subordinatamente a processi di degradazione. I primi determinano lo sviluppo di ampie cavità in corrispondenza del livello medio del mare lungo superfici di strato e di frattura. L'azione erosiva del moto ondoso sulla superficie della falesia è trascurabile a causa della riflessione dei fronti d'onda incidenti. Le falesie del secondo gruppo sono contraddistinte dalla presenza di piattaforme costiere sia al di sopra che al di sotto del livello del mare. Il tratto subaereo delle falesie è a luoghi contraddistinto dalla presenza di piattaforme ampie sino a 40 m e poste sino a 3 m di quota. Le piattaforme determinano una protezione naturale contro l'azione erosiva del moto ondoso incidente cosicché le falesie di questo gruppo sono le più stabili nell'area e vengono a costituire dei piccoli promontori. Il terzo gruppo, infine, comprende le falesie con al piede una piattaforma poco profonda debolmente inclinata verso mare. L'angolo di raccordo tra la superficie della falesia e quella della piattaforma è grossomodo posto in corrispondenza del livello medio del mare. Esse sono in rapido arretramento a causa di frane da crollo indotte dal

modellamento di profondi solchi di battente e cavità in corrispondenza del livello del mare. Lo sviluppo di queste cavità è principalmente connesso al miscelamento di acque dolci freatiche con acque marine che produce una efficace dissoluzione del substrato roccioso carbonatico, mediante processi di ipercarsismo (Delle Rose & Parise, 2005).

L'intero litorale di Melendugno è oggetto da molti anni di studi relativi alla instabilità delle falesie ed alla presenza di fenomeni di sprofondamento, come dimostrano gli studi pregressi disponibili sul tema. Tra questi, sulla base dello studio multi-temporale eseguito su fotografie aeree, Delle Rose & Parise (2005) hanno documentato 29 eventi nel periodo 1943-1996 (con media superiore a 1 evento ogni 2 anni). Dopo il 1996, ulteriori fenomeni hanno riguardato il litorale, con ripetute instabilità, ad esempio, nella zona di San Foca; il crollo più recente è stato registrato sul lato sud dell'area archeologica di Roca Vecchia nel luglio 2022. Lollino *et al.* (2021) hanno condotto uno studio basato sull'analisi multi-temporale (1954-2017), per il tratto costiero compreso tra la zona sud di Torre dell'Orso e Torre S. Andrea, evidenziando cambiamenti significativi nei tratti di costa esaminati, con massimo arretramento della linea di costa nel periodo 1987-2006 in alcuni punti della zona di Torre S. Andrea.

Gli eventi di instabilità sono innescati dallo scalzamento alla base conseguente alla presenza del solco di battente, o di livelli stratigrafici a maggiore erodibilità. Le concavità, nell'ordine di qualche decimetro, fanno mancare il supporto agli strati sovrastanti. L'erosione ad opera del moto ondoso ulteriormente interviene per favorire il distacco di porzioni dell'ammasso roccioso.

I fenomeni di instabilità consistono in diverse tipologie di eventi, essenzialmente per crolli e ribaltamenti, e in maniera subordinata per scivolamenti (traslativi o a cuneo), in funzione dei locali caratteri morfologici. Oltre che da movimenti di versante, il litorale è segnato da sprofondamenti, i cui più noti esempi sono costituiti dai *sinkhole* del sistema carsico delle Grotte della Poesia (Pagliara, 1987; Delle Rose & Parise, 2005).

Sprofondamenti di minore entità, e che potenzialmente possono minacciare le infrastrutture della zona, risultano comunque frequenti (Fiore & Parise, 2013; Vennari & Parise, 2022), e costituiscono il principale elemento di instabilità geomorfologica lungo l'intero

litorale adriatico salentino (Margiotta & Parise, 2019; Margiotta *et al.*, 2021).

* * *

The Apulian Adriatic coastline shows several sites of high attraction for tourists, due to beauty of the landscape and the presence of high-relevance archaeological sites. The municipality of Melendugno, hosting the promontory where the fortified settlement of Roca Vecchia (De Giorgi, 1922; Pagliara, 1987, 2001; Scarano, 2010), is certainly among the sectors of higher interest. The presence of carbonate deposits, intensively affected by karst, and by erosion and rock failures as well, makes difficult the management of such sites, especially during the summer season.

The stretch of Adriatic coast comprised between San Foca and Otranto (which includes the study site) is entirely modeled on deposits belonging to the Uggiano Fm., of middle-upper Pliocene age (Bosellini *et al.*, 1999; Bossio *et al.*, 2005). Layers show thickness typically in the range 0,5-1,5 m, with subordinate presence of beds with higher thickness. The overall erodibility is high; namely, the difference in response to erosion between coarser layers (calcarenites) and finer layers (calclutites) predisposes to instability phenomena along the cliffs. NNW-SSE and NW-SE fault systems cross the area, clearly deepening the Mesozoic carbonate bedrock, that diffusely crops out inland.

The local coastal landscape is marked by presence of 6 orders of terraces, at elevations between 103 m a.s.l. and few meters above the sea. Likely of marine origin, they are 2-3 km wide and bounded by low degraded palaeo-cliffs, incised by short streams. These latter rarely interest more than one order of terrace, with the exception of a well-organized hydrographic network (Sansò *et al.*, 2016). Genesis of the main bays is linked to re-elaboration of relict valleys by marine erosional processes. Locally, the morphological monotony is interrupted by depressions elongated in NNW-SSE direction (Mastronuzzi *et al.*, 2017), the deepest of which hosts the Alimini Lakes. The Brunese Channel and the Tamari Wetland follow the same alignment. The genesis of these depressions, as well as the tilting of some terraced surfaces, has to be linked to recent tectonic activity in the area.

The coastal landscape comprises three main morphological types:

beaches, coastal platforms and cliffs. Beaches of limited extension between rock promontories (*pocket beach*) are in the surroundings of San Foca and in the bays of Torre dell'Orso and Otranto. The coastal platforms represent in some locations an element of transition between beaches and cliffs, and derive from the high erosion of a beach with the consequent re-exhumation of the bedrock. Cliffs are very frequent, with up to 17m-high sub-vertical walls, often with deep notches and wide caves modeled by the sea. The sites with higher retreat are marked by detached blocks and coastal arches.

In turn, cliffs in the study area may be subdivided in three groups in function of their morphology. The first group regards plunging cliffs, consisting of a sub-vertical wall extending well below the sea (Sansò *et al.*, 2016). They are characterized by slow evolution mainly linked to karst processes, and subordinately to degradation processes. The first determines development of large caves in correspondence of the average sea level along bedding planes and joints. The erosive action by sea waves on the cliff surface is negligible, due to reflection of the coming wave fronts. Cliffs of the second group show coastal platforms both above and below the sea level. The sub-aerial sector of the cliffs is locally characterized by wide platforms (max 40 m), located up to 3 m a.s.l. The platforms determine a natural protection against sea wave erosion; therefore, cliffs belonging to this group are the most stable, and form small promontories. Eventually, the third group includes cliffs with a not very deep platform, slightly dipping toward the sea. The connecting angle between the surfaces of cliff and platform is about located at the average sea level. They show rapid retreat because of rockfalls induced by modeling deep notches and cavities at the sea level. Development of these cavities is mostly related to mixing of fresh and marine waters which results in enhanced dissolution of the carbonate bedrock, through hyperkarst processes (Delle Rose & Parise, 2005).

The whole Melendugno coastline is object since many years of researches on cliff instability and sinkholes. Among the published studies, Delle Rose & Parise (2005), on the basis of multi-temporal analysis of aerial photos, documented 29 events in the period 1943-1996 (average > 1 event every 2 years). After 1996, further phenomena affected the coast, with repeated insta-

bilities, for instance, at San Foca; the most recent rockfall occurred on the southern side of the archaeological area of Roca Vecchia in July 2022. LOLLINO *et al.* (2021) carried out a study based upon multi-temporal analysis (1954-2017), for the coastal stretch between Torre dell'Orso and Torre S. Andrea, pointing out to significant changes in the coastline, with maximum retreat in the period 1987-2006 in some locations of the Torre S. Andrea area.

Instability events are triggered by erosion at the base of the cliff, due to presence of notches or of stratigraphic layers with high erodibility. The concavities, on the order of some decimeters, induce a lack of support for the overhanging strata. Erosion by sea waves further works in favoring the detachment of portions of the bedrock.

The main types of slope movements consist of rockfalls and topples, subordinatedly of slides (translational or wedge failures), in function of the local morphological features. Beside landslides, the coastline is affected by sinkholes, the most well-known being represented by the karst system of Grotte della Poesia (Pagliara, 1987; Delle Rose & Parise, 2005). Less deep sinkholes, potentially threatening infrastructures in the area, are also frequent (Fiore & Parise, 2013; Vennari & Parise, 2022), and represent the main element of geomorphological instability along the whole Adriatic coastline of Salento (Margiotta & Parise, 2019; Margiotta *et al.*, 2021).

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

- BOSELLINI A., BOSELLINI F.R., COLALONGO L., PARENTE M., RUSSO A. & VESCOGNI A. (1999), *Stratigraphic architecture of the Salento coast from Capo D'Otranto to S. Maria di Leuca (Apulia, Southern Italy)*. Rivista Italiana Paleontol. Stratigrafia, vol. 105 (3), p. 397-416.
- BOSSIO A., MAZZEI R., MONTEFORTI B. & SALVATORINI G. (2005), *Stratigrafia del Neogene e Quaternario del Salento Sud-Orientale*. Geol Romana, 38, 31-60.
- DE GIORGI C. (1922), *Descrizione fisica, geologica e idrografica della Provincia di Lecce*.
- DELLE ROSE M. & PARISE M. (2004), *Slope instability along the Adriatic coast of Salento, southern Italy*. Atti IX Int. Symposium on Landslides, Rio de Janeiro, 1, 399-404.
- DELLE ROSE M. & PARISE M. (2005), *Speleogenesi e geomorfologia del sistema carsico delle grotte della poesia nell'ambito dell'evoluzione quaternaria della costa adriatica salentina*. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", 40, 153-173.
- FIORE A. & PARISE M. (2013), *Cronologia degli eventi di sprofondamento in Puglia, con particolare riferimento alle interazioni con l'ambiente antropizzato*. Mem. Descr. Carta Geol. It., 93, 239-252.
- LOLLINO P., PAGLIARULO R., TRIZZINO R., SANTALOAIA F., PISANO L., ZUMPARO V., PERROTTI M. & FAZIO N.L. (2021), *Multiscale approach to analyse the evolution of soft rock coastal cliffs and role of controlling factors: a case study in South-Eastern Italy*. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 12 (1), 1058-1081.
- MARGIOTTA S. & PARISE M. (2019), *Hydraulic and geomorphological hazards at wetland geosites along the Eastern coast of Salento (SE Italy)*. Geoheritage, 11, 1655-1666.
- MARGIOTTA, S., MARINI, G., FAY, S., D'ONGHIA, F.M., LISO, I.S., PARISE, M. & PINNA, M. (2021), *Hydro-stratigraphic conditions and human activity leading to development of a sinkhole cluster in a Mediterranean water ecosystem*. Hydrology, 8, 111.
- MASTRONUZZI G., ARINGOLI D., AUCELLI P.P.C. *Et al.* (2017) *Geomorphological map of the Italian coast: from a descriptive to a morphodynamic approach*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 40, 161-196.
- PAGLIARA C. (1987) *La Grotta Poesia di Roca (Melendugno-Lecce). Note preliminari*. Ann. Pisa, 17, 267-328.
- PAGLIARA C. (2001), *Roca*. In: NENCI G. & VALLET G. (a cura di), *Bibliografia topografica della colonizzazione greca in Italia e nelle isole Tirreniche*. XVI, Sc. Norm. Sup. - Ecole Francaise de Rome - Centre J. Berard Naples, p. 198-229.
- SANSÒ P., GIANFREDA F., LEUCCI G. & MASTRONUZZI G. (2016), *Cliff evolution and late Holocene relative sea level change along the Otranto coast (Salento peninsula, southern Apulia, Italy)*. GeoResearch, J9-12, 42-53.
- SCARANO T. (2010), *Roca. Le fortificazioni della media età del Bronzo*. Ann. Sc. Norm. Sup. Pisa, serie 5, 2 (2), 151-159.
- VENNARI C. & PARISE M. (2022), *A chronological database about natural and anthropogenic sinkholes in Italy*. Geosciences, 12, 200.

Resilienza in Irpinia: analisi e bilancio nell'Alta Valle del Calore dopo il terremoto del 1980

Resilience in Irpinia: analysis and assessment in the Upper Calore Valley after the 1980 earthquake

Parole chiave: Terremoto 1980, Irpinia, resilienza
Key words: Earthquake 1980, Irpinia, resilience

Il 23 novembre 1980 un forte terremoto colpì un'ampia area al confine tra Campania e Basilicata, il sisma fu caratterizzato da una Magnitudo Mw 6.9, da un'Intensità epicentrale Io del X grado MCS e fu avvertito in quasi tutta la Penisola italiana (Postpischl *et al.*, 1985). Furono distrutte complessivamente 77.342 abitazioni (4% del patrimonio edilizio di Campania e Basilicata), 275.263 (15%) furono gravemente danneggiate e 479.973 (26%) furono lievemente danneggiate. Le vittime furono 2.914, i feriti 8.848 e gli sfollati circa 280.000. Il terremoto indusse anche numerosi effetti sull'ambiente naturale, sia primari, ovvero fagliazione superficiale, sia secondari, quali fenomeni gravitativi, fratture nel suolo, liquefazioni e numerose variazioni idrologiche relative alla portata di sorgenti e fiumi.

In questo studio, viene riportata l'analisi dettagliata degli effetti sismodinodotti e del "percorso di resilienza", durato oltre quarant'anni, di quattro comuni della provincia di Avellino, situati lungo le rive del Fiume Calore Irpino: Bagnoli Irpino, Cassano Irpino, Castelfranci e Montella, posti nell'area del *far field*.

I comuni compresi nell'area di studio subirono un danneggiamento al patrimonio edilizio valutato con un'intensità compresa tra il VII e l'VIII grado MCS (Fig.1), ossia un livello di danneggiamento molto diffuso, con pochi crolli totali o parziali. Le unità edilizie dei quattro comuni distrutte o danneggiate furono complessivamente 4.755, le persone rimaste senzatesto furono 1.951 (11,9%), 16 le vittime (0,1%) e 320 feriti (2%) su un totale di 16.370 abitanti (Proietti, 1985-89). Il danneggiamento in nessuno dei quattro paesi fu omogeneo: le aree maggiormente danneggiate rappresentavano dei *cluster* localizzati solo in alcune parti degli abitati. Infatti,

a parità di tipologie costruttive, le aree più danneggiate furono quelle maggiormente suscettibili a fenomeni di locale amplificazione sismica, come evidenziato da successive indagini geologiche effettuate dopo il sisma.

Nell'area dell'Alta Valle del Calore furono rilevati anche numerosi effetti cosismici, quali fratture nel terreno, fenomeni gravitativi, liquefazioni (Piana del Laceno) e variazioni idrologiche (sorgenti di Cassano Irpino; Porfido *et al.*, 2007; Pizza, 2021).

La resilienza è la capacità di raggiungere un adattamento positivo a fronte di eventi significativamente stressanti e traumatici, come di fatto fu il terremoto del 1980. Una definizione di resilienza applicata a processi naturali, come i terremoti, è fornita da Bruneau *et al.* (2003): "La capacità delle unità sociali di mitigare i pericoli, contenere gli effetti dei disastri quando accadono e attuare attività di recupero in modo da ridurre al minimo i disagi sociali e mitigare gli effetti di futuri terremoti".

Per sviluppare il tema relativo al "percorso di resilienza", si è valutata la risposta della popolazione e delle istituzioni dei comuni di Bagnoli Irpino, Cassano Irpino, Castelfranci e Montella "all'evento traumatico" rappresentato dal sisma del 1980. Per analizzare la "risposta resiliente" di queste comunità, da una parte sono state raccolte preziose quanto varieghe testimonianze della popolazione locale, dall'altra si è tracciato il percorso intrapreso da istituzioni e cittadini, al fine del ripristino delle comunità stesse.

Sul tema "terremoto-resilienza" sono state raccolte complessivamente 41 interviste, di cui l'85% con una fascia di età compresa tra i 60 e i 96 anni, ossia le generazioni che hanno vissuto in maniera consapevole il terremoto e la successiva "fase di resilienza e ricostruzione". Dei 41 intervistati l'85% fu testimone diretto dell'evento sismico, mentre il

Marco Pizza⁽¹⁾, Alessandro Maria Michetti^(1,3), Maria Francesca Ferrario⁽¹⁾, Angelo Capone⁽²⁾, Rosa Nappi⁽³⁾, Sabina Porfido^(3,4)

⁽¹⁾Università degli Studi dell'Insubria, Como, Italy.

⁽²⁾Geologo, Montella (AV), Italy

⁽³⁾Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sez. Osservatorio Vesuviano, Napoli, Italy

⁽⁴⁾CNR- ISA, Avellino, Italy

E-mail: m.pizza@uninsubria.it

90% visse direttamente la successiva "fase dell'emergenza", ossia il periodo di circa un anno in cui furono forniti alla popolazione i primi ricoveri temporanei: dalle tende (fine novembre 1980), all'arrivo delle roulotte (dicembre 1981), e successivamente dei container (giugno 1981), fino all'arrivo primi prefabbricati (fine 1981) che hanno svolto la loro funzione di ricovero alla popolazione, in alcuni casi, per circa 20 anni.

Nell'analisi della resilienza sono state esaminate le scelte fatte dagli enti preposti, e quindi dalle amministrazioni comunali, per portare a termine, attraverso un processo complesso e articolato, come è risultata la ricostruzione. Le normative di riferimento per il processo di ricostruzione furono, dapprima l'Ord. 80/1981 del CSG, che consentì i primi interventi a fabbricati non gravemente danneggiati, e poi la Legge 219/1981, legge quadro dell'intera attività di ricostruzione e di sostegno delle zone colpite dal sisma.

Grande attenzione fu riservata alla pianificazione territoriale, Cassano I. e Castelfranci usufruirono delle microzonazioni sismiche preliminari del PFG-CNR (AAVV, 1983). Nel periodo tra il 1981 e il 1984 i comuni si dotarono del Piano di Recupero, che risultava essere il primo strumento urbanistico comunale per la maggior parte dei comuni, mentre in contemporanea partirono i primi interventi di ricostruzione. Tra il 1984 e il 1988 i comuni si dotarono di uno strumento urbanistico nuovo, il Piano Regolatore Generale, che se per Castelfranci è ancora in vigore, per gli altri comuni rimase come riferimento per oltre 20 anni. Considerata l'instabilità del territorio su cui sorge l'abitato di Castelfranci, a forte rischio frane, si ritenne opportuno realizzare i Piani di risanamento (1986) e di consolidamento (1997) idrogeologico. Infine, nella seconda metà degli anni 2010 fu adottato il

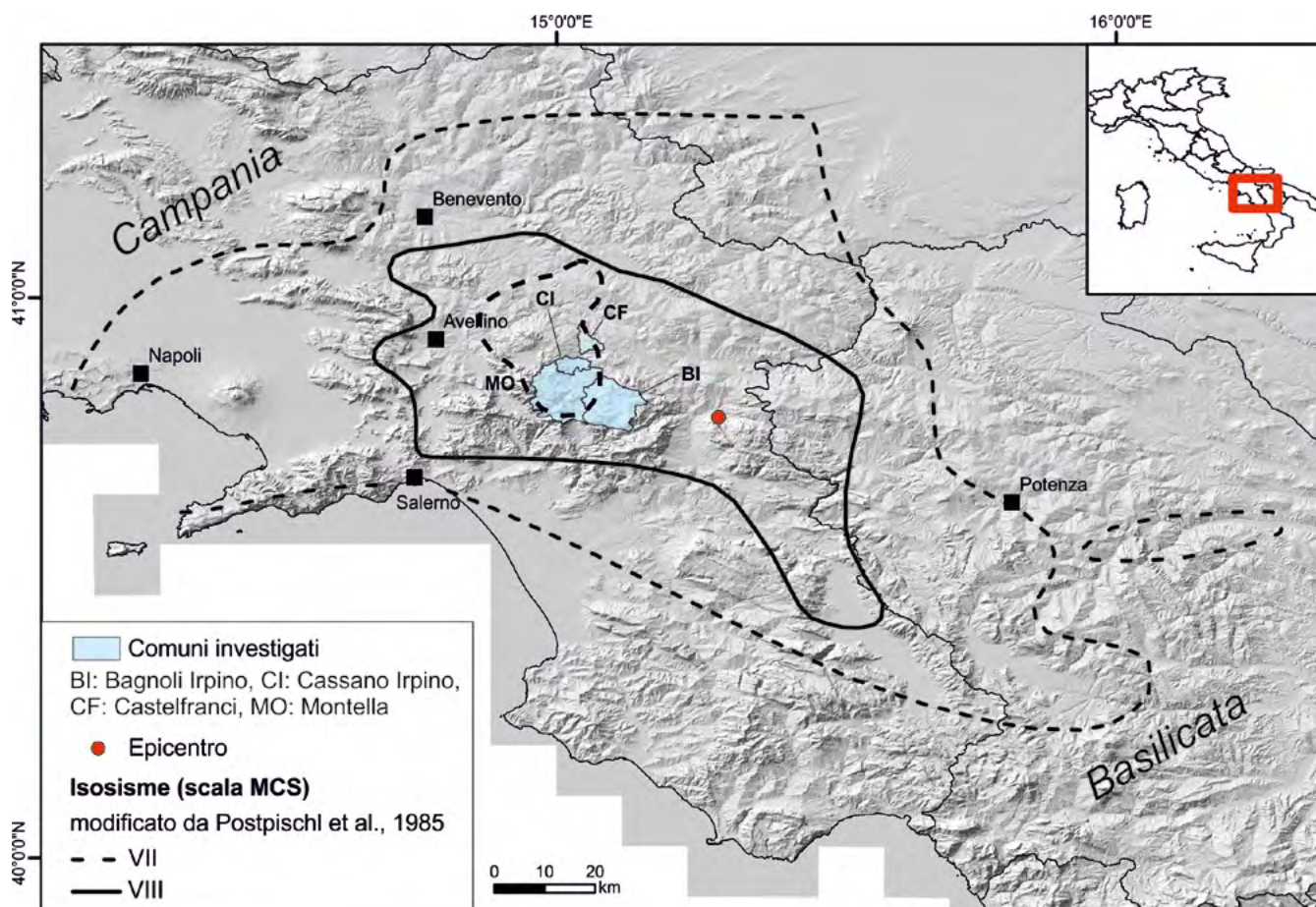


Figura 1. Mappa delle isosiste del terremoto Irpino-Lucano del 1980, modificato da Postpischl et al., 1985

Piano Urbanistico Comunale, strumento di pianificazione territoriale attuale, adottato in via definitiva o preliminare a Montella, Bagnoli I. e Cassano I. (2017-2021), mentre nel 2021 è iniziato l'iter per l'approvazione a Castelfranci.

Ad oggi, la ricostruzione di questi quattro comuni si può considerare pressoché completa (>90%), con un patrimonio edilizio costruito superiore alle reali necessità. Infatti, la popolazione dell'area è di 13.036 abitanti (01/01/2022), il 20% in meno rispetto a quelli del 1980. Secondo la Commissione Parlamentare d'Inchiesta (1991), ultimo strumento in grado di discriminare le somme stanziare per ciascun paese, nei comuni analizzati, furono stanziati complessivamente € 53.227.278 (1981-87). Questa cifra è da considerarsi sottostimata, infatti, a titolo di esempio, per Castelfranci risultano stanziati € 15.164.151 a fronte di una spesa reale per la ricostruzione pari a € 64.244.914 (Pizza, 2021).

Il terremoto del 1980 ha evidenziato come il territorio non fosse ancora sufficientemente attrezzato a fronteggiare eventi catastrofici di tale portata. I dati raccolti possono fornire un contributo a una migliore comprensione del fenomeno sismico nella sua complessità, utile agli enti preposti e alla popolazione per una corretta valutazione della pericolosità ai

fini della riduzione del rischio sismico locale. Inoltre, offrono uno spunto di riflessione per quello che potrebbe essere la programmazione futura per i centri antichi in zona sismica, in considerazione non solo di scenari che prevedono il riscontro degli effetti del terremoto nel contesto urbano ma anche sull'ambiente naturale. La dimostrata vulnerabilità agli effetti di un forte terremoto sull'ambiente naturale di questa area di studio, costituisce un elemento chiave per una corretta gestione e programmazione territoriale, in particolare nelle aree urbane. L'auspicio è che la memoria storica di quanto accaduto 42 anni fa possa servire ad arricchire e migliorare lo stato delle nostre conoscenze, assumendo maggiore consapevolezza per il futuro.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1983), *Indagini di microzonazione sismica - Intervento urgente in 39 centri abitati della Campania e Basilicata colpiti dal terremoto del 23 Novembre 1980*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica. Consiglio Nazionale delle Ricerche, pubbl. n. 492.
- BRUNEAU M., et al. (2003), *A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities*. *Earthquake Spectra*, 19, 733-752.
- COMMISSIONE PARLAMENTARE DI INCHIESTA SULLA ATTUAZIONE DEGLI INTERVEN-

TI PER LA RICOSTRUZIONE E LO SVILUPPO DEI TERRITORI DELLA BASILICATA E DELLA CAMPANIA COLPITI DAI TERREMOTI DEL NOVEMBRE 1980 E FEBBRAIO 1981 (1991), *Relazione conclusiva, con annesse appendici, della Commissione parlamentare d'inchiesta sull'attuazione degli interventi per la ricostruzione e lo sviluppo dei territori della Basilicata e della Campania colpiti dai terremoti del Novembre 1980 e Febbraio 1981*. In attuazione alla L. 7 Aprile 1989, n.128.

PIZZA M. (2021), *La resilienza nell'Alta Valle del Calore (AV) 41 anni dopo il terremoto del 1980. L'esempio di Bagnoli Irpino, Cassano Irpino, Castelfranci e Montella*. Tesi in Scienze Ambientali, Università dell'Insubria. Relatore: Michetti A.M., Correlatore: Porfido S.

PORFIDO S., et al. (2007), *Seismically induced ground effects of the 1805, 1930 and 1980 earthquakes in the Southern Apennines, Italy*. *Ital. J. Geosci.* 126, 333-346.

POSTPISCHL D., et al. (1985), *The Irpinia earthquake of 23 november 1980*, in "Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes", a cura di D. Postpischl, CNR-PFG, Quaderni de "La Ricerca Scientifica", n.114, vol.2A, pp.152-159.

PROIETTI G. (1985-89), *Ministero per i Beni Culturali e Ambientali Soprintendenza generale agli interventi post-sismici in Campania e Basilicata, Dopo la polvere. Rilevazione degli interventi di recupero post-sismico del patrimonio archeologico, architettonico ed artistico delle regioni Campania e Basilicata danneggiato dal terremoto del 23 Novembre 1980 e del 14 Febbraio 1981*. 5 voll. Roma.

Interventi di messa in sicurezza del sottosuolo in alcune aree di Villa De Sanctis interessate da fenomeni di sinkholes per presenza di cavità sotterranee (Roma Capitale - Municipio Roma V)

Underground soil securing in the area of Villa De Sanctis (Fifth Municipality of Rome) interested by several sinkholes phenomena due to the presence of anthropogenic cavities

Parole chiave: Roma, cavità sotterranee, sinkholes antropogenici, consolidamento del sottosuolo

Key words: Rome, underground cavities, anthropogenic sinkholes, underground soil securing

L'area del Parco "Villa De Sanctis", compresa tra via Casilina a Sud, via della Primavera ad Est e via Labico a Nord e ad Ovest, risulta caratterizzata da una delle più estese reti di gallerie sotterranee causate dalle attività estrattive di materiale pozzolanico di epoca romana.

I rilievi sotterranei hanno consentito di individuare le zone critiche interessate da dissesti per crollo delle volte (Fig. 1) che, unitamente a fenomeni di sinkholes, hanno reso necessario la predisposizione di studi e indagini predeutiche alla realizzazione di progetti per gli interventi di messa in sicurezza,

ai fini della tutela della pubblica incolumità.

L'identificazione delle zone pericolose in ipogeo ha consentito di localizzare le strutture antropiche a rischio costituite da attività commerciali (centro sportivo e officina siderurgica), dal parcheggio a servizio del Parco e dell'a-

Gabriele Scandaliato
Roma Capitale, Dipartimento
Coordinamento Sviluppo Infrastrutture
e Manutenzione Urbana

Gianluca Ferri
Roma Capitale, Dipartimento Protezione
Civile

Franco Enzo Spagnuolo
Roma Capitale, Dipartimento
Coordinamento Sviluppo Infrastrutture
e Manutenzione Urbana

Claudio Succhiarelli
Roma Capitale, Dipartimento
Programmazione e Attuazione Urbanistica

Autore referente

Email: gabriele.scandaliato@comune.roma.it



Figura 1

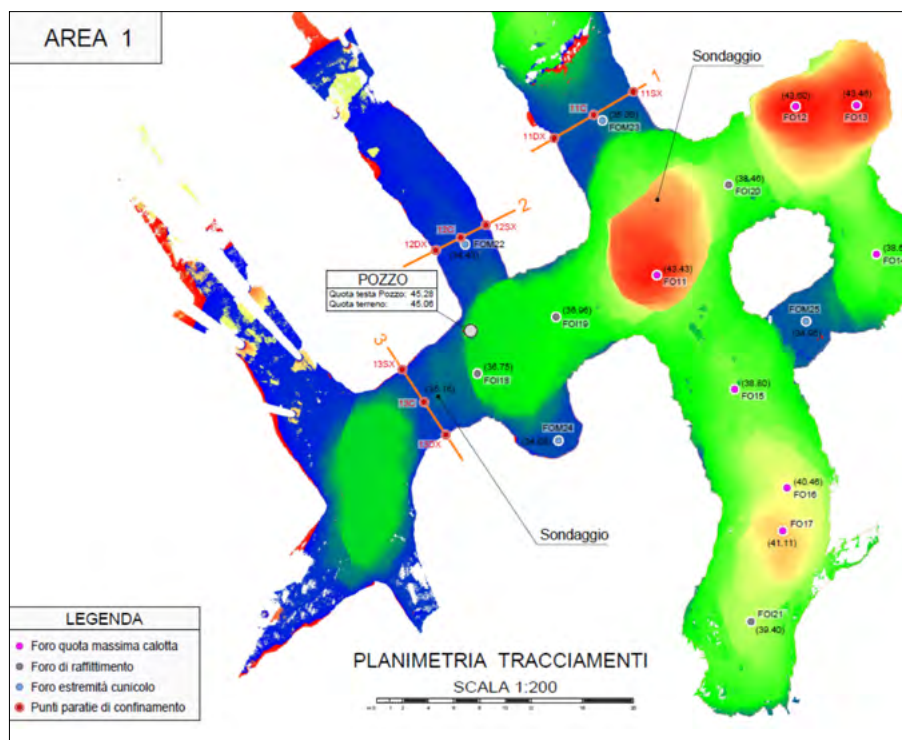


Figura 2

rea attrezzata a verde pubblico di via Romolo Balzani.

Gli interventi di messa in sicurezza delle zone a rischio sono stati articolati nelle seguenti fasi:

- 1) indagini geofisiche (indagini geoelettriche) e sondaggi geognostici (carotaggi e sondaggi a distruzione di nucleo), al fine di individuare eventuali rami di gallerie non percorribili e ispezionabili;
- 2) rilevamento sotterraneo e di superficie con metodologia laser scanner (Fig. 2), per l'individuazione di precisione dello sviluppo e della morfologia interna delle cavità;
- 3) definizione delle sezioni di confinamento delle porzioni di gallerie precedentemente identificate a rischio, in funzione della morfometria e delle condizioni operative di sicurezza per il loro approntamento (Fig. 3);
- 4) realizzazione dei confinamenti tramite micropali ϕ 100 mm (non



Figura 3

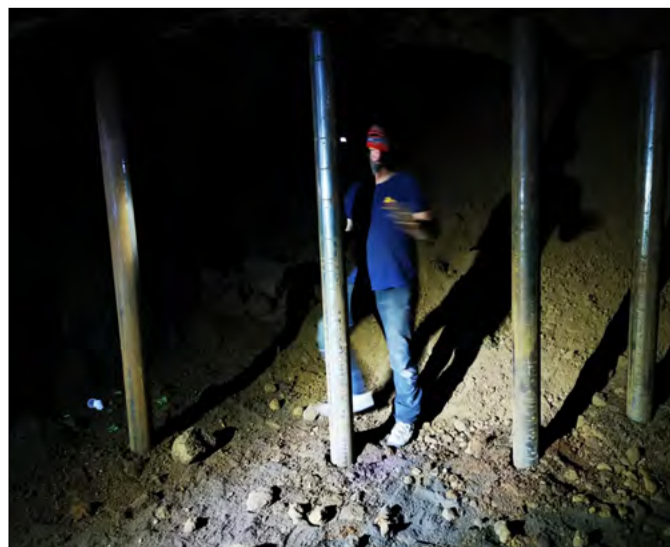


Figura 4



Figura 5



Figura 6

strutturali) e cassetture di 50 mm di spessore realizzate in ipogeo e ancorate ai micropali (Fig. 4);

- 5) localizzazione dei punti delle calotte più prossimi al piano campagna nelle aree interessate dai confinamenti per l'individuazione in superficie dei fori d'immissione delle miscele cementizie;
- 6) riempimento delle porzioni confinate di gallerie con miscele pompabili (Fig. 5) e betonabili (Fig. 6) di inerti riciclati (Construction and Demolition Waste - C&D W), scelte in relazione al grado di sicurezza richiesto dall'incremento delle sollecitazioni dinamiche dovute al traffico veicolare pesante;
- 7) ripristino delle condizioni di fruibilità delle aree attraverso la realizzazione di opere di completamento.

Iconografia di una ricostruzione: l'esempio di Bisaccia (Avellino)

Iconography of a reconstruction: the example of Bisaccia (Avellino)

Ef시오 Spiga

Geologo, Avellino, Italia.

E-mail: Spiga.efisio@gmail.com

Sabina Porfido

CNR - I.S.A., via Roma, 64, Avellino, Italia

Istituto Nazionale di Geofisica e

Vulcanologia, Sezione di Napoli

Osservatorio Vesuviano, Napoli, Italia

E-mail: sabina.porfido@isa.cnr.it

Parole chiave: Ricostruzione, resilienza, iconografia, memoria storica

Key words: Rebuilding, resilience, iconography, historical data

La storia socio-economica ed urbana di Bisaccia, piccolo paese in provincia di Avellino, situato a 860 m s.l.m., è fortemente connessa al dissesto idrogeologico, derivante dalla intrinseca natura geologica del territorio ed agli effetti distruttivi di forti eventi sismici.

Di fatto, oggi esistono due località che individuano Bisaccia: il vecchio e antico paese recuperato intorno al castello ducale ed alla cattedrale (Fig. 1) e la nuova Bisaccia del "Piano di Zona" quale risultato dell'intreccio delle vicissitudini legate alla ricostruzione post 1980 sulla base del piano urbanistico

redatto dall'architetto Aldo Loris Rossi (Fig. 2), docente dell'Università Federico II di Napoli, originario di Bisaccia (Spiga & Porfido, 2020).

Dal punto di vista geologico Bisaccia è caratterizzata da un piastrone costituito da conglomerati poligenici del Pliocene, leggermente cementati, poggianti sulla formazione delle "Argille Varicolori", interessate da estesi fenomeni franosi di varie tipologie (Esposito et al., 2000).

Movimenti gravitativi che sono stati riattivati ed ampliati anche a seguito dei numerosi eventi sismici avvenuti nell'Appennino meridionale. Tra i terre-

moti più forti che hanno colpito Bisaccia con livello di danneggiamento elevato, $I \geq VIII$ MCS, ricordiamo l'evento che ebbe come zona epicentrale l'Irpinia e la Basilicata nel 1694, i terremoti con epicentro in Irpinia avvenuti nel 1732 e nel 1930, ed infine quello che sconvolse l'Irpinia e la Basilicata nel 1980 (Postpischl et al. 1985; Esposito et al. 1998; Rovida et al. 2016; Porfido et al., 2021)

A seguito del terremoto del 23 luglio del 1930 (Gizzi & Masini 2011), a causa dei numerosi dissesti idrogeologici e del conseguente livello di danneggiamento provocato al tessuto urbano, fu deciso



Figura 1. Bisaccia vecchia: la Cattedrale dedicata alla Natività della Vergine Maria, poco distante dal castello ducale (Foto Spiga-Porfido, 2022)



Figura 2. Bisaccia nuova: Particolare del nuovo insediamento urbano redatto dall'Architetto Aldo Loris Rossi, realizzato dopo il sisma del 23 novembre 1980 (Foto tratta dal libro Bisaccia "Piano di Zona". Spiga & Porfido, 2020)

il trasferimento del paese in località Boscazzulo-Cappella, situata a circa 1,5 km ad ovest del centro urbano. Tale trasferimento avvenne effettivamente solo dopo il terremoto del 1980, nonostante Bisaccia, fosse stata nel frattempo, più volte interessata da altri fenomeni gravitativi, come ad esempio, quello avvenuto all'inizio del 1965, che comportò anche lo sgombero di numerosi edifici.

Lo scopo di questo lavoro è ripercorrere l'evoluzione urbanistica del paese attraverso un'analisi ad ampio spettro che comprende sia una ricca bibliografia a carattere scientifico, sia una raccolta iconografica che dà conto dell'abbandono, di ciò che resta e della ricostruzione effettuata negli ultimi quarant'anni (Gizzi & Potenza, 2020; Lombardi, 2021; Porfido *et al.*, 2020; Porfido & Spiga, 2020 a, b), tenendo conto delle problematiche connesse alle aree interne appenniniche e del loro sviluppo socio-economico (Festa *et al.*, 2020; Picone, 2020)

BIBLIOGRAFIA

- ESPOSITO E., PORFIDO S., IACCARINO G., TRANFAGLIA G. (2000), *Terremoti e centri storici dell'Irpinia: gli effetti del terremoto del 1930*. Proc. GeoBen 2000, CNR, 2133, 477-484.
- ESPOSITO E., GARGIULO A., IACCARINO G., PORFIDO S. (1998), *Distribuzione dei fenomeni franosi riattivati dai terremoti dell'Appennino meridionale. Censimento delle frane del terremoto del 1980*, in Proc. Inter. Conv. on Prevention of Hydrogeological Hazards, CNR(IRPI): Torino, Italy, p. 409-429.
- FESTA G., IULIANO G., SAGGESE P. (2021) *Irpinia-1980-2020*, Delta 3 Edizioni; p. 312. ISBN 978-88-6436-860-3.
- LOMBARDI G. (2021), *Irpinia Earthquake and History: A Nexus as a Problem*. Geosciences, 11, 50
- GIZZI F.T., MASINI N. (2011), *Dalle fonti all'evento. Percorsi, strumenti e metodi per l'analisi del terremoto del 23 luglio 1930 nell'area del Vulture*. ISBN: 8849520506
- GIZZI F.T., POTENZA M.R. (2020), *The Scientific Landscape of November 23rd, 1980 Irpinia-Basilicata Earthquake: Taking Stock of (Almost) 40 Years of Studies*. Geosciences, 10, 482.
- PICONE G. (2020), *Paesaggio Con Rovine*, Ed. Mondadori: Milano, Italy, p. 226. ISBN 978-88-04-72480-3
- PORFIDO S., SPIGA E. (2020), *Ricostruzione 1980-2020* Ed; Blurb: San Francisco, CA, USA, 2020; Volume I, ISBN 978-1-71-571504-5.
- PORFIDO S., SPIGA E. (2020), *Ricostruzione 1980-2020* Ed; Blurb: San Francisco, CA, USA, 2020; Volume II, ISBN 978-1-71-572142-8.
- PORFIDO S., ALESSIO G., GAUDIOSI G., NAPPI R., MICHETTI A. M., SPIGA E. (2021), *Photographic Reportage on the Rebuilding after the Irpinia-Basilicata 1980 Earthquake (Southern Italy)*, Geosciences, 11, 6, doi: 10.3390/geosciences11010006
- POSTPISCHL D., BRANNO A., ESPOSITO E., FERRARI G., MARTURANO A., PORFIDO S., RINALDIS V., STUCCHI M. (1985), *The Irpinia earthquake of November 23, 1980, in Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes*, Bologna, Italy, 1; 114, 2A, p. 152-157
- ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P., ANTONUCCI A. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15
- SPIGA E. & PORFIDO S. (2020), *Bisaccia Piano di Zona*, Blurb ed., San Francisco, CA, USA, ISBN 978-1-71-555296-1.

Mappatura della pericolosità da frana nel Subappennino Dauno (Puglia): affidabilità e miglioramento degli archivi esistenti

Mapping of landslide hazard in the Dauno Subappennine (Apulia): reliability and improvement of existing archives

Parole chiave: mappatura, frana, Subappennino Dauno
Key words: mapping, landslide, Dauno Subappennine

Ilenia Argentiero
CNR IREA

Alessandro Parisi
Politecnico di Bari, DICATECh

Roberta Pellicani

Giuseppe Spilotro
SIGEA-APS
Politecnico di Bari, DICATECh

E-mail: g.spilotro@yahoo.com

INTRODUZIONE

Nonostante la crescente consapevolezza della comunità internazionale sul tema della *disaster risk reduction* rimarcata dalla ratifica di accordi internazionali, linee guida e la definizione di obiettivi multi-scala (UNISDR 2015), l'occorrenza di fenomeni calamitosi ha sempre più un impatto significativo sulle comunità e sui beni dislocati sul territorio. Tra le calamità naturali più frequenti, le frane innescate da eventi meteo costituiscono per intensità e frequenza una minaccia per la popolazione ed i loro beni, in particolare per quei territori nei quali l'occupazione umana si è spinta su aree precedentemente risparmiata per elevate pendenze e dubbia stabilità (Aleotti & Chowdhury, 1999).

La catalogazione degli eventi e la successiva derivazione di mappe di pericolosità e di rischio da frana costituiscono strumenti fondamentali per la gestione di territori prona a questo tipo di fenomenologia. Diversi fattori influenzano la scelta dell'approccio metodologico per la valutazione della pericolosità da frana, tra cui la disponibilità e l'accuratezza di dati spazio-temporali relativi agli eventi franosi presenti negli inventari esistenti (Corominas et al., 2014; Pellicani et Al., 2014). La criticità nel percorso della derivazione di accurate mappe di pericolosità deriva principalmente dalla mancanza di accurate informazioni temporali nelle banche dati di frane esistenti; da ciò derivano limitazioni nella valutazione della pericolosità da frana, che spesso si limita alla sola componente spaziale (susceptibilità), di fatto escludendo la valutazione della frequenza temporale di accadimento dei fenomeni franosi (van Westen et al., 2006). Tale limitazione è evidenziata anche a livello normativo. Di fatto,

nonostante il DPCM 28 maggio 2015 "Individuazione dei criteri e delle modalità per stabilire le priorità di attribuzione delle risorse agli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico" identifichi la frequenza temporale come uno dei criteri cardine per l'eleggibilità degli interventi, tale criterio è sostituito con la velocità dei fenomeni franosi, discriminando tra cinematismi lenti o rapidi ed escludendo la loro frequenza di occorrenza. Alla luce di quanto evidenziato, questo lavoro, in prosecuzione di una pluridecennale attività di ricerca, e con l'ausilio di preziosi archivi multi-temporali offerti dalle tecnologie da remote sensing, offre una raccolta di dati storici spazio-temporali di accadimento di fenomeni franosi con riferimento ad un'area prona a questo tipo di calamità naturale, in Italia meridionale (Subappennino Dauno, Regione Puglia). Tale raccolta ha consentito di ottenere informazioni complete a diverso grado di accuratezza spazio-temporale in grado di arricchire le conoscenze su pericolosità e rischio da frana.

SUBAPPENNINO DAUNO: DESCRIZIONE

Il Subappennino Dauno (Fig. 1) è un'area geografica situata nella parte nord-occidentale della regione Puglia (Italia meridionale) caratterizzata storicamente e cronicamente da numerose e varie forme di dissesto, in particolare frane indotte da terremoti e da piogge (Catenacci, 1992, Pellicani & Spilotro, 2013). Tra le principali cause predisponenti e scatenanti, vi sono aspetti lito-stratigrafici, morfo-idrologici, vegetativi, climatici ed antropici. Pur essendo principalmente espressione delle dinamiche naturali del territorio, esse costituiscono una minaccia alla sua inte-

grità e fruibilità, nonché un ostacolo allo sviluppo socioeconomico della popolazione (Regione Puglia, 2015). La valutazione della pericolosità e del rischio da frana di questo territorio è affidata a diverse procedure in quanto diverse erano le competenti Autorità di Bacino, ad oggi raggruppate nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale. I database ufficiali (es. AVI, IFFI) e quelli derivati presentano carenze informazioni temporali di accadimento delle frane, onde pericolosità e rischio derivati soffrono della carenza dell'informazione temporale o della sua approssimata valutazione (es. AdB Puglia, 2004).

RISULTATI PRELIMINARI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Stanti le scarse informazioni spazio-temporali disponibili con riferimento al territorio in esame, si è pertanto proceduto alla costruzione di un inventario multi-temporale di frane ottenuto dall'analisi testuale di archivi della Regione Puglia "Difesa del Suolo", il quale è coinvolto nella pianificazione degli interventi strutturali di mitigazione del rischio nel campo della difesa del suolo. Dall'analisi dei documenti cartacei relativi alla porzione meridionale della Subappennino Dauno (Figura 2), sono stati censiti 562 eventi franosi occorsi nel periodo 1998-2018, di cui 493 con complete informazioni spazio-temporali, i quali hanno interessato 236 frane presenti sul territorio (Tabella 1).

Di questi eventi, circa il 95% sono associate all'occorrenza di eventi piovosi. Il 92% degli eventi censiti è risultato ad elevata accuratezza temporale (info giornaliera), mentre solo il 34% ha registrato una elevata accuratezza spaziale.

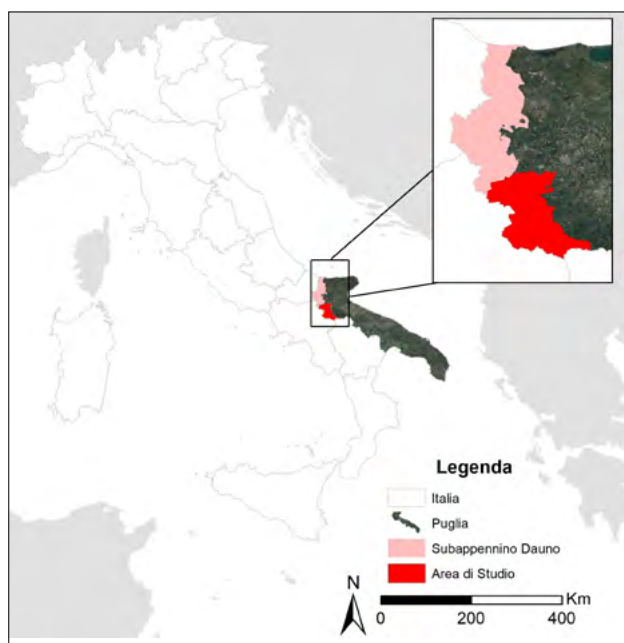


Figura 1. Inquadramento area di studio

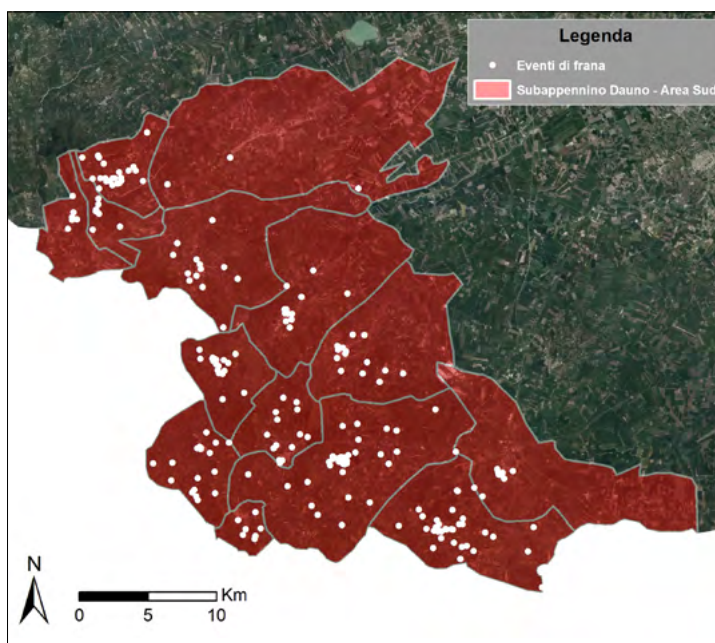


Figura 2. Eventi franosi censiti

Ciò è dovuto alla natura delle informazioni raccolte, le quali raramente riportano coordinate e località precise. Pertanto, si è proceduto ad un ulteriore processing attraverso l'utilizzo di immagini satellitari multi-temporali al fine migliorare l'accuratezza spaziale e localizzare gli eventi. Maggior parte delle frane censite è risultata earthflow (58%) e a cinematismo complesso (13%). Esse hanno provocato danni principalmente a strade municipali (266 eventi), e strade provinciali e/o nazionali (75). Altri

impatti sono stati registrati su edifici (36), e su reti locali idriche e fognarie (12) (Parisi, 2020). In conclusione, tale contributo porta ad una preliminare migliore conoscenza del quadro conoscitivo dell'area in esame, il quale necessita di ulteriori approfondimenti e confronto con i database esistenti al fine di un migliore grado di accuratezza spaziale. Tuttavia, la completezza informativa circa le componenti spazio-temporali degli eventi franosi e circa gli effetti diretti ed a cascata ad essi associati sod-

disfa i requisiti per una completa valutazione della pericolosità e del rischio su scala regionale.

BIBLIOGRAFIA

- AdB-Puglia (2004), *Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)*.
- ALEOTTI, P., CHOWDHURY, R. (1999), *Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives*. Bull. Eng. Geol. Environ. 58, 21–44.
- CATENACCI, V. (1992), *Il dissesto geologico e geomorfologico in Italia dal dopoguerra al 1990*, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia. Servizio Geologico Nazionale.
- COROMINAS, J., WESTEN, C. VAN, FRATTINI, P., [...], HERVA, J. (2014), *Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk 209–263*.
- PARISI, A. (2020), *Integrating temporal probability in landslide hazard evaluation towards the assessment of the economic risk at regional scale*. Tesi di Dottorato, Politecnico di Bari.
- PELLICANI, R., SPILOTRO, G. (2013), *Landslide susceptibility mapping in Apulian Apennine (Italy)*. Rend. On Line SGI, ISSN 2035-8008, 24, 238–240, Eds. Calcaterra & Fabbrocino.
- PELLICANI R., VAN WESTEN C., SPILOTRO G. (2013), *Assessing landslide exposure in areas with limited landslide information*. Landslides Journal, DOI: 10.1007/s10346-013-0386-4. Online ISSN 1612-5118, print ISSN 1612-510X, June 2014, vol. 11.3, pp 463 – 480, Springer Verlag.
- Regione Puglia, 2015. Piano Paesaggistico e Territoriale Regionale.
- UNISDR (2015), *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030*, Third World Conference on Disaster Risk Reduction. Sendai, Japan.
- VAN WESTEN, C.J., VAN ASCH, T.W.J., SOETERS, R. (2006), *Landslide hazard and risk zonation – Why is it still so difficult?* Bull. Eng. Geol. Environ. 65, 167–184.

Tabella 1. Dati raccolti

Comuni Subappennino Dauno (Area Sud)	Inventario degli eventi franosi censiti (periodo 1998-2018)		
	Numero di eventi franosi totale	Numero di eventi franosi con informazioni spazio-temporali complete	Numero di frane censite
Accadia	21	17	16
Anzano di Puglia	37	34	18
Bovino	36	23	12
Candela	12	10	8
Castelluccio Valmaggiore	37	35	23
Celle di San Vito	19	14	8
Deliceto	26	21	16
Faeto	8	6	6
Monteleone di Puglia	42	37	18
Orsara di Puglia	23	19	14
Panni	53	48	20
Rocchetta Sant'Antonio	145	144	36
Sant'Agata di Puglia	101	83	39
Troia	2	2	2
TOTALE	562	493	236

La nuova carta delle cavità sotterranee del territorio del Municipio Roma V (Roma Capitale)

A new map of the artificial underground cavities located in the Fifth Municipality of Rome

Parole chiave: Roma, cartografia, cavità sotterranee, sinkholes antropogenici
Key words: Rome, cartography, underground cavities, anthropogenic sinkholes

Claudio Succhiarelli
Roma Capitale, Dip. Programmazione e Attuazione Urbanistica
Vittorio Di Stefano
Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (consulente)
Carlo Ferranti
Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale
Gianluca Ferri
Roma Capitale, Dip. Protezione Civile
Riccardo Paolucci
Sotterranei di Roma - Ricerca a.p.s.
Marilisa Raucchi
Roma Capitale, Servizio Civile Nazionale
Ivano Stranieri
Roma Sotterranea S.r.l.

Autore referente

Email: claudio.succhiarelli@comune.roma.it

Nell'ambito delle attività riguardanti la predisposizione degli interventi di messa in sicurezza delle frequenti problematiche di dissesto causate dalle cavità sotterranee presenti nel territorio del Municipio Roma V, nel 2016 fu costituito, dall'Assessore ai Lavori Pubblici del Municipio, un Tavolo Tecnico Interdipartimentale specifico per consentire una gestione operativa, coordinata e avanzata della problematica.

Il Tavolo Tecnico Interdipartimentale, attualmente coordinato dall'Assessorato ai Lavori Pubblici, è composto dai geologi e tecnici: dei Dipartimenti di Roma Capitale (Programmazione e Attuazione Urbanistica, Protezione Civile e Coordinamento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana), del Municipio, di ACEA ATO 2 S.p.A. e delle associazioni speleologiche.

La gestione di questa tematica, ha reso necessario l'avvio di un aggiornamento permanente delle conoscenze territoriali riguardanti le cavità sotterranee di origine antropica attraverso la realizzazione di una nuova *Carta delle cavità sotterranee del Municipio Roma V* che rappresenta lo strumento dinamico che potrà consentire di individuare:

- le aree in cui eseguire le indagini per identificare le zone a rischio, propeedeutiche agli interventi di messa in sicurezza;
- le aree dove, richiedere integrazioni di indagini, nell'ambito delle procedure urbanistiche riguardanti le autorizzazioni edilizie, per la probabile presenza di ipogei;
- le aree dove programmare e pianificare gli interventi di verifica e controllo con ACEA ATO 2 S.p.A. per le interazioni tra reti fognarie e

acquedottistiche e cavità sotterranee di origine antropica.

La realizzazione della nuova *Carta delle cavità sotterranee del Municipio Roma V*, è stata strutturata:

- sulla raccolta di ogni dato cartografico ufficiale sulle cavità sotterranee di origine antropica presenti nel Municipio;
- sul costante aggiornamento delle segnalazioni provenienti dalla Sala Operativa del Dipartimento Protezione Civile;
- sulla verifica della localizzazione delle planimetrie e degli elementi puntuali che riportano le segnalazioni delle cavità individuate;
- sulla definizione delle relative fonti di origine.

La struttura della legenda è stata articolata per elementi puntuali e areali in relazione alla presenza accertata e/o alla loro probabilità di esistenza.

Si riporta, di seguito la legenda, ai fini di una migliore comprensione della sua struttura cartografica.

AREE INTERESSATE DA CAVITÀ ACCERTATE TRAMITE RILIEVI STRUMENTALI SPELEOTOPOGRAFICI DIRETTI

- R01 Villa De Sanctis 1 (Roma Sotterranea S.r.l.);
- R02 Villa De Sanctis 2 (Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento Scienze della Terra, Centro di Ricerca C.E.R.I., 2011);
- R03 Via dei Gordiani (Comune di Roma, Geosonda – Italconsult, 1981);
- R04 Quadraro - Via Igino (Sotterranei di Roma – Ricerca a.p.s.);

- R05 Quadraro - Via Columella – via Cincinnato (Sotterranei di Roma – Ricerca a.p.s.);
- R06 Via Teano – via Formia (Comune di Roma, Geosonda – Italconsult, 1981);
- R07 Aeroporto di Centocelle (Roma Sotterranea S.r.l.);
- R08 Tor De' Schiavi (Roma Sotterranea S.r.l.);
- R09 Via Dulceri (Sotterranei di Roma – Ricerca a.p.s.);
- R10 Via Filarete (Sotterranei di Roma – Ricerca a.p.s.);
- R11 Via Policastro (Sotterranei di Roma – Ricerca a.p.s.);
- R12 Via Buie d'Istria (Roma Capitale, Dipartimento Coordinamento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana – Società Cooperativa Lavori in Corda, 2021);
- Aree con rilievo di cavità (Nisio *et al.*, 2017).

AREE INTERESSATE DA CAVITÀ ACCERTATE TRAMITE ESPLORAZIONI DIRETTE

- Aree esplorate da "Roma Sotterranea S.r.l."
- Aree esplorate da "Sotterranei di Roma – Ricerca a.p.s."

AREE INTERESSATE DA CAVITÀ ACCERTATE E MAPPATE CON INDAGINI TELEVISIVE IN FORO

- Via Minturno – via Formia 1 (Geotecnosond, 1995)
- Via Minturno – via Formia 2 (Geotecnosond, 1995)
- Aree del settore ovest del Municipio (Comune di Roma, Circostrizione VI, Università degli Studi Roma

Tre, Dipartimento di Scienze Geologiche, 2000)

AREE INTERESSATE DA CAVITÀ ACCERTATE DA TESTIMONIANZE DOCUMENTALI, TECNICHE E STORICHE

- Catacombe con relativo numero di riferimento identificativo (Pontificia Commissione di Archeologia Sacra, 2000 – 2022).
- Aree adibite ad antiche attività estrattive in sotterraneo (imbocchi di cava) e a cielo aperto (Comune di Roma, Circoscrizione VI, Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze Geologiche, 2000).

AREE CON PROBABILE PRESENZA DI CAVITÀ DA INDICAZIONI DIRETTE, INDIRETTE E VALUTAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE

- Aree dove le indicazioni dirette ed indirette e le valutazioni geologico-tecniche fanno ritenere molto probabile la presenza di cavità in modo pervasivo (Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione Civile - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, 2001).
- Aree dove le indicazioni indirette e le valutazioni geologico-tecnico fanno ritenere molto probabile la presenza di cavità in modo pervasivo (Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione Civile - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Di-

partimento di Idraulica Trasporti e Strade, 2001).

- Aree dove le valutazioni di carattere geologico-tecnico fanno ritenere probabile la presenza di cavità in modo discontinuo (Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione Civile - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, 2001).
- Aree dove le valutazioni di carattere geologico-tecnico fanno ritenere possibile la presenza di cavità isolate e di limitata dimensione (Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione Civile - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, 2001).
- Aree con presumibile presenza di cavità (Nisio et al., 2017).

INDIVIDUAZIONI PUNTUALI DI PRESENZA DI CAVITÀ

- Segnalazione di cavità elaborate da testimonianze documentali (Comune di Roma, Circoscrizione VI, Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze Geologiche, 2000).
- Cavità riscontrate in sondaggio (Ventriglia, 2002 e CNR – IGAG documentazione tecnica, rappresentata in Nisio et al., 2017).
- Accessi di cava passati e recenti (Nisio et al., 2017; rappresentazione di indizi morfologici costituiti prevalentemente da dissesti naturali per voragini e subordinatamente da imbocchi artificiali di ingresso al

loro interno, individuati da ricerche cartografiche).

- Cunicoli e/o cavità isolate (Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione Civile - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, 2001).
- Ipogei isolati (Nisio et al., 2017)
- Cavità adibite a bunker e/o rifugio durante la II guerra mondiale (Nisio et al., 2017).

INDIVIDUAZIONE DI DISSESTI IPOGEI PUNTUALI

- Voragini del piano campagna o stradale per crollo di cavità sotterranee (Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile, Progetto Sinkholes, 2007; in fase di aggiornamento a cura del Tavolo Tecnico Municipio Roma V).
- Dissesti significativi rilevati delle volte delle cavità (avvenuti o in stato incipiente) che non hanno interessato la superficie urbanizzata esterna (Comune di Roma, Circoscrizione VI, Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze Geologiche, 2000).

SISTEMA DELLE ACQUE

- Fiume, specchio d'acqua, invaso (Carta Tecnica Regionale del Lazio, 2014).
- Corso d'acqua, reticolo idrografico superficiale, elemento idrico (Carta Tecnica Regionale del Lazio, 2014).

EDIFICATO

- Edificato, manufatto industriale (Carta Tecnica Regionale del Lazio, 2014).
- Argini, muri divisorii o di sostegno (Carta Tecnica Regionale del Lazio, 2014).

INFRASTRUTTURE STRADALI E FERROVIARIE

- Strade e attrezzature stradali (Carta Tecnica Regionale del Lazio, 2014).
- Ferrovie e attrezzature ferroviarie (Carta Tecnica Regionale del Lazio, 2014).



Stralcio della nuova Carta delle cavità sotterranee del Municipio Roma V

Pericolosità idrologica di Torino

Hydrological hazard of Turin

Parole chiave: pericolosità idrologica, rischio di alluvione, città di Torino
Key words: hydrological hazard, flood risk, city of Turin

Battista Taboni

Università degli Studi di Torino – Socio SIGEA
E-mail: battista.taboni@unito.it

Annalisa Bove

Geologo, Libero Professionista – Socio SIGEA
E-mail: annalisa.bove@geologiapiemonte.it

Luciano Masciocco

Università degli Studi di Torino – Consigliere SIGEA
E-mail: luciano.masciocco@unito.it

Torino è chiamata la città dei quattro fiumi: nata sulla sponda sinistra del F. Po, in posizione sicura dal punto di vista idrologico, si è via via estesa con l'edificazione occupando spazi di competenza fluviale non solo del Po, estendendosi anche in destra idrografica, ma anche di tre affluenti di sinistra, da monte verso valle: il Sangone (torrente lungo circa 47 km, con un bacino idrografico di circa 270 km²), la Dora Riparia (fiume con un bacino di 1340 km², il cui percorso si svolge quasi interamente nella Val di Susa), e la Stura di Lanzo (torrente lungo 68,8 km e con un bacino idrografico ampio 836 km²).

Per l'ampiezza del proprio bacino e per l'occupazione delle fasce di esondazione da parte degli edificati, il corso d'acqua più pericoloso per la Città di Torino è la Dora Riparia che, una volta entrata in Torino, dopo aver attraversato il parco della Pellerina ed aver contornato su tre lati il perimetro dell'Ospedale "Amedeo di Savoia", continua la sua discesa nella parte nord della città, andando poi a confluire nel Po presso il Parco Colletta. Dalla Fig. 1 si può notare come l'edificato si sia purtroppo esteso sull'area di competenza fluviale, mascherandola completamente.

La valutazione della pericolosità idrologica ha comportato la verifica idraulica su due sezioni fluviali su cui sono state rilevate alcune criticità: la sezione 1 è stata individuata immediatamente a monte del ponte di C.so Svizzera tratto da cui il corso d'acqua è esondato in passato inondando il plesso dell'ospedale Amedeo di Savoia (Figg. 1 e 2).

La sezione 2 è localizzata in corrispondenza del Parco Dora, ex zona industriale riqualificata a partire da circa venti anni fa, mettendo di nuovo a luce la Dora che in quel tratto viaggiava tombinata per centinaia di metri (Figg. 1 e 3)

Data la vicinanza delle due sezioni, per i calcoli idraulici si è considerata uguale l'area A del bacino sotteso dalle due sezioni (pari a 1320 km²).



Figura 1. La Dora Riparia nel suo percorso finale attraverso la Città di Torino. I numeri 1 e 2 segnalano le due sezioni fluviali prese in considerazione per le verifiche idrauliche. Sul Ponte Washington è ubicata la stazione idrografica "Dora Riparia a Torino"

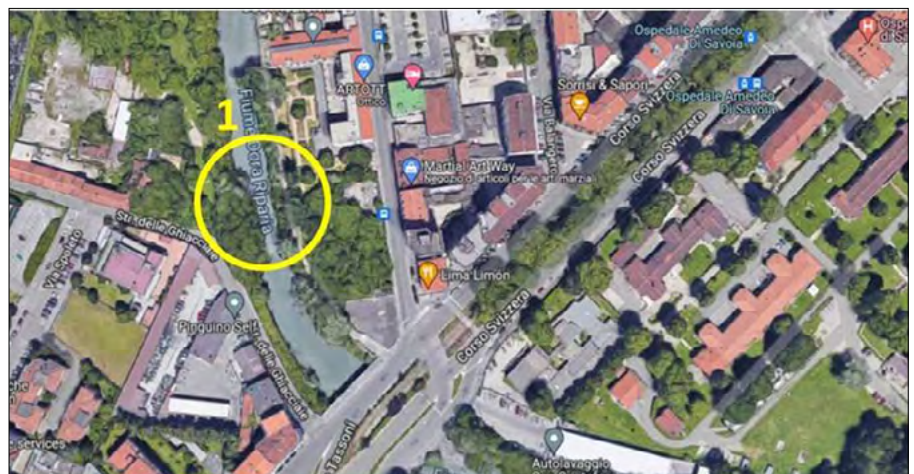


Figura 2. Ubicazione della sezione 1



Figura 3. Ubicazione della sezione 2

Tabella 1. Verifica idraulica delle due sezioni prese in esame

Tempo di ritorno [anni]	Q_{max} [m^3/s]	Q_{amm} sezione 1 [m^3/s]	Q_{amm} sezione 2 [m^3/s]
20	1329,9	652,5	809,6
50	1331,5	652,5	809,6
100	1332,6	652,5	809,6
200	1333,8	652,5	809,6

L'Analisi pluviometrica è stata condotta sui dati estratti dal "GeoPortale ARPA Piemonte – Atlante piogge intense in Piemonte" mediati sull'intero bacino della Dora Riparia, ricavando così le curve di probabilità pluviometrica relative ai tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 200 anni.

Le portate di massima piena sono state calcolate col Metodo Razionale:

$$Q_{max} = k \cdot C \cdot i_c \cdot A$$

Per determinare le *intensità critiche* i_c relative ai 4 tempi di ritorno, è stato valutato un tempo di corrivazione pari a 11,2 ore utilizzando la formula di Giandotti (lunghezza dell'asta fluviale 128,8 km; altezza media bacino 1655 m; quota sezioni 230 m).

Dalla classificazione dell'uso del suolo effettuato dalla Regione Piemonte è stato calcolato un coefficiente di deflusso C medio per il bacino della Dora Riparia pari a 0,562.

Pertanto, utilizzando i dati ricavati, sono state calcolate le portate di massima piena in corrispondenza delle due sezioni.

Dal confronto tra le portate massime ammissibili Q_{amm} delle due sezioni - calcolate moltiplicando le velocità medie del flusso idrico (valutate in ciascuna sezione con la formula di Chezy) per l'area delle rispettive sezioni (ricavate dalle misure in situ) - e le portate di massima piena, si rileva che, in entrambe le sezioni, le portate attese per tempi di ritorno anche solo di 20 anni sono maggiori della portata massima ammissibile con pre-

vedibili allagamenti delle zone edificate circostanti. Come se non bastasse, bisogna evidenziare che le due sezioni sono state misurate appena a monte di ponti, in corrispondenza dei quali le loro aree subiscono una considerevole riduzione..

Nell'articolo vengono infine tratte alcune considerazioni conclusive sui progetti di intervento per la mitigazione del rischio geo-idrologico della città di Torino.

Proposte per indicare la propensione al dissesto geo-idrologico del territorio a livello comunale e nazionale

Proposals to indicate the geo-hydrological instability propensity of territory both at municipal and national level

Parole chiave: dissesto geo-idrologico, territorio italiano, territorio comunale
Key words: geo-hydrological instability, Italian territory, municipal territory

Battista Taboni

Università degli Studi di Torino – Socio SIGEA-APS
E-mail: battista.taboni@unito.it

Mauro Bonasera

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)
E-mail: mauro.bonasera@isprambiente.it

Gessica Umili

Università degli Studi di Torino
E-mail: gessica.umili@unito.it

Annalisa Bove

Geologo, Libero Professionista – Socio SIGEA-APS
E-mail: annalisa.bove@geologiapiemonte.it

Luciano Masciocco

Università degli Studi di Torino – Consigliere SIGEA-APS
E-mail: lucciano.masciocco@unito.it

L'articolo intende fornire alcuni suggerimenti per indicare la propensione al dissesto geo-idrologico del territorio a livello nazionale e comunale, facendo riferimento a dei criteri oggettivi e univoci. Inizialmente, si mettono in evidenza le carenze di indicazioni generali.

Ad esempio, a più di 30 anni dall'entrata in vigore della normativa sulla difesa del suolo (Legge 183/1989), per avere un'idea sulla suscettibilità del nostro ter-

ritorio alle frane attualmente è a disposizione la carta della *Pericolosità da frana PAI* (Fig. 1) realizzata dall'ISPRA con i dati a disposizione sulle frane censite.

La critica *costruttiva* che il presente contributo intende fare a questo approccio riguarda i seguenti punti:

- 1) tale cartografia dovrebbe essere chiamata: *carta delle frane censite in Italia*;
- 2) anche in questo caso ci sarebbe da obiettare che il lavoro è *incompleto*, o,

come minimo, costruito con criteri di classificazione non omogenei (la Val d'Aosta frana, il Piemonte molto meno; il Trentino frana, l'Alto Adige no; la Calabria frana come la Puglia...);

- 3) è difficilissimo, se non impossibile, valutare la *pericolosità da frana* in quanto il termine *pericolosità*, oltre al concetto di *magnitudo*, contiene in sé anche quello di *frequenza*.

Molto probabilmente, il termine *carta di Pericolosità* deriva da obblighi imposti dalla normativa di settore europea e dai suoi recepimenti nazionali, ma il consiglio è quello di sostituire il (o almeno di affiancare al) termine *pericolosità da frana* quello di *suscettibilità alle frane*.

A questo punto, nel lavoro si prende in considerazione il concetto di *suscettibilità del territorio alle frane* e si passano in rassegna i fattori (pendenza del versante, caratteristiche geotecniche del terreno copertura vegetale struttura del substrato, ...) che si dovrebbero prendere in considerazione per applicare i numerosi metodi che da almeno mezzo secolo sono stati proposti per la valutazione della suscettibilità del territorio alle frane, anzi, alle diverse tipologie di frana (frane superficiali, frane profonde e, tra queste, crolli, ribaltamenti, scivolamenti, flussi, etc.). Vista la *manca* dei dati necessari per produrre cartografie di suscettibilità a livello nazionale (anche se alcuni autori hanno proposto recentemente algoritmi e metodi statistici per realizzarle), l'articolo propone di utilizzare l'*energia del rilievo* (differenza tra la quota massima e la quota minima in un'area specifica) quale parametro geomorfologico per indicare *provvisoriamente* la propensione del territorio alle frane (Fig. 2).

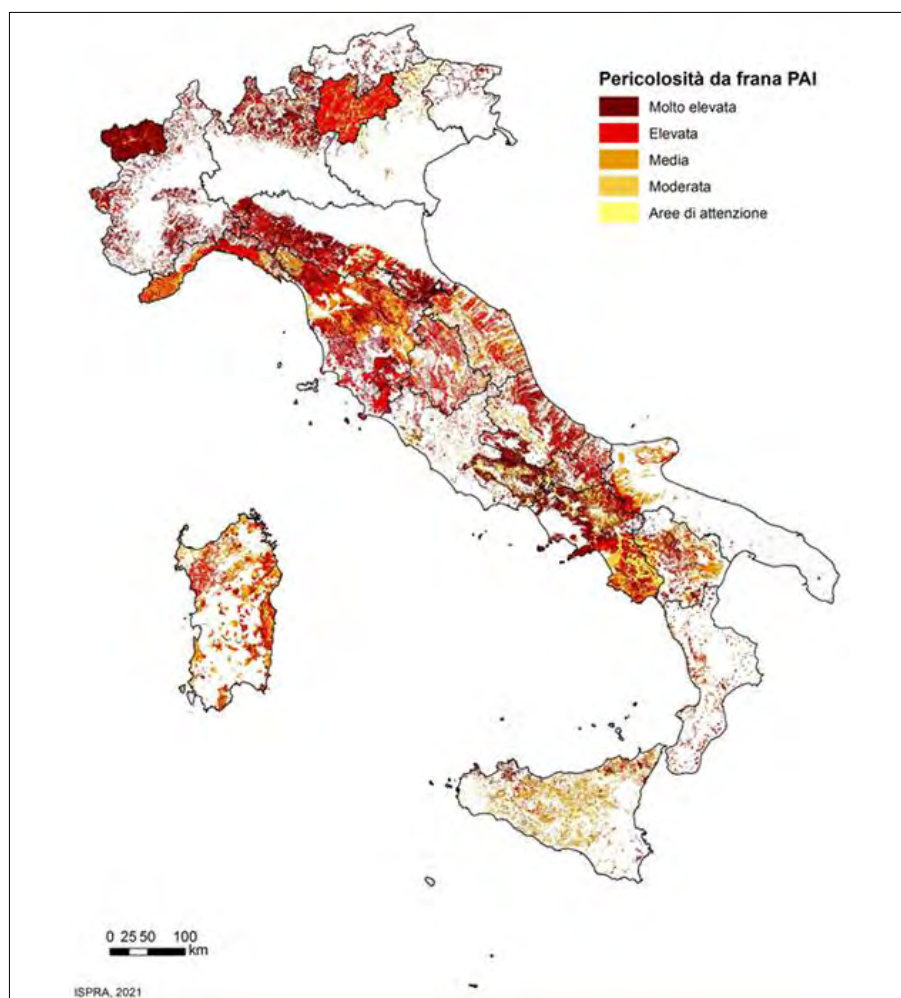


Figura 1. Carta della "Pericolosità da frana PAI" realizzata dall'ISPRA con i dati a disposizione sulle frane censite

Infine il lavoro prende in considerazione altri parametri dell'analisi digitale del terreno al fine di indicare le vie preferenziali lungo le quali, durante gli eventi geologici calamitosi, si incanalano i flussi pericolosi (acqua, fango, detriti, valanghe ...).

Lo scopo è quello di trovare indicazioni oggettive per la delimitazione di zone pericolose nelle quali venga finalmente impedita l'edificabilità. Per una corretta pianificazione territoriale, si propone di utilizzare l'indice di potenza del flusso SPI (*Stream Power Index*), calcolato come $\alpha * \tan(\beta)$ dove α è l'area cumulativa che drena verso un punto per unità di lunghezza del contorno e $\tan(\beta)$ è la pendenza locale.

L'SPI riflette la potenza del flusso in qualsiasi punto del bacino e la tendenza delle forze di gravità a spostare il fluido a valle.

Le Figg. 3 e 4 mostrano l'applicazione dello *Stream Power Index* nei territori di Vernazza e Monterosso (SP), comuni colpiti dall'evento alluvionale del 25 ottobre 2011 (13 vittime, danni per centinaia di milioni di euro).

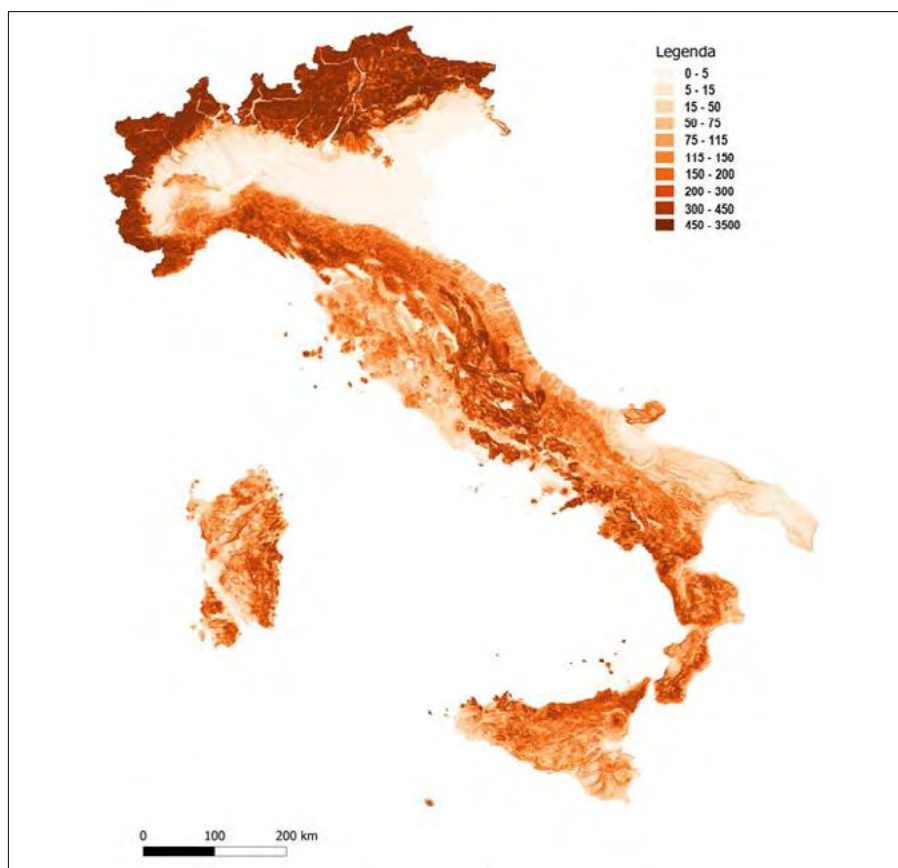


Figura 2. Carta dell'energia del rilievo del territorio nazionale

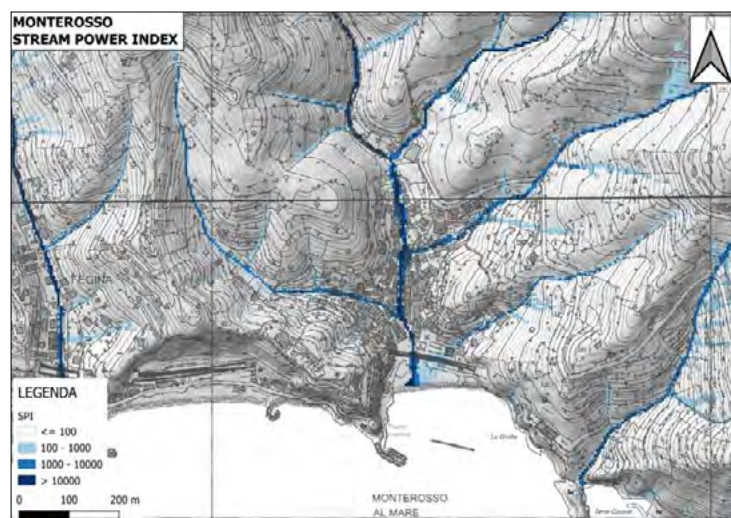


Figura 3. Applicazione dello *Stream Power Index* al territorio di Monterosso (SP)

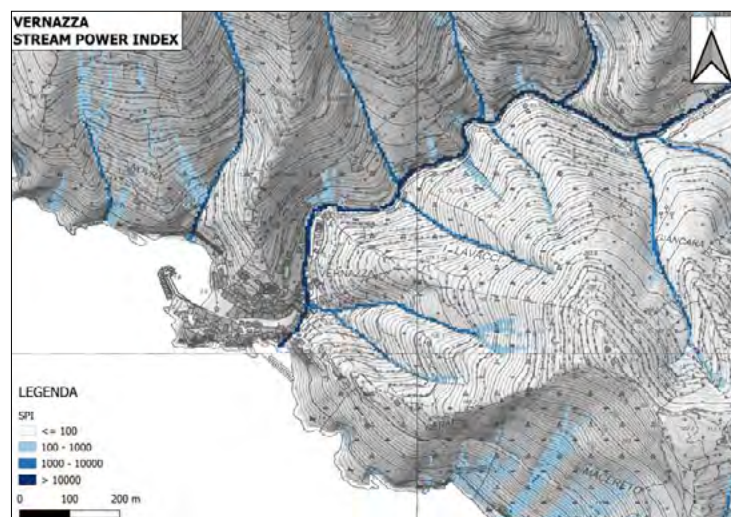


Figura 4. Applicazione dello *Stream Power Index* al territorio di Vernazza (SP)

Geological day Coste. Una giornata di escursione e di approfondimento geologico ambientale

Aleandro Tinelli, Eugenio Di Loreto, Giuseppe Gisotti, Guido Paliaga, Francesco Stragapede, Piero Tinelli

E-mail: aleandro.tinelli@gmail.com

Geological day Coasts. A day of excursion and environmental geological study

Parole chiave: Erosione costiera, Geological day monitoraggio delle coste, Salvaguardia e Pianificazione sostenibile dei litorali

Key words: Coastal erosion, Geological day, coastal monitoring, Conservation and sustainable planning of the coasts

Il Litorale è stato definito come “il territorio, che segna il confine fra la terra e il mare, ed un luogo di compromesso e di conflitto in continua evoluzione”.

In Italia, il 13% della superficie nazionale pari a 43.000 km² si trova sulle coste marine. Il Litorale italiano è il quinto più lungo in Europa, con 8300 km. In questo territorio, in cui si sono sviluppati ben 646 comuni, si registra il maggior peso demografico dell'intero bacino del Mediterraneo. All'avvicinarsi della stagione estiva il fenomeno dell'erosione costiera dei litorali, torna ad interessare l'opinione pubblica.

Le coste negli ultimi 30 anni, sono state esposte a intensi fenomeni erosivi (circa 1170 km), aumentati sensibilmente in frequenza e intensità, che hanno provocato effetti spesso catastrofici, con ingenti danni all'economia turistica e alle infrastrutture.

Per le coste italiane manca un approccio alla pianificazione dei litorali che individui i processi di modifica del territorio dovuti a fenomeni naturali e i processi di trasformazione, spesso aggressivi, di sfruttamento delle terre utili da parte dell'uomo. Tale distinzione, oggi, appare ancor più rilevante al fine di comprendere gli sviluppi che a volte, hanno profondamente modificato le nostre coste e certamente, in questi ultimi decenni, cambiato il volto di gran parte del territorio.

Ai processi naturali di più largo respiro, l'uomo ha contrapposto una costante ed incisiva azione volta ad adeguare le coste alle sue esigenze. Tutto questo, spesso, non accompagnato da una sufficiente attenzione e da una presa di coscienza delle trasformazioni in corso e dei relativi impatti ambientali da parte delle stesse comunità interessate. In occasione della ricorrenza dei

30 anni della propria fondazione (il 18 maggio 1992), il gruppo di lavoro della SIGEA APS ha proposto a tutti i soci e simpatizzanti l'iniziativa “*Geological DAY Coste*”, una giornata dedicata di monitoraggio delle aree costiere, che si è svolta nella settimana tra il 18 e il 22 maggio 2022.

Tale iniziativa ha avuto lo scopo di documentare lo stato degli ambienti naturali o semi naturali più significativi, dove ancora è possibile trovare dei riferimenti utili per cogliere i cambiamenti avvenuti e delle potenzialità di recupero. La stagione primaverile permette di constatare i danni delle mareggiate e delle perturbazioni meteo invernali e di verificare l'incidenza delle attività legate alla stagione balneare di fruizione delle spiagge.

Questo, anche con l'obiettivo di salvaguardare subito, ogni scampolo

di ambiente ancora poco contaminato e/o dove sia ancora presente una certa capacità della natura di recuperare gli originari processi naturali e contrastare la sempre più ridotta naturalità delle nostre coste e la conseguente perdita di biodiversità.

Scopo finale dell'iniziativa concorrere con dati certi alla protezione, al recupero ed al miglioramento della biodiversità presente nelle aree costiere prese a riferimento. Da qui la necessità di tutelare gli ambienti residuali anche di piccole dimensioni, spesso coincidenti con aree protette o perché resi disponibili per la comunità (spiagge libere). Un progetto di tutela che può andare a rafforzare le forme di salvaguardia della natura e che può costituire un forte stimolo per l'opinione pubblica e per la tutela ambientale. Tutto ciò mettendo in evidenza i processi in atto che una

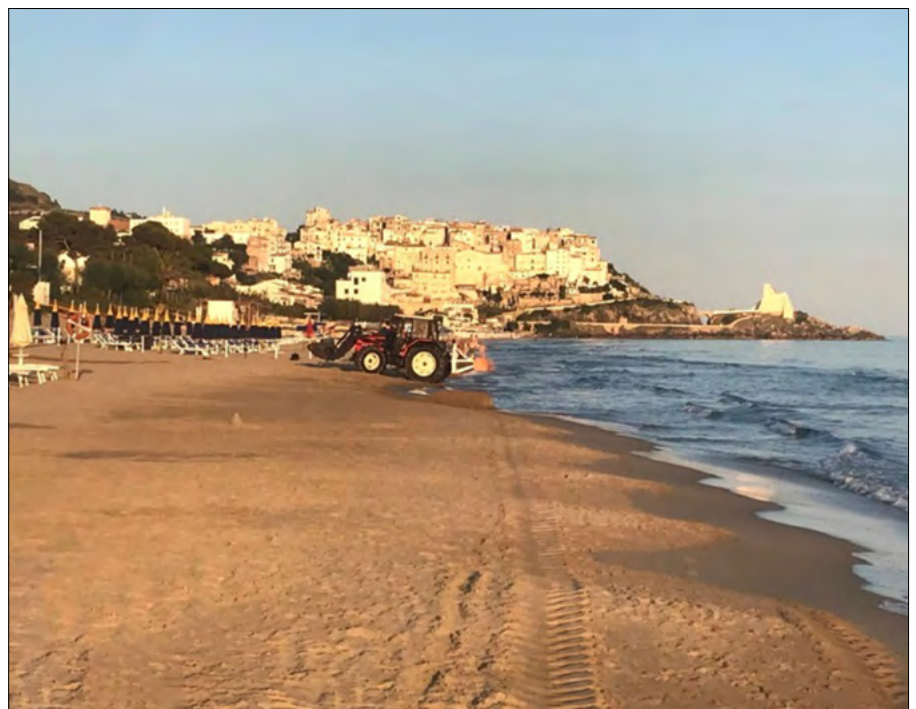


Figura 1.

volta noti e monitorati possono essere ricondotti in funzione di una maggiore biodiversità da preservare per le generazioni future. Piccoli lembi di territorio costiero, sempre più importanti spesso per la vicinanza ed accessibilità, anche realmente disponibili per una fruizione pubblica correttamente gestita.

I soci SIGEA a titolo volontario, hanno eseguito sopralluoghi e rilievi di carattere geologico ambientale, presso alcune spiagge o tratti di costa significativi, utilizzando un'apposita scheda, disponibile online sul sito web della SIGEA. I rilievi, coordinati da Sette sezioni regionali della SIGEA (Calabria, Lazio, Liguria, Marche, Puglia, Sicilia, Toscana), hanno consentito di realizzare una prima banca dati di monitoraggio sullo stato di 30 tratti di coste che potrà essere aggiornata annualmente.

debitamente compilate, sono corredate da cartografie e foto emblematiche sullo stato del litorale esaminato.

Questa iniziativa rientra tra le attività di informazione e sensibilizzazione svolte da SIGEA per diffondere e favorire, tra la popolazione, la comprensione del ruolo della spiaggia come ambiente naturale e di sviluppo sostenibile di attività economiche e turistiche al fine di promuovere iniziative di tutela e valorizzazione del territorio, per una pianificazione partecipativa, anche alla luce delle recenti proposte di Legge per la gestione delle aree demaniali.

Su queste tematiche la SIGEA ha già svolto Convegni ed interessanti seminari dedicati al litorale per conoscere la evoluzione storica e geomorfologica nel tempo di queste zone e discutere sugli interventi strutturali (opere rigide,



Figura 2.

Ogni scheda si compone di 5 parti, nella prima (G1) sono indicati i dati relativi all'inquadramento territoriale del sito esaminato. Nei successivi riquadri si fa riferimento ad: *Aspetti ambientali e antropici interferenti* (G2); *Processi naturali e antropici* (G3); dati di *rilevamento dal punto preso a riferimento* (G4). Nel riquadro G5 è possibile fornire maggiori informazioni, in forma sintetica, allo scopo di poter fornire elementi utili alla rilettura dello stato dei luoghi. Il metodo utilizzato è indispensabile per osservare le variazioni periodiche dovute ad interventi antropici o naturali nell'arco del tempo, tornando sul posto per confrontare le medesime osservazioni in precedenza rilevate. Le schede

pennelli, barriere frangiflutti, ripascimento,) e non strutturali (codice delle buone pratiche per la pulizia degli arenili, delimitazione di aree destinate alla ricostituzione delle dune costiere...) da realizzare a difesa delle spiagge per una gestione sostenibile del territorio.

Una gestione delle zone costiere incentrata sulla sostenibilità può avere successo solo adottando una serie completa di strumenti giuridici ed economici, accordi, distribuzione di informazioni, soluzioni tecnologiche, ricerca, istruzione e formazione, così come già previsto in diversi documenti strategici adottati dalla Commissione Europea e dal Parlamento per una "Gestione Integrata delle Zone Costiere".

Interventi inseriti nei programmi complessi di terza generazione (PUC 3) progetto esecutivo per la sistemazione del parcheggio S. Felicissimo, primi interventi di messa in sicurezza e valorizzazione ambientale del piazzale - Comune di Nocera Umbra (PG)

Sandro Zeni

Geologo, libero professionista,
Studio di Geologia e Geotecnica,
Gualdo Tadino (PG)
E-mail: zenisandro@gmail.com

Interventions included in the third generation complex programs (PUC 3) executive project for the arrangement of the S. Felicissimo parking, first interventions for securing and environmental development of the square - Municipality of Nocera Umbra (PG)

Parole chiave: frana, stabilizzazione scarpata, ingegneria naturalistica, geologia ambientale

Key words: landslide, slope stabilization, naturalistic engineering, environmental geology

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

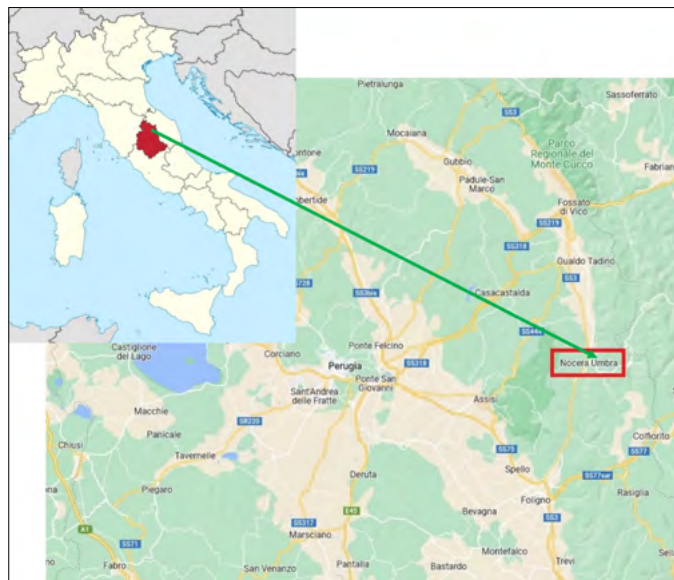
L'intervento è stato realizzato in Umbria (provincia di Perugia), comune di Nocera Umbra, località San Felicissimo.

PREMESSA

Su incarico del comune di Nocera Umbra è stato redatto dal sottoscritto un progetto definito-esecutivo finaliz-

zato alla riqualificazione urbanistico-architettonica ed ambientale, mediante il recupero di uno spazio pubblico all'aria aperta (piazzale) sottoutilizzato e degradato; al termine dei lavori, il sito sarà adibito a aree verde, parco e percorsi attrezzati. L'area interessata comprende la parte Est, limitrofa al Centro Storico di Nocera Umbra (PG), di S.Felicissimo. Il sito è stato oggetto di deposito di

riporti antropici che risalgono a 20-30 anni e che hanno modificato la morfologia locale da zona valliva ad un'area sub-pianeggiante ad uso un piazzale. Nel tempo, ma soprattutto dal 2015, la parte Sud dei deposito di riporto hanno manifestato evidenti fenomeni di stabilità con la formazione di due nicchie di distacco e relativo collasso delle terre (vedi Foto 1).



Area di San Felicissimo (zona cerchiata in rosso)





Foto 1. Individuazione area d'intervento e segnalazione delle nicchie di distacco

STATO DEI LUOGHI (ANTE-OPERAM)

Come si evince dalla Foto_1, l'area era adibita a piazzale. La porzione Sud, ove erano state realizzate le scarpate di riporto, presentava fenomeni di instabilità (n.2 frane) ed evidenti fenomeni di erosione lineare. Dalle indagini geologiche eseguite risultava che ex-valle è stata colmata con terreni prevalentemente di tipo limo argilloso con una bassa compattazione e aventi parametri geotecnici mediocri. Allo stato originario le terre erano state allocate con scarpate ad alto angolo comprese tra 40° e 50°, angoli che non sono in grado di garantire una stabilità a lungo termine. Tale stato di instabilità latente è stata ulteriormente aggravata dalla presenza di ristagni idrici a quota di 6-7 metri dal p.c. Il permanere di queste condizioni geologiche, geomorfologiche, idrauliche ed idrogeologiche ha determinato un continuo scalzamento al piede delle scarpate e un processo di erosione retrograda delle terre. Si è segnalata, quindi, la necessità di un intervento immediato di messa in sicurezza dei luoghi.

STATO DEI LUOGHI A LAVORI ESEGUITI (POST-OPERAM)

Lo spazio pubblico visionato presenta un evidente degrado ed instabilità

nella sua parte meridionale. Il progetto di riqualificazione urbanistico-architettonica e ambientale proposto ha puntato al recupero dell'area mediante un indirizzo a aree verde, parco e percorsi attrezzati. Per la stabilizzazione delle scarpate presenti nella porzione di valle del piazzale di S. Felicissimo (porzione oggetto di una intensa erosione lineare con relativi fenomeni franosi), vista la situazione geotecnica, geomorfologica e geologica dei terreni, si è intervenuto mediante metodologie di ingegneria naturalistica. Si sono proposte queste metodologie, in quanto, per l'ubicazione dei luoghi e per la loro forte valenza ambientale, tali soluzioni rappresentano il sistema meno "impattante" e il più rapido per il reinserimento dei luoghi al loro naturale uso. Inoltre, le tecniche di ingegneria naturalistica garantiscono la piena stabilità dei fronti presenti e la messa in sicurezza dell'intera area.

L'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica permette, anche, di poter destinare l'area, dopo gli interventi di stabilizzazione, ad un uso pubblico come parco ambientale e zona di svago, in quanto sono tecniche a basso impatto visivo e realizzate con materiali naturali e perfettamente compatibili con i luoghi. La progettazione e la sistemazione e valorizzazione dell'area, è stata divisa in due parti:

A) PRIMA PARTE

Stabilizzazione e messa in sicurezza dei luoghi mediante tecniche di ingegneria naturalistica:

1. Predisposizione di una nuova infrastruttura a rete per le acque meteoriche (bianche) che in futuro potrà essere messa a regime ed utilizzata dall'amministrazione comunale.
2. Profilatura e gradonatura a basso angolo dei terreni di riporto.
3. Realizzazione sui gradoni di berne per facilitare il rinverdimento e la manutenzione delle scarpate ed, inoltre, garantire la viabilità locale.
4. Regimazione acque meteoriche mediante scoline a monte e a valle dei gradoni e canalette prefabbricate trasversali.
5. Realizzazione di trincee e drenaggi per intercettare le acque sotterranee e d'infiltrazione.
6. Protezione all'erosione dei gradoni di base mediante scogliere, gabbionate e geostuoia.
7. Interventi di ingegneria naturalistica sui gradoni (fascinate, viminate ecc.), per facilitare l'attecchimento della vegetazione.
8. Realizzazione sulle scarpate di percorsi di collegamento tra le berne e il parco ambientale.
9. Esecuzione di idrosemina spinta sulle scarpate di progetto.

B) SECONDA PARTE

Sistemazione dell'area con destinazione a parco ambientale e svago:

1. Sistemazione a verde nell'area con piantumazione di specie erbacee, arbustive e arboree.
2. Realizzazione di *giochi per parchi pubblici e relativo* arredo urbano (panchine ecc.).
3. Realizzazione di una "sentieristica" locale per "passeggiate", delimitata da staccionate in legno.

CONCLUSIONI

I lavori sono stati iniziati a maggio 2021 e terminati a novembre 2021, attualmente l'area è pienamente usufruibile dai cittadini di Nocera Umbra.

N.B.

Se interessa sono disponibili le tavole di progetto con tutti i particolari costruttivi e gli elaborati geologici con relativi sondaggi, stratigrafie e verifiche di stabilità. Il rilievo plano-altimetrico

realizzato con drone in modalità 3D, nuvola dei punti e rendering; inoltre sono disponibili filmati di voli a lavori eseguiti.

Si allega alla presente:

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA FASI LAVORAZIONI



Movimenti terra e modellazione scarpate a basso angolo (da verifiche di stabilità)



Realizzazione drenaggi e condotte drenati



Realizzazione viminate e canalette per la regimazione delle acque piovane



Idrosemina spinta sulle scarpate



Messa in opera geostuoia sulla canaletta sommitale della scarpata e realizzazione staccionata



Idrosemina sulla geostuoia della canaletta sommitale



Realizzazione staccionate e piantumazione alberi del parco ambientale



Allestimento parco giochi



Foto area di fine lavori (ottobre 2021)



Inaugurazione del parco ambientale e dei giochi



Ortomosaico (volo drone 3D) dello stato dell'area prima degli interventi di riqualificazione



Orto-mosaico (volo drone 3D) dello stato dell'area dopo gli interventi di riqualificazione

TIPOLOGIA DI IMPIANTI

Starplast offre soluzioni efficienti ed economiche per il trattamento degli scarichi, il recupero e il riutilizzo delle acque, la realizzazione di impianti personalizzati e sistemi di sollevamento. La nostra forza è seguire il cliente passo dopo passo, "su misura", dalla progettazione dell'impianto alla gestione. Grazie ad un efficace sistema di post-vendita, garantiamo assistenza tecnica per la posa e l'avviamento e tutti gli interventi di manutenzione necessari.

Starplast è specializzata in soluzioni innovative per **la depurazione, il trattamento e il recupero dell'acqua** in ambito civile e industriale.

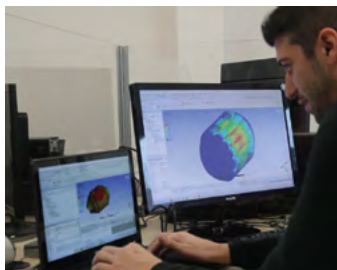
Le soluzioni Starplast sono realizzate in polietilene (PE) con la tecnica dello stampaggio rotazionale, a garanzia di atossicità e ad elevate performance tecnico-meccaniche e fisiche.

Starplast è al fianco di aziende, rivenditori e professionisti fornendo soluzioni progettuali, consulenza sulla scelta e l'installazione di impianti, per ogni tipo di esigenza.

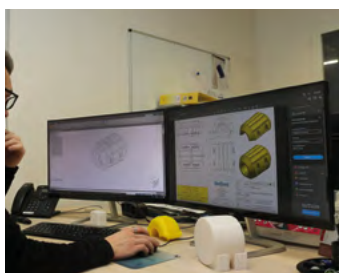
Siamo presenti in più di 10 paesi, con un servizio celere e professionale e la garanzia di certificazioni sempre in linea con tutte le normative nazionali ed internazionali.



**ANALISI DEL MERCATO
E CURA DEL CLIENTE**



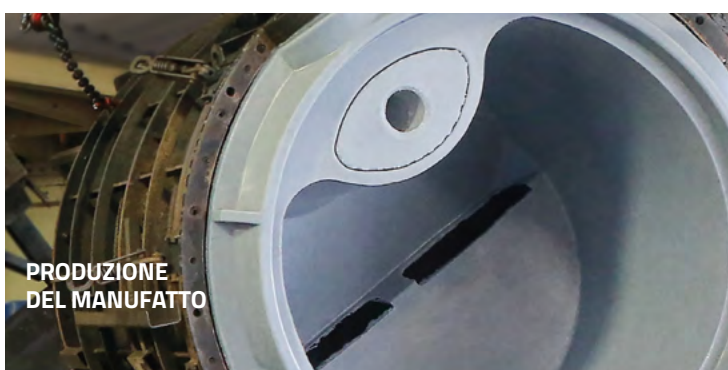
**"RICERCA E SVILUPPO"
CON ANALISI FEM**



**PROGETTAZIONE TECNICA
DELLO STAMPO**



**REALIZZAZIONE DELLO
STAMPO IN OFFICINA**



**PRODUZIONE
DEL MANUFATTO**



BIOLOGICO

Impianti di **DEPURAZIONE E TRATTAMENTO ACQUE** di scarico acque reflue domestiche e/o assimilate per attività, che garantiscono un abbattimento del carico inquinante secondo quanto previsto dalle Norme Ambientali.



METEORICO

Soluzioni per la **RIMOZIONE DEI MATERIALI SOLIDI**, delle plastiche e dei liquidi separabili dalle acque piovane di dilavamento. Sistemi di accumulo e restituzione a portata controllata contro i fenomeni di esondazione.



RECUPERO

Sistemi per l'accumulo, il trattamento e il **RIUTILIZZO DI ACQUE GRIGIE E PIOVANE** per un risparmio idrico potabile del 50% in edifici pubblici e privati.



IDRAULICA

Soluzioni smart e chiavi in mano per **IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO ACQUE** in genere e sistemi integrati per impianti di pressurizzazione antincendio.



SPECIFICI

Soluzioni in polietilene per **EDILIZIA, STRADALE, TRASPORTO GASOLIO E DRAGAGGIO**, con alta resistenza meccanica, agli agenti atmosferici e all'invecchiamento.

ADALTA

Soluzioni software per le Geoscienze



Adalta propone in Italia da più di 20 anni l'utilizzo di alcuni tra i più importanti software al mondo per l'innovazione tecnologica, la ricerca e lo sviluppo.

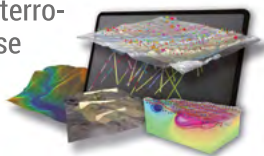
Centinaia di aziende private, istituzioni pubbliche, università italiane si avvalgono dei servizi di grandissima qualità offerti da Adalta: supporto nell'individuare il prodotto più adatto alle specifiche esigenze, consulenza e formazione per sfruttare al meglio le potenzialità del software.

Adalta ha selezionato nel proprio catalogo i seguenti software per rispondere alle necessità di geingegneri e geoscientisti.

Seequent - Oasis montaj

Il software leader per la modellazione di dati geofisici. Permette una comprensione avanzata della superficie sotterranea della terra e dell'ambiente marino.

All'interno di un unico dinamico ambiente 2D e 3D è possibile processare, mappare, interrogare e interpretare i dati, incluse indagini geofisiche, geochimiche e geologiche.



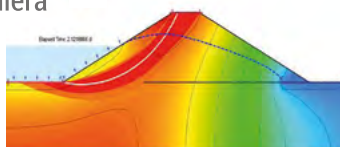
Seequent - Leapfrog

Permette di trasformare dati complessi in modelli chiari e di semplice interpretazione; la suite è articolata in 4 moduli che possono essere integrati per elaborare modelli 3D di dati geologici del sottosuolo, stimare le risorse, verificare e tracciare il modello.



Seequent - GeoStudio

Un modello, uno strumento, molte analisi! GeoStudio risponde in maniera completa a tutte le necessità di modellazione geotecnica e geoambientale.



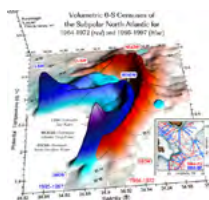
Seequent - Central

Consente di visualizzare, modificare, integrare e gestire i propri dati geoscientifici all'interno di un ambiente centralizzato monitorabile. È la soluzione ideale per condividere informazione in un team di tecnici o con i finanziatori del progetto.



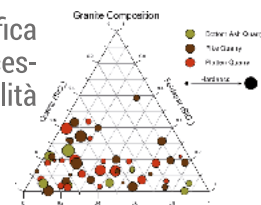
Golden Software - Surfer

Le potenti funzioni di mappatura, modellazione e analisi di Surfer aiutano a trovare le risposte alle domande più difficili e prendere decisioni consapevoli.



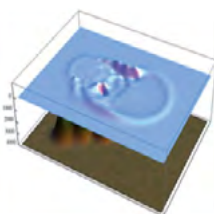
Golden Software - Grapher

Ottimo software tecnico di grafica scientifica per chiunque abbia necessità di creare grafici di grande qualità velocemente e facilmente.



Wolfram Technology

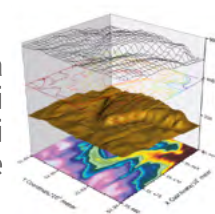
Simula le applicazioni di geoscienza con modelli completamente interattivi che incorporano un'elaborazione delle immagini all'avanguardia, dati geodesici integrati e la potenza di calcolo che solo Wolfram può fornire.



OriginLab - Origin Pro

Dai dati ai risultati.

È un software user-friendly e facile da apprendere che fornisce potenti funzionalità di analisi dei dati e di grafica scientifica di qualità, adatte alle esigenze di scienziati e ingegneri.



www.archimeter.it

Via Giovanni da Procida, 7
76012 - Canosa di Puglia (BT)

tel. +39. 0883. 887466
mob. +39 347. 4810454
info@archimeter.com



ARCHIMETER

High Precision Surveys SRL

AMBIENTE
ARCHEOLOGIA
ARCHITETTURA
INFRASTRUTTURE
REALTA' VIRTUALE

Laser Scanning
Aerofotogrammetria con Drone
Topografia
Modellazione 3D
Virtual tour
Rendering





**II SESSIONE
RISCHI AMBIENTALI**

SIGEA

FUTURI CITTADINI RESPONSABILI

Cammino Educativo di Responsabilità Civile e Ambientale



Cammino Educativo finalizzato alla Cura della Casa Comune e alla crescita della Consapevolezza di dover perseguire la Sostenibilità Ambientale. Un viaggio rivolto principalmente alle scuole di ogni ordine e grado al fine di far maturare una coscienza collettiva. Un itinerario di educazione alla responsabilità verso il futuro della vita sulla terra attraverso un percorso iterativo (SCOPRIRE - OSSERVARE - CONOSCERE - IMPARARE) sui grandi Temi Ambientali di BIODIVERSITÀ - CLIMA e DESERTIFICAZIONE - MACCHIA MEDITERRANEA - RISCHI AMBIENTALI- RACCOLTA DIFFERENZIATA.

MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use)

Carta delle Aree Sensibili alla Desertificazione in Sicilia
Pignone et al., 2009

scoprire

BIODIVERSITÀ

MAN.I.TE.SI. MANutenzione TErritorio Siciliano. Cammino Educativo finalizzato alla Cura della Casa Comune.

scoprire

BIODIVERSITÀ

A cura di CTS IRSSAT (Istituto di Ricerca, Sviluppo e Sperimentazione sull'Ambiente ed il Territorio)

CLIMA E DESERTIFICAZIONE

Calendario Ambientale 2019

1880 pagine in 11 Quaderni sul **Rischio Desertificazione in Sicilia**

osservare

S.A.N.A. Salute Ambiente Natura Alimentazione: nutrire il Pianeta, Energia per la Vita. Ispirato all'evento mondiale Expo 2015.

Imparare

Grado di copertura della superficie forestale italiana

prevenire

MACCHIA MEDITERRANEA

PROGETTO Carta dei Comuni Custodi della Macchia Mediterranea

MACCHIA MEDITERRANEA

La Macchia Mediterranea in Sicilia

patrimonio a rischio del 2017

STEM

Una società più resiliente

essere consapevoli

Rischi Naturali conoscerli per prevenirli

CON.I.RI. CONVivere con I Rischi naturali. Cammino Educativo finalizzato alla prevenzione e mitigazione del rischio sismico e idrogeologico.

RISCHI NATURALI

Scelgi di NON rischiare

Le scelte di Salvia

Un quiz per impararli giocando

scegliere

A cura di INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

www.futuricittadiniresponsabili.it
ceamessina@tiscali.it



Introduzione

Negli ultimi 30 anni la disciplina della Geologia Ambientale si è arricchita e sviluppata enormemente, con una ricaduta anche sul piano normativo che normalmente, purtroppo, non anticipa la realtà ma si configura a valle delle reali necessità e della presa di coscienza da parte del corpo politico, anch'esso molto spesso in affanno rispetto le realtà.

La SIGEA-APS invece ha avuto ed ha la capacità di anticipare, una visione particolarmente lungimirante che ad esempio ci ha portato ad attenzionare la materia delle “caratterizzazioni e bonifiche dei siti contaminati” già prima dell’emanazione del DM 471/99, svolgendo un intensa attività di formazione e divulgazione scientifica che non si è mai fermata in questi anni, con l’organizzazione di corsi professionali, convegni e la pubblicazione di monografie specifiche.

Ma non basta anticipare, bisogna anche saper rimanere focalizzati su tematiche che pur uscendo dal *main stream* rimangono ben presenti sul nostro territorio come ad esempio le problematiche legate all’amiante, o al dissesto idrogeologico che purtroppo tornano alla ribalta nei principali mezzi di informazioni solo durante l’ennesima emergenza.

Se ci soffermiamo sulla tematica dei “siti contaminati”, che rientra a pieno titolo nella geologia ambientale, l’industrializzazione del ventesimo secolo, unita dalla quasi totale assenza di una cultura ambientale, ci ha lasciato in eredità vaste porzioni di territorio degradate, anche in contesti limitrofi alle aree urbane, con il conseguente rischio per la salute umana ed in generale per l’ambiente.

Fortunatamente, nell’ultimo trentennio, di pari passo con la creazione e l’aggiornamento dell’impianto normativo (è di recente la riforma costituzionale che finalmente porta i temi dell’ambientalismo nei principi fondamentali della nazione) si è sviluppata progressivamente una cultura delle bonifiche ma permangono ancora zone d’ombra, ad esempio come non pensare alle situazioni di grave contaminazione in cui non si interviene per vizi amministrativi o mancanza di risorse oppure per contro l’accanimento verso situazioni di basso profilo, la lentezza dei procedimenti amministrativi con l’inosservanza talvolta dei tempi procedurali, oppure la sollevazione popolare per evidente ignoranza, verso opere di miglioramento ambientale.

I recenti avvenimenti (COVID, crisi climatica, guerra) e la presa di coscienza, oserei dire a livello globale, che un ambiente sano è una *conditio sine qua non* per lo sviluppo dell’umanità, non solo sul piano prettamente ambientale ma anche su quello politico, economico e sociale, è una condizione che storicamente non si era mai manifestata in modo così forte ed evidente, probabilmente perché la pressione negativa che l’uomo esercita sull’ambiente non è mai stata così forte come adesso.

Ma al contempo si è resa ancor più necessaria una comunicazione scientifica corretta, obiettiva ed approfondita, sgomberando il campo dalla pseudo-scienza ed è quello che la SIGEA-APS si sforza di fare da oltre 30 anni, un *work in progress* per una sana divulgazione scientifica ma anche come vettore per momenti di confronto, approfondimento tra gli organi politici, tecnico-scientifici, imprenditoriale e della società civile.

Daniele Baldi



Dott. Ing. MARTIN WEISS
Dott. Ing. HANNES WEISS
Dott. Ing. WINFRIED WEISS

Via Macello 65 - 39100 Bolzano

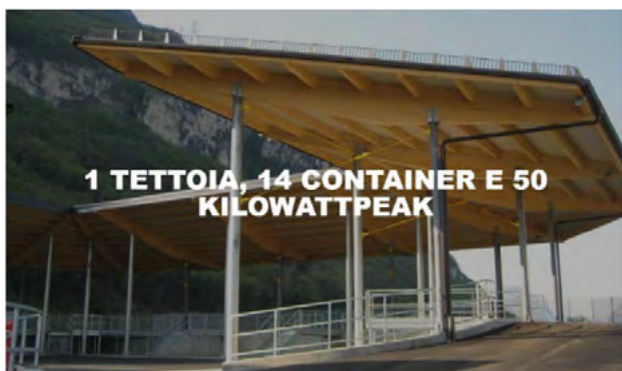
www.buroweiss.com

PENSIERO INTERCONNESSO
PROGETTAZIONE INTELLIGENTE
SOLUZIONI INTERDISCIPLINARI
ESPERIENZA DI OLTRE 40 ANNI

Per tutte le categorie tecniche offriamo il completo spettro delle prestazioni ingegneristiche.

Soluzioni a misura per le particolari esigenze dei committenti pubblici e privati.

Un pacchetto integrale fornito dal nostro studio tecnico.



Crisi climatica vera o presunta? I risultati delle analisi delle serie storiche più attendibili

Massimiliano Fazzini
 Coordinatore gruppo di ricerca sul
 rischio climatico (SIGEA-APS)
 E-mail: fzzmsm@unife.it

Real or imagined climate crisis? The results of the analyzes of the most reliable historical series

Parole chiave: crisi climatica, serie storiche
 Key words: climate crisis, historical series

Oramai, i fenomeni meteorologici sempre più estremi e ricorrenti fanno parte dei “discorsi da web”, proprio per questo motivo occorre cercare di dare all’utente informazioni scientificamente corrette e basate su numeri veri ed attendibili. Ma a causa dell’enorme con fusione derivante dalle più svariate fonti di notizie, spesso inattendibili o non corrispondenti a verità, occorre innanzitutto rammentare la differenza tra tempo e clima.

Il tempo meteorologo (weather) si identifica con lo stato istantaneo dell’atmosfera, descritto in termini di alcune variabili quali temperatura, umidità, nuvolosità, precipitazione, velocità e direzione del vento. Ha una dinamica giornaliera o di medio-breve periodo. Le previsioni meteorologiche hanno un’affidabilità che decresce significativamente dopo 2-4 giorni, dopodiché si deve parlare di tendenze.

Il clima (climate) è l’insieme delle condizioni del tempo atmosferico in una specifica località, rispetto ad uno specifico intervallo temporale che è estremamente più lungo di quello del tempo meteorologico. In termini strettamente fisici si tratta di un aggregato medio degli stati interni di un sistema, associati con misure della sua variabilità per un determinato intervallo temporale e con la descrizione delle interazioni che intercorrono con l’esterno (Peixoto e Oort, 1984). Ha una variabilità temporale e geografica molto più ampia, che deve essere valutata insieme ai fattori che lo governano.

Secondo la WMO, per definire correttamente, in maniera quantitativa il clima di una località, occorre analizza-

re una serie storica di dati omogenea e continua estesa nel tempo per almeno 30 anni. Attualmente il trentennio di riferimento (CliNo – Climate Normal) è il 1991-2020.

Fermo restando che i cambiamenti climatici ci sono sempre stati, nella storia del Pianeta, il riscaldamento climatico a cui assistiamo da circa 150 anni ed in particolare a partire dalla metà degli anni ’80 del XX secolo è statisticamente anomalo e quasi sicuramente “innescato” dall’attività ANTROPOGENICA S.L. Si parla di effetto serra antropico e si aggiunge all’effetto serra naturale. Con la rivoluzione industriale l’uomo ha rapidamente introdotto in atmosfera milioni di tonnellate di anidride carbonica e altri gas serra (in primis metano e protossido di azoto) portando la quantità di CO₂ presente in atmosfera al doppio rispetto ai minimi degli ultimi 700 mila anni (410-415 parti per milione rispetto a 200-180 parti per milione).

È probabile che tale si evidenzii oltre che nel *forcing termico*, soprattutto con l’estremizzazione dei fenomeni meteoroclimatologici: da una maggiore frequenza di nubifragi, picchi ed ondate di calore, grandinate, persino diffusi tornado, sino a lunghi periodi senza precipitazioni e a fasi di siccità climatica estese nel tempo. Tutto ciò ha caratterizzato ad esempio l’anno 2022 in corso.

Ma, numeri alla mano; come sta evolvendo il clima in Italia, in particolare durante l’ultimo mezzo secolo?

Evidentemente, anche senza andare a considerare le numerose analisi statistiche di cui disponiamo e di diversa fonte scientifica, tutti ci accorgiamo che le temperature sono aumentate in tutte le stagioni; in particolare nelle aree delle più grandi conurbazioni ed in generale nelle regioni più settentrionali. A livello statistico, Rispetto ai livelli preindu-

striali la **temperatura** media del nostro territorio è aumentata di circa 1,2°C dunque circa 2 decimi in più rispetto a quella globale; il Mediterraneo risulta essere il più importante hot spot climatico delle aree fortemente antropizzate, per via delle sue caratteristiche morfologiche, geografiche e, appunto di forte antropizzazione.

E tale aumento risulta essere circa doppio nelle nostre aree alpine di alta quota, a causa delle caratteristiche termiche dinamiche della bassa troposfera, con ovvie ripercussioni sui relativi sistemi morfoclimatici glaciale, periglaciale e boreale.

L’aumento termico medio si sta rivelando più intenso nel semestre caldo (tra maggio ed ottobre), tutto ciò, complementariamente alle condizioni meteorologiche medie che caratterizzano l’estate mediterranea – ovvero sia tutto il territorio posato a sud di un’ipotetica linea Genova – Pesaro), determinano una sempre minore disponibilità idrica sia di tipo idrologico, sia idrogeologico, così che nelle falde la qualità delle acque tende altresì a peggiorare.

Quanto alle **precipitazioni**, il segnale medio annuale continua ad essere malnoto; se osserviamo l’andamento delle cumulate annue, sembra evidente un segnale “neutro” ma aumenta mediamente la variabilità interannuale, mentre diminuisce in maniera estesa e localmente significativa il numero di giorni con precipitazioni. Ciò evidentemente si identifica con un incremento dei quantitativi di precipitazione che si verifica ad ogni evento. Numerosi studi, inoltre contempererebbero l’incremento della frequenza dei giorni con precipitazioni abbondanti (tra 30 e 50 mm) e dei fenomeni molto intensi di natura convettiva ma spesso non confermano un continuo “ritocco” delle soglie di ec-

cezionalità dei fenomeni orari, piuttosto che giornalieri.

Un segnale malnoto arriva invece dalle **neviccate**. Ad una diffusa convinzione che “non nevichi piu” si contrappongono alcune analisi statistiche che evidenzerebbero un calo delle cumulate e delle frequenza dei giorni nevosi sulle Alpi centro- occidentali, Valpadana, e Appennino ligure e settentrionale a cui si contrappone un lieve incremento della nevosità - pur con forti variabilità interannuali - sulle Alpi centro -orientali e sui settori appenninici centro meridionali. Un segnale omogeneo e negativo sarebbe invece evidente relativamente alla durata della persistenza del manto nevoso al suolo, con ovvie ripercussioni sulla disponibilità di acqua “stoccata” in forma solida nelle stagioni primaverili ed estive.

Aumenta infine la frequenza delle mareggiate, evidentemente dovuto alla maggiore frequenza ed intensità di ciclogenesi mediterranee, che, disponendo di maggiore energia derivante dal preoccupante surriscaldamento del mare, favoriscono tali fenomenologie che sempre più frequentemente rappresentano causa importante nell’incremento del rischio climatico. I numeri della crisi climatica anche se brevemente riassunti sono evidenti e fonte di preoccupazione. Occorre velocizzare in tempi brevi una politica di adattamento alla scala nazionale e locale per tentare, anche e soprattutto grazie allo sforzo del cittadino, di contenere se non annullare il rischio meteo-climatico associato a tale inasprimento delle fenomenologie, in un territorio che per altre varie motivazioni sta divenendo sempre più fragile e meno resiliente.



La problematica dell'amianto di origine antropica e naturale

Main issues concerning anthropic and natural occurring asbestos

Parole chiave: amianto, siti contaminati, sicurezza sul lavoro
Key words: asbestos, contaminated sites, workers safety

Federica Paglietti,
E-mail: f.paglietti@inail.it

Sergio Bellagamba,
E-mail: s.bellagamba@inail.it

Sergio Malinconico,
E-mail: s.malinconico@inail.it

Paolo De Simone
E-mail: p.de.simone@inail.it

Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL) - Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici, Roma, Italy.

La geologia ambientale è da anni impegnata nello studio dell'interazione tra le attività antropiche e l'ambiente fisico anche in aree ove sono presenti rocce e terre contaminate da inquinanti naturali. Tra questi si ricordano le fibre di amianto ed asbesto-simili (balangeroite, winchite, erionite, Flouro-Edenite, etc.) frequentemente presenti sia sulle Alpi che negli Appennini.

Le interazioni antropiche si riscontrano soprattutto in casi di manutenzione e gestione del territorio (riprofilatura dei versanti, ripristini ambientali, etc.) ma anche nello sfruttamento delle risorse in aree estrattive (cave, miniere) e per la creazione di nuove infrastrutture (tunneling autostradale o ferroviario). In tali contesti rimangono ancora aperte le questioni inerenti lo sfruttamento geologico e la sicurezza dei lavoratori nonostante siano passati 30 anni dalla messa al bando dell'amianto e nello specifico di ogni relativa attività di estrazione, lavorazione e commercio nel nostro Paese.

La presenza naturale di amianto (Naturally Occurring Asbestos, NOA) viene sempre più frequentemente rilevata rispetto al passato a causa dell'ampliarsi delle zone urbanizzate e della realizzazione di un maggior numero di infrastrutture.

Questo comporta impatti rilevanti in termini di sicurezza degli operatori e degli ambienti di vita. Solo attraverso un'azione di prevenzione e controllo attuata congiuntamente tra le Amministrazioni pubbliche coinvolte, geologi esperti della materia e Organi di vigilanza locali si possono evitare esposizioni indebite a tale agente cancerogeno e realizzare in tempi congrui le infrastrutture progettate che permettono un maggiore sviluppo del Paese.

È dunque necessario attuare procedure di intervento sito specifiche, uti-

lizzare tecnologie di telerilevamento che sfruttano sistemi multispettrali ed iperspettrali per la mappatura di suoli, materiali di scavo e/o di riporto contaminati ed impiegare nuove tecnologie e strumentazioni ad avanzata innovazione tecnologica che permettano di individuare il rischio direttamente on site ed in tempo reale (spettroscopie NIR, HSI, RAMAN, etc.). Ciò consente di effettuare tempestivamente una corretta valutazione dei rischi ed applicare tempestivamente misure di prevenzione e protezione efficaci.

BIBLIOGRAFIA

Gestione in sicurezza di suoli contaminati da amianto di origine antropica (INAIL 2022), ISBN 978-88-7484-721-1.

<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-gestione-sicurezza-suoli-contaminati-amianto.pdf>

Amianto naturale e ambienti di lavoro - Indicazioni operative per la prevenzione, (INAIL 2021), isbn 978-88-7484-682-5.

<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/pubbl-amianto-naturale-ambienti-di-lavoro.html>

LELLA CHECCHI, ORIETTA SALA (2019?), *Naturally occurring asbestos, la contaminazione naturale dei suoli/terreni: quali analisi, quali considerazioni*. *Geologia dell' Ambiente* 1/2019. ISSN 1591-5352.

ISPETTORATO NAZIONALE DEL LAVORO (2017), *Regole operative comuni per la costruzione in sicurezza del megatunnel sulla line ferroviaria Torino-Lione - Tratta transfrontaliera*.

TELT S.A.S. (2017), *Piano di sicurezza e coordinamento lato Italia - Parte generale*.

ROSSI L. et al. (2016), *Sistemi di protezione degli scavi a cielo aperto*. Volume Inail, ISBN 978-88-7484-494-4.

Modelli concettuali multi-sorgente: nuove frontiere 3D a supporto della strategia di bonifica di siti inquinati

Multi-source conceptual models: emerging 3D frontiers for polluted site remediation strategy

Parole chiave: geodatabase, modello 3D, strategia di bonifica, contaminazione, tecnologie sostenibili, idrogeofisica

Key words: geodatabase, 3D model, remediation strategy, contamination, sustainable technologies, hydrogeophysics

Le unicità idrogeologiche e le peculiarità chimico-fisiche influenzano le dinamiche di contaminazione e i meccanismi di decontaminazione nell'arena ambientale. Il lavoro sperimentale svolto in 2 siti inquinati in Italia, caratterizzati da diversi contesti geologici e differenti tipologie di inquinanti, enfatizza il contributo di un geodatabase multitemporale e multidisciplinare, nelle attività di gestione, rappresentazione e analisi integrata di dati eterogenei, per raggiungere una caratterizzazione ad alta risoluzione delle eterogeneità geologiche sotterranee, degli acquiferi e delle aree impattate da contaminazione. La ricerca ha l'obiettivo di dimostrare il contributo di un approccio che adotta multiple linee di evidenza per pervenire alla definizione di modelli concettuali robusti, alla valutazione dello stato di contaminazione e a una bonifica efficace di siti inquinati.

Un approccio multiscala è stato adottato per la creazione di un modello idrogeofisico 3D, che agisce come un efficace sistema di supporto decisionale in "tempo quasi reale", in grado di gestire e rilasciare dati durante le diverse fasi di bonifica, dalla caratterizzazione del sito fino all'applicazione dell'intervento di bonifica vero e proprio, il tutto consentendo all'utente di visualizzare, interrogare ed elaborare i dati nello spazio 3D. La costruzione di un modello concettuale multi-sorgente, arricchito delle informazioni derivanti dalle indagini LIF (Laser Induced Fluorescence), ERT (Electrical Resistivity Tomography) e piezometri multilivello, cattura le informazioni relative alla sfera idrogeologica in tutte le sue dimensioni. L'assemblaggio e l'integrazione dei dati provenienti

dalle diverse fonti sopra citate si sono rivelati indispensabili per la caratterizzazione e la costruzione di modelli tematici e numerici, la valutazione delle tecniche di intervento, l'identificazione di siti idonei per l'esecuzione di test pilota, l'implementazione dei test, il controllo e la valutazione delle condizioni operative a scala di campo, la progettazione e l'implementazione di interventi a scala piena.

Gli strumenti di modellazione 3D, I dati idrogeochimici e la caratterizzazione dettagliata del sito ad alta risoluzione in realtà virtuale rafforzano il modello concettuale del sito. Il modello guidato dai dati stabilisce una connessione tra le variabili ambientali, per ottimizzare il contributo di ogni aspetto a supporto della progettazione, dell'implementazione e della validazione di tecnologie di bonifica. Il geodatabase multi-sorgente armonizza la fusione dei dati, generando un modello concettuale digitale che può essere definito un ibrido. Il modello non esiste all'interno di un'interfaccia utente, il modello è l'interfaccia che supporta i processi decisionali. Il modello idrogeofisico e la banca dati tematica agiscono come strumenti integrati e continuamente aggiornabili, in grado di ottimizzare le indagini durante la fase di caratterizzazione, supportare la scelta delle strategie in fase di pianificazione, gestire e calibrare in corso d'opera le modalità di intervento secondo approcci innovativi durante la fase di bonifica. La ricerca evidenzia la necessità di una grande quantità di dati multi-sorgente per costruire un modello concettuale affidabile e ad alta risoluzione e per progettare strategie di bonifica mirate, efficaci e economicamente sostenibili.

Paolo Ciampi*
Carlo Esposito
Marco Petrangeli Papini
Università di Roma "La Sapienza"

Giorgio Cassiani
Università di Padova

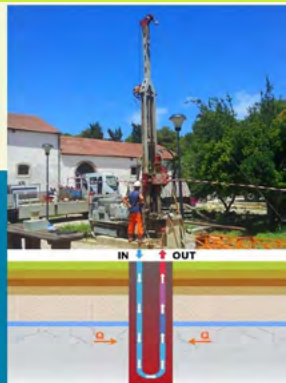
*E-mail: paolo.ciampi@uniroma1.it

BIBLIOGRAFIA

- CIAMPI, P., ESPOSITO, C., PETRANGELI PAPINI, M. (2019a), *Hydrogeochemical Model Supporting the Remediation Strategy of a Highly Contaminated Industrial Site*. Water 11(7), 1371. <https://doi.org/10.3390/w11071371>.
- CIAMPI, P., ESPOSITO, C., VIOTTI, P., BOAGA, J., CASSIANI, G., PETRANGELI PAPINI, M. (2019b), *An Integrated Approach Supporting Remediation of an Aquifer Contaminated with Chlorinated Solvents by a Combination of Adsorption and Biodegradation*. Appl. Sci. 9(20), 4318. <https://doi.org/10.3390/app9204318>.
- CIAMPI, P., ESPOSITO, C., BARTSCH, E., ALESI, E.J., PETRANGELI PAPINI, M. (2021a), *3D dynamic model empowering the knowledge of the decontamination mechanisms and controlling the complex remediation strategy of a contaminated industrial site*. Sci. Total Environ. 148649. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148649>.
- CIAMPI, P., ESPOSITO, C., CASSIANI, G., DEIDDA, G.P., RIZZETTO, P., PETRANGELI PAPINI, M. (2021b), *Field-scale remediation of residual light non-aqueous phase liquid (LNAPL): chemical enhancers for pump and treat*. Environ. Sci. Pollut. Res. 28, 35286–35296. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14558-2>.
- CIAMPI, P., ESPOSITO, C., CASSIANI, G., DEIDDA, G.P., FLORES-OROZCO, A., RIZZETTO, P., CHIAPPA, A., BERNABEI, M., GARDON, A., PETRANGELI PAPINI, M. (2022a), *Contamination presence and dynamics at a polluted site: Spatial analysis of integrated data and joint conceptual modeling approach*. J. Contam. Hydrol. 248, 104026. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2022.104026>.
- CIAMPI, P., ESPOSITO, C., BARTSCH, E., ALESI, E.J., NIELSEN, C., LEDDA, L., LORINI, L., PETRANGELI PAPINI, M. (2022b), *Coupled Hydrogeochemical Approach and Sustainable Technologies for the Remediation of a Chlorinated Solvent Plume in an Urban Area*. Sustainability 14, 10317. <https://doi.org/10.3390/su141610317>.



Contrada Le Reni n.c. - 70010 Valenzano (Ba)
Tel. 0804674369 - Fax 0804674702
info@cogeosrl.it - www.cogeosrl.it



TRIVELLAZIONI

Perforazioni a circolazione diretta e inversa.

Pozzi per acqua aventi un diametro fino a 800mm fino a profondità di oltre 1500 metri.

Sondaggi geognostici.

Dispensori catodici.

Prove di portata

IMPIANTISTICA

Impianti di sollevamento delle acque da falda.

Impianti elettrici.

Impianti di spinta e distribuzione delle acque.

Cabine di trasformazione.

Quadri elettrici.

Automazione impianti con telecontrollo.

VIDEISPEZIONI

Sistema per ispezioni televisive in pozzi del diametro minimo di 100 mm., rivestiti e non rivestiti, fino alla profondità di m. 1.000 dal p.c. con registrazione su DVD effettuate con telecamera a colori compatta ad alta risoluzione e testa orientabile.

GEOTERMIA

Perforazioni geotermiche.

Sonde geotermiche.

Impianti geotermici completi.

Pompe di calore a gas o elettriche.

L'uso integrato dell'analisi composizionale dei dati (CoDA) e della statistica multivariata per la comprensione dei pattern geochemici: il caso studio dei suoli della regione Campania

The integrated use of compositional data analysis (CoDA) and multivariate statistics for the understanding of geochemical patterns: the case study of the soils of the Campania region

Parole chiave: composizione chimica dei suoli, uso del suolo, associazioni geochemiche, analisi delle componenti principali, pericoli ambientali

Key words: soil chemical composition, land use, geochemical associations, principal component analysis, environmental hazards

Lucia Rita Pacifico, Annalise Guarino, Stefano Albanese*

Università degli Studi di Napoli Federico II. Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse

*Referente

E-mail: stefano.albanese@unina.it

INTRODUZIONE

I dati geochemici sono dati composizionali, storicamente definiti come vettori casuali con componenti strettamente positive la cui somma è, in teoria, una costante (es. 100, uno, un milione). I singoli vettori che, dunque, rappresentano parti di un tutto portano solo informazioni relative (Aitchison, 1986) e sono comunemente espressi come concentrazioni in mg/kg o percentuale di peso (wt. %).

È da tempo noto che, date le proprietà strutturali dei dati composizionali (inclusi i dati geochemici), l'applicazione ad essi di tecniche statistiche univariate e multivariate tradizionali non è indicata poiché si può incorrere nel problema delle correlazioni frutto proprio della struttura "chiusa" (Chayes *et al.*, 1971) che essi hanno. Spesso, infatti, non considerare la natura composizionale di un dataset porta a risultati errati e, conseguentemente, ad interpretazioni fuorvianti (Pawlowsky-Glahn & Buccianti, 2011) dei fenomeni/processi che essi rappresentano o di cui sono proxy.

Negli anni '80, Aitchinson propose e sviluppò delle tecniche per l'"apertura" e l'analisi dei dati composizionali basate sull'utilizzo di rapporti logaritmici come gli *additive-log-ratio* (*alr*) ed i *center-log-ratio* (*clr*), che consentirono di ovviare, almeno in parte, ai problemi riscontrati negli approcci statistici classici (Aitchison, 1986). Successivamente Egozcue *et*

al. (2003) introdussero un'ulteriore possibilità di trasformazione sotto il nome di *isometric-log-ratio* (*ilr*).

In seguito all'applicazione di queste trasformazioni i dati composizionali possono essere visti come veri e propri vettori in uno spazio campionario reale (illimitato ed aperto) ed è possibile applicare ad essi qualsiasi trattamento statistico univariato o multivariato senza il rischio di aberrazioni derivanti dall'originaria struttura composizionale.

Il lavoro di cui presentiamo i risultati si è focalizzato sull'utilizzo delle tecniche composizionali ai dati geochemici relativi ai suoli superficiali della regione Campania.

MATERIALI E METODI

Nello specifico, partendo dalle concentrazioni elementari determinate in 3571 campioni di suolo superficiale (*topsoil*) per 52 elementi chimici, a valle dell'apertura del dataset mediante l'uso di trasformazioni *log-ratio*, è stata realizzata un'analisi delle componenti principali (PCA) al fine di ridurre il numero di variabili mediante la loro associazione in gruppi ritenuti potenzialmente rappresentativi dei processi naturali e antropici che maggiormente condizionano l'ambiente superficiale del territorio regionale. I risultati della PCA sono stati restituiti graficamente mediante l'uso di *biplot* (Fig. 1) in cui i vettori rappresenta-

no gli elementi chimici e i punti i singoli campioni di suolo disposti nello spazio in funzione della loro affinità con le componenti principali. I campioni rappresentati, inoltre, sono stati associati, mediante simboli specifici, alle litologie ed all'uso del suolo prevalenti nell'area di campionamento. Inoltre, l'affinità di ogni campione per ciascuna componente, resa da punteggi definiti *score*, è stata spazializzata mediante mappe interpolate per supportare ulteriormente il processo interpretativo (Fig. 2).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le prime tre componenti individuate dalla PCA, raccolgono oltre il 70% della variabilità complessiva dei dati. L'osservazione dei *biplot* (Fig. 1) e della distribuzione spaziale degli *scores* (Fig. 2) prodotti sulla base della PCA mostra come:

- la prima componente (PC1) sia positivamente influenzata da elementi che si associano alla natura sia vulcanica che alluvionale e silicoclastica dei suoli campani (La, Ti, Sc, etc.) in contrasto ad elementi (come ad esempio Au, Hg, Ag, Sb, etc) che, per varie ragioni, sono marker dell'attività antropica (Aree urbane ed industriali) che si sviluppa prevalentemente in alcune aree costiere della piana campana (Fig. 1A, 1 B, 2A).
- La seconda componente (PC2) sia positivamente influenzata da ele-

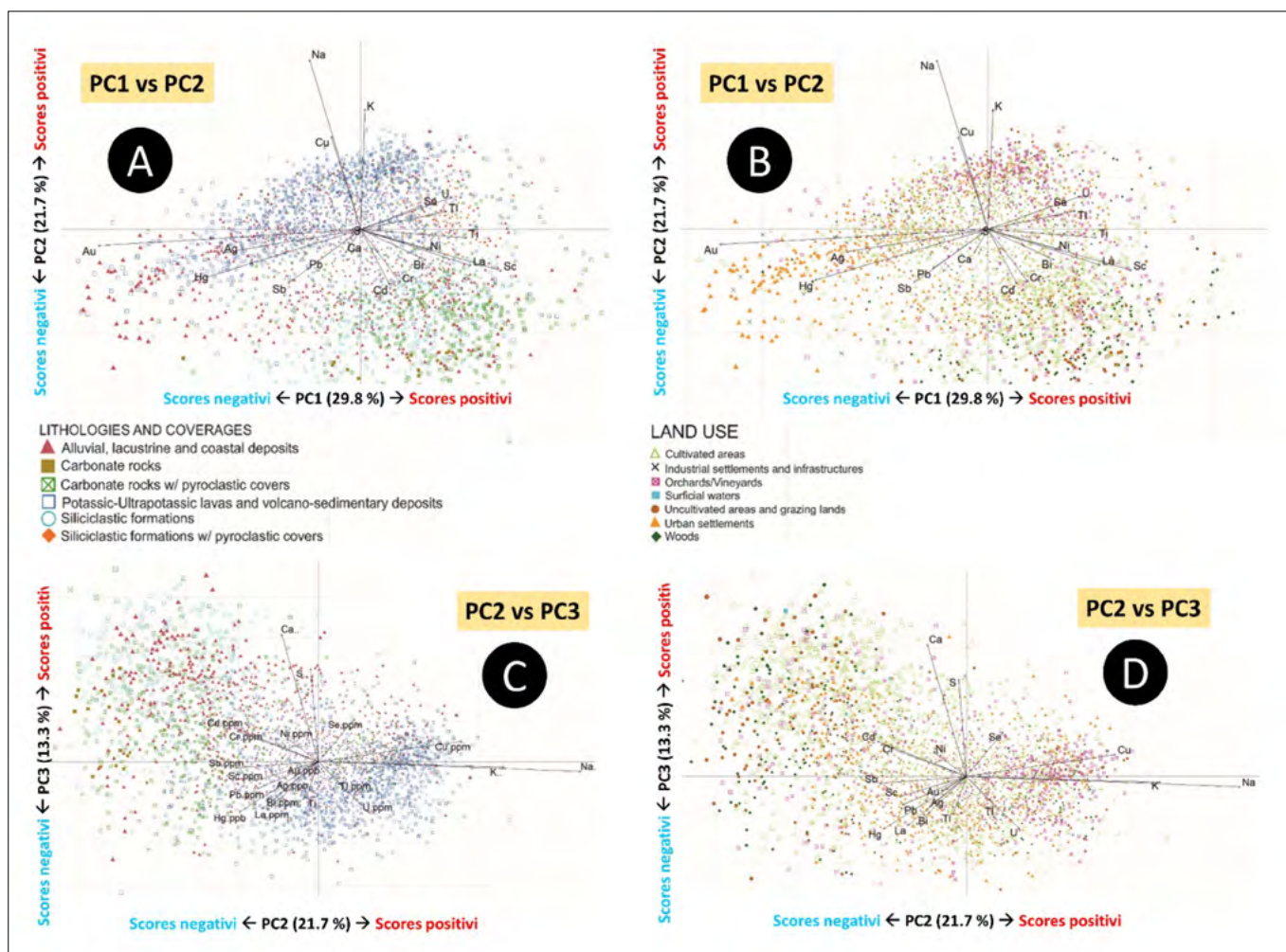


Figura 1. Biplot delle prime tre componenti principali (PC1, PC2, PC3). In A e B i campioni sono rappresentati in funzione delle litologie, in C e D in funzione dell'uso del suolo prevalente

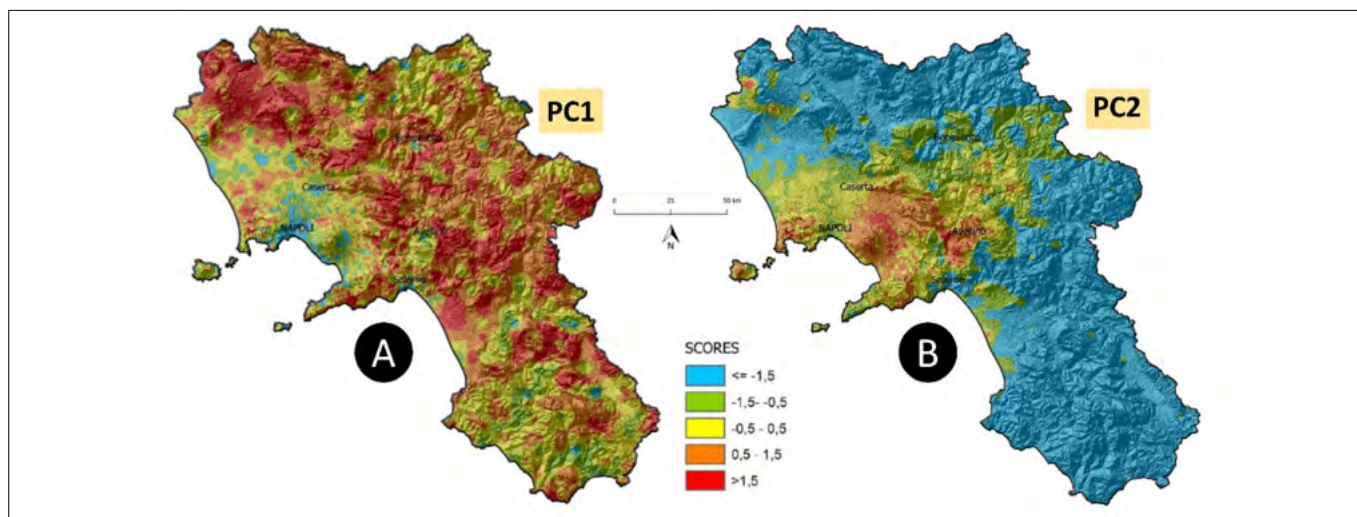


Figura 2. Distribuzione degli scores in funzione delle prime due componenti della PCA

menti tipicamente associabili a suoli sviluppatasi su lave potassiche e ultrapotassiche su depositi vulcanoclastici (soprattutto K e Na) spesso impegnati da frutteti e vigneti (a cui si associa il Cu) in contrasto a suoli sviluppatasi in corrispondenza di depositi alluvionali e silicoclastici e rocce carbonatiche ammantate da piroclastiti fortemente pedogenizzate, impegnati da usi diversi (Fig. 1, 2B)

- La terza componente (PC3) sia positivamente correlata alla presenza di granulometrie fini (argillose) e litologie silicoclastiche che tendono ad essere arricchite in carbonati di calcio e zolfo (Fig. 1C, 1D).

BIBLIOGRAFIA

AITCHISON, J. (1986), *The Statistical Analysis of Compositional Data. Monographs on Statistics and Applied Probability*. Chapman & Hall Ltd, London. Reprinted (2003) with

additional material by The Blackburn Press, Caldwell, NJ.

CHAYES F. (1971), *Ratio Correlation: A Manual for Students of Petrology and Geochemistry*. University of Chicago Press, Chicago, pp 90.

EGOZCUE, J. J., PAWLOWSKY-GLAHN, V., MATEU-FIGUERAS, G., BARCELO-VIDAL, C. (2003), *Isometric logratio transformations for compositional data analysis*. Mathematical Geology, 35 (3), 279-300.

PAWLOWSKY-GLAHN, V., Y, BUCCIANTI, A. (2011), *Compositional Data Analysis: Theory and Applications*. Wiley, Chichester, pp 378.

Il Rischio Radon: analisi, monitoraggio e tecniche di bonifica

Radon risk: analysis, monitoring and mitigation techniques

Parole chiave: radon indoor, monitoraggio, bonifica
Key words: indoor radon, monitoring, mitigation

Paola Tuccimei
Università degli Studi "Roma Tre"
E-mail: paola.tuccimei@uniroma3.it

Alessandra Briganti
Consiglio Nazionale delle Ricerche, IGAG
E-mail: alessandra.briganti@igag.cnr.it

Martina Mattia
Università degli Studi "Roma Tre"
E-mail: martina.mattia@uniroma3.it

Manuela Portaro
Università degli Studi "Roma Tre"
E-mail: manuela.portaro@uniroma3.it

Michele Soligo
Università degli Studi "Roma Tre"
E-mail: michele.soligo@uniroma3.it

RIASSUNTO

La valutazione del rischio radon e la definizione delle aree maggiormente esposte a questo gas vengono affrontate sulla base del monitoraggio del radon che si accumula negli ambienti chiusi (radon *indoor*) oppure considerando il potenziale geogenico del radon (Bos-sew, 2015).

Mentre il radon *indoor* è fortemente influenzato da fattori "esterni" altamente variabili (come condizioni meteorologiche, materiali da costruzione, piano dell'edificio, abitudini di vita degli abitanti, etc.), i parametri che descrivono il potenziale geogenico (come radon e contenuto di radionuclidi nel suolo/roccia, permeabilità del terreno etc.), mostrano una minore variabilità spaziale a livello locale. Per questo motivo, i fattori geogenici sono considerati robusti pre-

dittori della distribuzione spaziale del radon nell'ambiente, della sua presenza negli ambienti confinati e del rischio associato (Ciotoli *et al.*, 2017).

La valutazione del rischio radon nella pianificazione territoriale dovrebbe seguire dapprima studi di caratterizzazione generale (indagini di primo livello), cui far seguire localmente approfondimenti specifici (indagini di secondo livello), corredati da misure delle concentrazioni di radon e della permeabilità ai gas del suolo (Castelluccio *et al.*, 2012).

Nel caso di edifici già esistenti, si procede invece al controllo diretto dei livelli di radon indoor, cui far seguire appropriati interventi di mitigazione basati sulla ventilazione (naturale o forzata) degli ambienti, sull'uso di barriere anti-radon oppure di pressurizzazione delle abitazioni (*Fig. 1*).





un mondo che cresce

Earthwork opera nell'ambito dei siti contaminati e dei rischi ambientali mettendo al primo posto la tutela della salute umana. Così la tua azienda cresce insieme al mondo che la circonda.



Earthwork Professionisti Associati



www.earthwork.it



Earthwork

L'impatto antropico sulla geosfera, sulla biosfera e sulla nutrisfera

The anthropic impact on geosphere, on biosphere and on nutrisphere

Parole chiave: impatto antropico, geosfera, biosfera, nutrisfera
Key words: anthropic impact, geosphere, biosphere, nutrisphere

1. Preambolo. La storia di *Homo sapiens* inizia 4,5 miliardi di anni fa con la formazione del pianeta Terra e la conseguente evoluzione della geosfera, della biosfera, dell'antroposfera e della nutrisfera. Se condensiamo questi 45 milioni di secoli nella durata di tempo di una rivoluzione terrestre, ci rendiamo meglio conto di questo mirabile progresso evolutivo. L'uomo è entrato in scena solo in questo ipotetico anno solo alle ore 23,57 del 31 dicembre mentre la società consumistica solo qualche decimo di secondo prima delle 24.

E nonostante ciò ci sentiamo tanto potenti, importanti e presuntuosi.

Eppure solo con l'attività umana il pianeta sta vivendo un'era di pericolosi rischi ad effetto globale, umani e sociali nonché sanitari. L'impatto antropico seppur sostenuto dal pianeta solo da pochi anni si sta dimostrando tutta la sua aggressività nel procurare pericolosi rischi.

2. Gli impatti naturali. Il pianeta è stato fin dall'inizio sottoposto a impatti significativi. Asteroidi, vulcani, raggi cosmici, fulmini, alte temperature et similia. Successivamente l'evoluzione carboorganica e biologica poi la fotosintesi, che ha reso l'ambiente biologico a rischio mentre poi l'O₂ è risultato il motore energetico della bioevoluzione. Dopo la formazione delle fasce d'ozono si è potuta realizzare la colonizzazione della terraferma mentre l'impatto di un asteroide, circa 60 mln di anni fa, ha ricondotto indietro il corso dell'evoluzione biologica, dando spazio significativo ai mammiferi e poi all'uomo.

3. Gli spartiacque entropici. Una spartiacque entropico caratterizza la transizione da una fonte energetica in via di esaurimento ad una più disponibile anche se più "costosa" in termini termodinamici. Dopo il primo spartiacque entropico di circa 3 miliardi di anni fa (dal metabolismo anaerobico a quello ossidativo dei protoorganismi aerobi), si sono susseguiti altri spartiacque entro-

pici nel periodo dell'olocene/antropocene, di circa 10.000 anni fa a causa della transizione di *H. sapiens* da raccoglitore/cacciatore ad agricoltore/allevatore.

4. Gli impatti antropici. Il secondo spartiacque entropico, e tutti i successivi, sono di origine antropica. Da questo momento hanno origine rischi su molteplici settori planetari.

5. Da raccoglitore nomade.... ad agricoltore-allevatore stanziale.

L'uomo paleolitico viveva della raccolta di prodotti forniti spontaneamente dalla natura. Quando dopo l'invenzione delle prime armi da caccia e il conseguente aumento della popolazione l'approvvigionamento di alimenti e beni iniziava a scarseggiare, in alcune zone del pianeta fu praticata l'agricoltura con tutte le conseguenze di progresso e di regresso e fino l'attuale situazione socioeconomica e i rischi geologici, ambientali, sanitari e sociali.

6. ... allo spillover. L'inizio del neolitico, che portò in intimo contatto l'uomo con gli animali domestici, coincide con l'inizio dello spillover, cioè il passaggio di patogeni dagli animali alle persone, e delle zoonosi originate da prioni, virus, batteri, protozoi e metazoi.

7. ... alla nascita del villaggio, della scrittura, della divisione dei lavori, della stratificazione delle classi sociali, del denaro, del commercio, delle leggi e delle armi da conquista e via via di tutte le complessità della società in sviluppo.

8. ... all'uso del legno. Il legno era la materia prima quasi esclusivamente usata, intorno alla quale procedeva il progresso economico e sociale. La sua disponibilità durante i secoli andò però sempre più assottigliandosi sia per l'uso sempre crescente sia per la riduzione delle aree boschive a favore delle aree agricole.

9. ... all'uso dei combustibili fossili. Una tale situazione verso la fine del XVIII secolo fu causa di scarsità e insufficienza del legno tanto che avvenne

Antonio Senni

Biochimico, antropologo, nutrizionista

Tra l'altro già: Direttore generale del Ministero dell'Ambiente, Professore invitato presso la PUA (Pontificia Università Antonianum), Commissario straordinario per l'emergenza rifiuti in Campania, Commissario straordinario per il dissesto idrogeologico nelle Marche.

E-mail: a.senni@tiscali.it

una transizione energetica verso l'uso del carbone e successivamente di combustibili fossili, compresi i combustibili fissili. Ecco il terzo spartiacque entropico, il secondo antropo-entropico.

10. ... alla società industriale e ad un primo impatto ambientale. La maggiore disponibilità energetica concentrata nei combustibili fossili fu l'origine di un "blooming" demografico e tecnologico, che condusse alla società industriale caratterizzata da un maggior sfruttamento delle risorse naturali, un maggior inquinamento e dallo sviluppo incontrollato sempre più autocatalitico nel corso del XIX e XX secolo.

11. ... alla società consumistica energivora e ecodistruttiva. Più energia, più tecnologia, più beni di ogni tipo, conducono ad uno sfruttamento dell'ambiente naturale ed al suo crescente inquinamento. Dopo la II guerra mondiale questo impulso a sempre più smodati consumi ha comportato un forte impatto ambientale e un eccessivo consumo di risorse energetiche e minerali, evidenziando i rischi per lo sviluppo.

12. ... all'impatto ambientale non sostenibile. Tali eccessi consumistici travalcarono l'equilibrio del pianeta, la sua omeostasi fino a generare gli inquinamenti ad effetto globale quali principalmente le deposizioni acide, il "buco" dell'ozono, i cambiamenti climatici, da riscaldamento globale, l'infido dissesto idrogeologico e la desertificazione dei suoli.

13. ... alla crisi ambientale, energetica e di materie prime nonché economica e demografica. Nel XXI secolo la situazione ha iniziato a precipitare fino a raggiungere i livelli che stiamo vivendo in questi giorni; povertà, guerre, fame, emigrazioni di massa et similia.

14. ... alla crisi sanitaria. Tale modello socio economico ha inoltre posto le basi per uno stravolgimento degli aspetti sanitari e della qualità della vita. Si sono diffuse gravi nuove malattie, solo in precedenza appena presenti, quali le

patologie cronicodegenerative, ormai la prima causa di morte e le patologie autoimmuni, ormai inarrestabili. Lo spillover sta generando nuove zoonosi, l'ultima delle quali ha paralizzato il pianeta intero. E la sofferenza è diventata una compagna esistenziale.

15. ... alla crisi nutrizionale. La qualità della nutrizione scade sempre più come pure gli stili di vita. Gli alimenti sono prodotti solo a fini commerciali, sempre più ripieni di chemicals, del tossico glutine e di molecole xenobiotiche. L'obesità accompagnata dalle sue esiziali complicanze dilaga mentre la qualità della vita scade ogni giorno di più, a tal punto che gli psicofarmaci sono ormai le più impiegate medicine. La scorretta nutrizione origina più dell'80% della crisi sanitaria non solo in termini di morbilità ma anche di mortalità.

16. Un futuro più che minacciato. Già nel 1987 il Rapporto Brundtland "Our common future" aveva allertato i "grandi" del mondo ma tale monito non è servito a fermare il declino ambientale, sociale e umano.

17. Ragione, sentimento e coscienza. Mi son chiesto quale possa essere l'origine di tanta demenza politica e antropologica. E mi son costruito una ipotesi sulla base di una fondamentale considerazione evoluzionistica.

Perché dal Big bang alla comparsa di *Homo sapiens* tutto, cioè l'evoluzione fisica poi chimica poi geologica poi biologica poi l'ominazione almeno fino al paleolitico, ha funzionato secondo le leggi naturali in un processo strettamente evolutivo, omeostatico e secondo natura? Perché tutto questo si è interrotto, anzi si è involuto, a partire dal neolitico? Perché sembrerebbe che la natura abbia selezionato "coscienza, sentimento e ragione", peculiarità di *H. sapiens*, e le più alte espressioni e le più avanzate qualità della vita per poi spingerle contro la natura stessa?

È un controsenso, anzi un "non sense". Quindi le ragioni sono diverse e rientranti nelle leggi di questo universo.

18. *Homo sapiens*, l'unico vivente dal comportamento a volte contro natura. Pertanto le ragioni di tale squilibrio ecologico e antropologico devono essere ricercate nell'ambito della storia naturale dell'uomo, che finora troppo superbamente si è qualificato "sapiens" ma si sta comportando da un vero "insipiens".

19. *Homo sapiens*: una "incompiuta" evolutiva. La mia bizzarra ma non infondata ipotesi è la seguente: *Homo*

sapiens non è un vivente che non rispetta la legge dell'universo e, pertanto, si comporta, unico essere, contro natura. Egli è, invece, un vivente che non ha raggiunto ancora la completezza evolutiva, come per esempio i primi rettili che si stavano evolvendo in uccelli. In tale processo evolutivo gli stadi intermedi di evoluzione privavano il rettile delle sue peculiarità terrestri e non era ancora dotato delle ali che lo facessero volare. Si "imbrogliava", era vittima dei predatori e era un essere non in sintonia con la natura. Così *H. sapiens* ha perso la precisa "bussola" dell'istinto perché sempre in contrasto con le "ali" della ragione. Quando in un lontano futuro, (se ci sarà un futuro per l'evoluzione umana, viste le catastrofiche conseguenze planetarie e ambientali del suo schizoide comportamento), l'evoluzione avrà dotato *Homo* (solo a quel punto davvero "sapiens") delle giuste connessioni tra sistema limbico e corteccia cerebrale cioè tra istinto e ragione, solo allora *Homo sapiens* si conformerà alle leggi naturali e il suo futuro, e quello del pianeta, non sarà minacciato. Raggiungerà solo allora tutti gli obiettivi culturali, sociali, economici ed ecologici ad oggi solo aspirati

20. Quale futuro? Nonostante l'inadeguatezza dell'attuale livello evolutivo di *H. sapiens* e il lontanissimo obiettivo della sua completezza evolutiva, oggi molto si può fare per un futuro di speranza.

È solo una questione culturale e di platonica politica, di giustizia sociale planetaria, di giusta applicazione dei principi naturali e scientifici, scervi da interessi personali e di parte (o peggio ancora di partito politico) e soprattutto di prosaici interessi materiali e di profitto.

"*Historia magistra vitae*" anzi "*Historia vero testis temporum, lux veritatis, vita memoriae, magistra vitae, nuntia vetustatis*" ("la storia [evolutiva] è testimone dei tempi, luce della verità, vita della memoria, maestra di vita e messaggera dell'antichità"). Ed io aggiungerei "*securitas in posterum*" ("garanzia per un sereno futuro").

È una descrizione che Cicerone (*Cicerone (Cicero "De oratore, II,9") erige* della Storia universale, planetaria e antropologica, la quale, per la sua fondamentale importanza, insegna come regolarsi per l'avvenire. Bisogna analizzare il nostro passato, le vicende che hanno coinvolto il nostro Pianeta e il suo effetto più elevato, *H. sapiens*, e farne buon uso: cogliere gli aspetti positivi e identificare gli errori commessi. Questo perché se ignoriamo

il passato naturale, geologico, biologico, culturale e soprattutto evolutivo, ci sfuggerà il presente. E senza un presente, che futuro abbiamo? Passato, presente e futuro sono legati indissolubilmente, non solo perché si susseguono, ma perché si appartengono e ci appartengono.

Ecco allora che se riusciremo a cogliere alcuni insegnamenti della storia geobioantroposocioculturale evolutiva e della cultura, illuminata dalla moderna ma "onesta e libera" scienza e delle azioni quotidiane e apparentemente normali dei nostri avi, saremo in grado di perpetrare la speranza più consolatrice, che piano piano, si diffonderà tra le giovani generazioni e in un sicuro futuro, possibile ma che dobbiamo far divenire probabile.

21. Antropia. Sulla base di tali considerazioni mi son permesso di individuare un neologismo: Antropia per significare la consapevolezza dell'Uomo nella cura del proprio ambiente di vita e nell'interazione con i suoi simili, il suo agire responsabile alla ricerca di un benessere che deve garantire il mantenimento delle risorse naturali disponibili, per la presente e per le future generazioni. Antropia per significare il recupero da parte dell'uomo della *Spiritualità*, intesa come quella dimensione immateriale, che si rivela come pensiero, sentimento e volontà, e che deve essere posta alla base delle opere e delle azioni dell'uomo; dell'*Umanità* intesa come rivalutazione dei bisogni e dei valori dell'esperienza umana, della centralità dell'uomo nella realtà, come rivendicazione dei diritti umani, dell'esigenza di libertà e della dignità individuale; della *Naturalità* intesa come riconoscimento del complesso delle cose e degli esseri dell'universo, contenenti il principio costitutivo che ne stabilisce l'ordine e le leggi, della sacralità della natura, della sua stupefacente bellezza ed ingenuo incanto, della sua capacità generatrice e della sua fecondità.

Quale futuro? Un futuro senza alcun tipo di rischio ma denso di cultura antropica. Per il futuro di *H. sapiens* e del suo meraviglioso pianeta oggi purtroppo non possiamo che far valere la famosa espressione manzoniana "[Sarà vera gloria? Ai posteri l'ardua sentenza"]

Amianto naturale nell'area mineraria di Monteneve, Val Passiria (BZ): tecniche analitiche di identificazione e caratterizzazione mineralogica di Amosite (Cummingtonite-Grunerite)

Naturally Occurring Asbestos (NOA) in Monteneve mine area, Val Passiria (BZ): mineralogical characterization of Amosite (Cummingtonite-Grunerite) by multitechnical approach

Francesco Dellisanti*, Stefano Magurno, Michelangelo Polisi

ANALITICA - Laboratorio Analisi Mineralogiche e Ambientali - Via della Tecnica, 75 40068 San Lazzaro di Savena (BO)

E-mail: info@analitica-lab.it

*Corresponding author

Parole chiave: Amianto, tecniche analitiche per amianto, amianto naturale, anfiboli fibrosi, Amosite

Key words: Asbestos, analytical methods for asbestos, Naturally Occuring Asbestos, fibrous amphiboles, Amosite

INTRODUZIONE

Il problema Amianto è ormai noto da 30 anni quando nel 1992 è entrata in vigore la legge 257 che in Italia ne vieta l'estrazione, l'uso, la lavorazione e l'importazione in quanto cancerogeno se respirato (IARC, 2012). L'Italia è stato uno tra i primi paesi al mondo ad aver adottato una legislazione così restrittiva data la presenza di miniere di estrazione di amianto (vedi sito minerario di Balangero) e di alcune importanti aziende di produzione del cemento-amianto (Eternit di Casale Monferrato (AL), Fibronit di Bari etc.).

Amianto o asbesto è il nome commerciale che viene usato per indicare alcuni minerali silicatici a morfologia fibrosa appartenenti al gruppo del Serpentino, nel politipo Crisotilo e al gruppo degli Anfiboli: Riebeckite (Crocicollite), Cummingtonite-Grunerite (Amosite) Tremolite, Actinolite, Antofillite a cui si aggiunge la Fluoro-Edenite presente nelle rocce vulcaniche etnee di Biancavilla (CT) (Gianfagna & Oberti, 2001).

La presenza di amianto in natura è legata a successioni geologiche ofiolitiche che rappresentano sezioni di crosta oceanica e del sottosuolo del mantello, oppure ad aree di metamorfismo di basso-medio grado in cui si formano i minerali di Serpentino e di Anfiboli. I principali complessi geologici e litotipi in cui si possono rinvenire il crisotilo e

gli amianti di anfiboli, noti come NOA – *Naturally Occuring Asbestos*, sono Serpentiniti s.l., Anfiboliti, Gabbri, Basalti, Eclogiti, Breccie ofiolitiche etc. Questa tipologia di rocce può essere una possibile sorgente di dispersione di fibre sia per cause naturali quali agenti atmosferici e alterazioni superficiali che inducono la progressiva erosione, oppure per cause antropiche quali attività estrattive di minerali come vermiculite e talco con simile paragenesi agli amianti (Swayze *et al.*, 2018; Cavariani *et al.*, 2018) oppure scavi di gallerie e infrastrutture che possono coinvolgere successioni ofiolitiche e pietre verdi.

Trattandosi di minerali naturali la cui pericolosità è legata essenzialmente alla particolare struttura cristallina e conseguente morfologia, il riconoscimento di minerali di amianto e la determinazione della sua concentrazione nelle delle rocce necessita di un dettagliato approccio mineralogico, petrografico e geochimico all'interno di un contesto geologico ben caratterizzato.

Il presente contributo mostra un caso studio riguardante la dettagliata caratterizzazione di anfiboli fibrosi rinvenuti nell'area mineraria di Monteneve in Val Passiria (BZ).

MATERIALI E METODI

Il giacimento minerario di Monteneve chiuso nel 1985, si trova a un'altezza compresa tra i 2000 e i 2700 metri

tra i monti della Val Ridanna e la Val Passiria ed è costituito da corpi filoniani le cui mineralizzazioni principali sono costituiti da blenda (ZnS) e altri solfuri importanti quali pirrotina, calcopirite, galena argentifera, arsenopirite, a cui sono associati gli ossidi ilmenite e magnetite. I minerali di ganga generalmente presenti sono rappresentati da quarzo, carbonati, anfiboli, granati e miche.

La zona di campionamento si trova nell'area mineraria di *San Martino di Monteneve (Schneeberg)* (2360 m) (~ 250 m dal Rifugio Monteneve), alta Val Passiria (BZ). L'area ricade all'interno del basamento cristallino dell'Austroalpino superiore e in particolare all'interno del complesso Otzal-Stubai (Bargossi *et al.*, 2010).

Lo studio è stato condotto su campioni prelevati presso l'area della miniera di Monteneve per identificare e quantificare la presenza di minerali di amianto mediante tecniche analitiche riportate negli allegati al DM 6-9-1994, il quale rappresenta la norma tecnica di riferimento.

In particolare è stata eseguita la caratterizzazione minero-petrografica delle rocce su sezione sottile mediante microscopia ottica in luce polarizzata e trasmessa; l'analisi in diffrattometria a raggi X (XRD) e la microscopia elettronica a scansione con associata la microanalisi chimica a dispersione di energia (SEM-EDS).

RISULTATI

Lo studio in sezione sottile mediante microscopia ottica ha messo in evidenza una roccia metamorfica caratterizzata dalla abbondante presenza di granato di dimensioni centimetriche e di minerali opachi, presumibilmente ossidi e/o solfuri (Fig. 1a). Nelle zone di frattura del granato sono presenti cristallizzazioni di minerali di colore rossiccio essen-

zialmente opachi o poco trasparenti alla luce e riconducibili a ossidi e/o idrossidi di ferro. Ben evidenti sebbene di dimensioni nell'ordine delle decine/centinaia di micron vi sono cristalli di anfiboli da incolore a debolmente colorati fino a colorati di verde e leggermente pleocroici e in alcuni cristalli è visibile la tessitura fibroso-raggiata (Fig.1b). L'analisi mineralogica XRD riportata in Tabella 1,

mostra la presenza dominante di granato di tipo almandino, solfuri tipo pirrotina e sfalerite (blenda) ossidi e idrossidi di ferro (ematite, goethite e lepidocrocite), anfibolo tipo cummingtonite-grunerite e in modo subordinato caolinite, miche e calcite.

L'analisi XRD sebbene consente di identificare e quantificare la cummingtonite-grunerite dagli altri minerali appar-

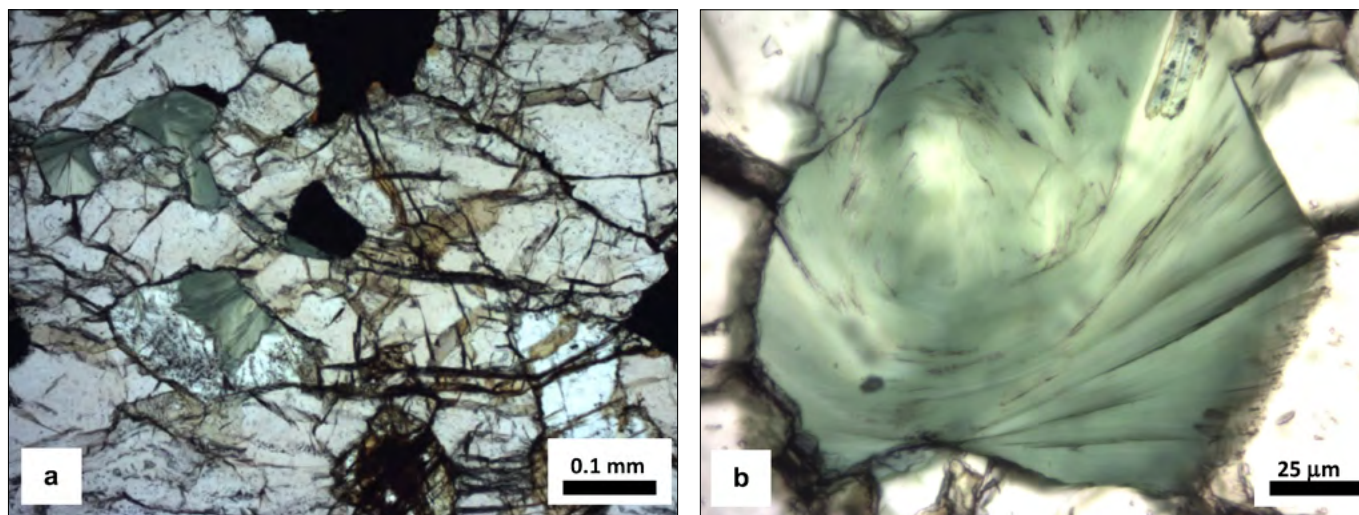


Figura 1. a) Immagine sezione sottile 10X ppl. Anfiboli verde chiaro pleocroici. b) Immagine sezione sottile 40X ppl. Dettaglio anfibolo morfologia fibrosa

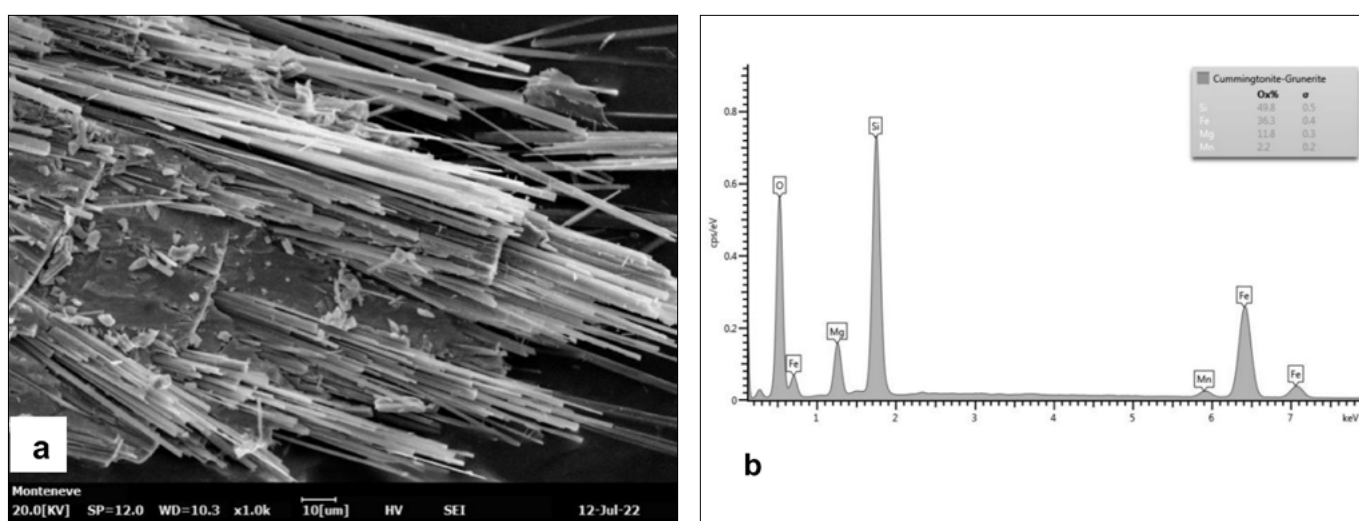


Figura 2. - a) Immagine SEM fibre di Cummingtonite-Grunerite SE 1000X 20kV. b) Spettro EDS fibre

Tabella 1. Composizione mineralogica mediante XRD

Minerali	%
Almandino	79.2
Pirrotina	5.4
Sfalerite	0.9
Cummingtonite-Grunerite	2.6
Goethite	6.2
Lepidocrocite	0.9
Ematite	0.7
Calcite	1.1
Caolinite	1.9
Miche	1.1

tenenti allo stesso gruppo degli anfiboli come tremolite, actinolite, antofillite etc, non permette di discriminare un minerale della serie cummingtonite-grunerite con morfologia fibrosa (amianto), dallo stesso minerale con identica struttura cristallina ma morfologia non fibrosa. Allo stesso modo la concentrazione in peso determinata si riferisce al minerale e non alla componente fibrosa, determinando inevitabilmente una sovrastima dell'amianto presente.

L'analisi in SEM-EDS ha permesso di identificare in modo più dettagliato la morfologia fibrosa e le caratteristiche tipiche dell'amianto (Fig. 2a) in cui si osserva che le fibre più grandi si posso-

no suddividere longitudinalmente in fibrille sempre più piccole con diametro < 3mm e lunghezza > 5mm e un rapporto lunghezza/diametro > 3:1, le quali rappresentano le caratteristiche che determinano la nota pericolosità cancerogena delle fibre di amianto. La microanalisi eseguita in EDS sulle fibre (Fig.2b) mostra una composizione chimica compatibile con l'amianto di amosite (serie cummingtonite-grunerite) e la presenza sia di Mg sia di Fe indica una composizione più vicina al termine di cummingtonite ((Mg,Fe)₇Si₈O₂₂(OH)₂). Inoltre, utilizzando le procedure tecniche indicate dal DM 6-9-1994, si è determinata una concentrazione di fibre di amosite del 2.1% che risulta leggermente inferiore alla concentrazione calcolata mediante tecnica XRD.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presenza di amianto naturale in Italia è ampiamente documentata dalla letteratura scientifica nelle successioni metamorfiche dell'arco alpino e nel settore appenninico nord-occidentale e in alcune aree dell'Appennino meridionale e si riferisce principalmente a crisotilo e tremolite, raramente è stata segnalata la presenza di actinolite e antofillite, mentre la presenza di amosite e crocidolite non è mai stata documentata. Pertanto, la segnalazione di amosite nell'area mineraria di Monteneve può contribuire ad ampliare e aggiornare la mappatura dell'amianto naturale (NOA) in Italia già ben documentata in una recente pubblicazione a cura dell'INAIL (2021).

Si sottolinea l'importanza di valutare la concentrazione di amianto naturale all'interno di successioni geologiche in aree di possibile attività estrattiva o di escavazione in galleria, in quanto sebbene presente in basse concentrazioni, eventuali attività di arricchimento durante i processi produttivi potrebbero portare a pericolose esposizioni per i lavoratori. Pertanto, risulta indispensabile insieme a valutazioni di igiene del lavoro affiancare una conoscenza geologica delle aree di rinvenimento di tali minerali e competenze specialistiche di tipo mineralogico e petrografico per poter applicare in modo appropriato tecniche analitiche che possono rilevare e dettagliare i minerali di amianto anche in basse concentrazioni.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

CAVARIANI F., BELLUSO E., SALA O. (2018), *Possibile presenza di amianti e minerali asbe-*

stiformi in miniere e cave attive. "Amianto un fantasma del passato o una storia infinita?" a cura di Minoia C, e Comba P.

DECRETO MINISTERIALE 6-9-1994, *Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2 della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.* Gazzetta Ufficiale 20 settembre 1994, Suppl. Ordinario n. 220.

GIANFAGNA A., OBERTI R. (2001), *Fluorocummingtonite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy): crystal chemistry of a new amphibole end-member.* American Mineralogist, 86.

IARC (2012), *Asbestos (chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite and anthophyllite), IARC monograph on the evaluation of carcinogenic risk to humans*, Vol. 100.

INAIL (2021), *Amianto naturale e ambienti di lavoro.* Collana Salute e Sicurezza.

LEGGE N. 257/1992, *Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.* Gazzetta Ufficiale del 13 Aprile 1992 – Suppl. Ordinario n. 87.

BARGOSI G.M., BOVE G., CUCATO M., GREGNANIN A., MORELLI C., MORETTI A., POLI S., ZANCHETTA S., ZANCHI A. (2020), *Note Illustrative della Carta geologica d'Italia 1:50000 foglio 013 Merano*, Provincia Autonoma di Bolzano.

SWAYZE G.A., LOWERS H.A., BENZEL W.M., CLARK R.N., DRISCOLL R.L., PERLMAN Z.S., HOFEN T.M., DARBY DYAR M. (2018), *Characterizing the source of potentially asbestos-bearing commercial vermiculite insulation using in situ IR spectroscopy.* American Mineralogist, 103.

Soluzioni verdi per la transizione ecologica

Green solutions for ecological transition

Valeria Ancona^{(1)*}, Giorgia Aimola⁽¹⁾, Paola Grenni⁽²⁾, Vito Felice Uricchio⁽¹⁾, Anna Barra Caracciolo⁽²⁾

⁽¹⁾ Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bari

⁽²⁾ Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Roma

*Autore referente

E-mail: ancona@irsa.cnr.it

Parole chiave: transizione ecologica, Next Generation EU, bonifica dei siti inquinati
Key words: ecological transition, Next Generation EU, Contaminated Site Remediation

La Transizione Ecologica è uno dei pilastri del progetto Next Generation EU e costituisce una direttrice imprescindibile dello sviluppo futuro. Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) prevede finanziamenti per promuovere un modello economico e sociale volto ad impiegare e valorizzare il capitale naturale nel pieno rispetto della sostenibilità ambientale. Particolare attenzione è rivolta alla salvaguardia della qualità dell'aria e della biodiversità del territorio attraverso la tutela delle aree verdi, del suolo e delle aree marine. In questo contesto si inserisce la bonifica dei siti inquinati (come i SIN – Siti di Interesse Nazionale e i cosiddetti Siti orfani) con lo scopo di riqualificare aree degradate, ridurre i rischi per la salute umana e restituire loro nuova vita. A tal proposito, è promosso l'utilizzo delle migliori tecnologie innovative di indagine e di intervento, dando spazio soprattutto alle *green technologies*.

Il Biorimedio fito-assistito (PABR – *Plant-Assisted BioRemediation*) è una economica tecnologia ecosostenibile volta a recuperare aree contaminate mediante lo sfruttamento delle capacità di specie vegetali di interagire con le comunità microbiche presenti nella rizosfera, le quali sono in grado di trasformare e degradare i contaminanti o favorirne la stabilizzazione e/o l'estrazione dalla matrice suolo (Cunningham e Ow, 1996) (Fig.1). L'azione sinergica tra piante e comunità microbiche si instaura per effetto del rilascio di essudati radicali (amminoacidi, composti fenolici e acidi organici, ecc) da parte delle piante. Questi importanti molecole migliorano le caratteristiche del suolo e le condizioni delle comunità microbiche autoctone, andandole così a stimolare nella loro abbondanza e attività, favorendone il metabolismo e, di conseguenza, pro-

muovendo l'innescio di processi di trasformazione/degradazione degli inquinanti. Questa tecnologia è idonea per la decontaminazione di siti colpiti da una vasta gamma di contaminanti, sia organici che inorganici (Vaajasaari e Joutti, 2006). Le specie vegetali devono essere opportunamente selezionate in base all'ambiente, al tipo di contaminante e alla loro capacità di tollerare diverse concentrazioni dell'inquinante sia nel terreno circostante che nei propri tessuti (Farid *et al.*, 2018). Inoltre, scegliendo specie vegetali ad accrescimento rapido e che producono un elevato quantitativo di biomassa, previ accertamenti analitici, è possibile destinare la biomassa vegetale prodotta da interventi PABR all'ottenimento di prodotti secondari, quali *syngas* e importanti prodotti chimici industriali (Aghaalkhani *et al.*, 2017; Ancona *et al.*, 2019; Angelini *et al.*, 2022), rientrando perfettamente nei propositi dell'economia circolare.

L'uso di ammendanti organici, come compost e biochar per il recupero di aree contaminate è stato testato per valutare le potenzialità di tali substrati organici nel migliorare le caratteristiche chimico-fisiche del suolo (capacità scambio cationico, assorbimento del suolo, azoto-fissazione, ciclo dei nutrienti), stimolare ulteriormente le comunità microbiche del suolo ed aumentare l'efficacia del PABR per la riqualificazione di siti contaminati (Barra Caracciolo *et al.*, 2015; Di Lenola *et al.*, 2020). Nelle applicazioni di biorimedio fito-assistito la scelta dell'ammendante deve tener conto delle caratteristiche del suolo e della tipologia dell'inquinante (Parraga Aguado *et al.*, 2015);.

Il compost è un prodotto stabile derivante dalla bio-ossidazione e umificazione di materiali organici di natura differente (rifiuti organici solidi, residui vegetali e fognari ecc.) ad opera di microorganismi (Huang *et al.*, 2016).



Figura 1. Interazioni tra gli essudati radicali delle specie vegetali e le comunità microbiche autoctone presenti nel suolo che danno il via ai processi che sono alla base della tecnica del PABR per il risanamento di aree contaminate

È comunemente noto il suo utilizzo in agricoltura per migliorare la struttura e la fertilità del suolo, la disponibilità dei nutrienti nonché la resa delle colture (Gopinath *et al.*, 2008; Huang *et al.*, 2016). Inoltre, grazie anche alla sua capacità di aumentare la biodiversità e l'attività delle comunità microbiche (Huang *et al.*, 2016; Barra Caracciolo *et al.*, 2015), è stato osservato che il compost può contribuire all'immobilizzazione dei metalli formando forti interazioni con cationi metallici e può stimolare i processi di degradazione dei contaminanti organici persistenti come i policlorobifenili (Ancona *et al.*, 2017, 2020; Di Lenola *et al.*, 2018, 2020).

Il biochar, materiale solido carbonioso ottenuto dalla pirolisi di materia organica di diversa origine, può migliorare la capacità di ritenzione idrica e di trattenimento dei nutrienti del suolo, aumentandone così l'assorbimento da parte delle piante e il loro successivo accrescimento (Wu *et al.*, 2019). Di conseguenza, il biochar può influenzare positivamente la comunità microbica. Ciò è osservato anche grazie alla natura porosa di questo composto carbonioso (Mukherjee e Zimmerman, 2013; Sajjad *et al.*, 2020), la quale può ospitare gli habitat idonei allo sviluppo dei microrganismi e, al contempo, essendo ricca in siti attivi permette l'adsorbimento di inquinanti sia inorganici che organici, come metalli pesanti, IPA e pesticidi (Sarmah *et al.* 2010; Novak *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2020).

Indagini di caratterizzazione degli ammendanti sono fondamentali per il riciclo di materiale organico da destinare al recupero di aree contaminate, soprattutto per via della diversa natura del materiale d'origine e i processi di formazione del composto finale, che ne determinano caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche differenti che hanno un ruolo sull'efficacia degli interventi di risanamento ambientale tramite tecniche PABR. Pertanto, al fine di identificare le più opportune soluzioni verdi per la riqualificazione ambientale è necessario valutare le caratteristiche sito-specifiche dell'area da bonificare, la natura dei contaminanti, nonché il tipo di ammendante più idoneo per consentire un rapido ripristino della qualità del suolo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AGHAALIKHANI, A., SAVUTO, E., DI CARLO A., BORELLO, D., (2017), Poplar from phytoremediation as a renewable energy source: gasification properties and pollution analysis. *Energy Procedia* 142, 924–931.
- ANCONA, V., BARRA CARACCILO, A., GRENNI, P., DI LENOLA, M., CAMPANALE, C., CALABRESE, A., URICCHIO, VF, MASCOLO, G., MASSACCI, A., (2017). Plant-assisted bioremediation of a historically PCB and heavy metal-contaminated area in Southern Italy. *New Biotechnol* 38, 65–73.
- ANCONA, V., BARRA CARACCILO, A., CAMPANALE, C., DE CAPRARIIS, B., GRENNI, P., URICCHIO, VF, BORELLO, D., (2019), Gasification treatment of poplar biomass produced in a contaminated area restored using plant assisted bioremediation. *J. Environ. Manag.* 239, 137–141. doi: 10.1016 / j.jenvman.2019.03.038
- ANCONA, V., BARRA CARACCILO, A., CAMPANALE, C., RASCIO, I., GRENNI, P., DI LENOLA, M., BAGNUOLO, G., URICCHIO, VF, (2020), Heavy metal phytoremediation of a poplar clone in a contaminated soil in southern Italy. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 95, 940–949. doi: 10.1002 / jctb.6145.
- ANGELINI, A., SCELSI, E., ANCONA V., AIMOLA G., PASTORE, C., (2022), Performic acid pre-treatment of poplar biomasses grown on a contaminated area for enhanced enzymatic digestibility: A viable route to obtain fine-products and recovery of contaminants. *Journal of Cleaner Production* 369 (2022) 133346.
- BARRA CARACCILO, A., BUSTAMANTE, MA, NOGUES, I., DI LENOLA, M., LUPRANO, ML, GRENNI, P., (2015), Changes in microbial community structure and functioning of a semiarid soil due to the use of anaerobic digestate derived composts and rosemary plants. *Geoderma* 245–246, 89–97.
- CUNNINGHAM, SD, OW, DW, (1996), Promises and prospects of phytoremediation. *Plant Physiol.* 110 (3), 715– 771. doi: 10.1104 / pp.110.3.715.
- DI LENOLA, M., BARRA CARACCILO, A., GRENNI, P., ANCONA, V., RAUSEO, J., LAUDICINA, VA, URICCHIO, VF, MASSACCI, A., (2018), Effects of apirolio addition and alfalfa and compost treatments on the natural microbial community of a historically PCB-contaminated soil. *Water Air Soil Pollut* 229, 143.
- DI LENOLA, M., BARRA CARACCILO, A., ANCONA, V., LAUDICINA, VA, GARBINI, GL, MASCOLO, G., GRENNI, P., (2020), Combined effects of compost and Medicago Sativa in recovery a PCB contaminated soil. *Water* 12, 860. doi: 10.3390 / w12030860.
- Gopinath, KA, Saha, Supradip MBL, Pande, H., *et al.*, (2008), Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 82, 51–60. doi: 10.1007 / s10705-008-9168-0.
- HUANG, M., ZHU, Y., LI, Z., *et al.*, (2016), Compost as a soil amendment to remediate heavy metal-contaminated agricultural soil: mechanisms, efficacy, problems, and strategies. *Water Air Soil Pollut.* 227, 359. doi: 10.1007 / s11270-016-3068-8.
- LIMA, IM, BOYKIN, DL, THOMAS KLASSON, K., UCHIMIYA, M., (2014), Influence of post-treatment strategies on the properties of activated chars from broiler manure. *Chemosphere* 95, 96–104.
- MUKHERJEE, A., ZIMMERMAN, AR, (2013), Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. *Geoderma* 193–194, 122–130.
- NOVAK, JM, IPPOLITO, JA, DUCEY, TF, WATTS, DW, SPOKAS, KA, TRIPPE, KM, SIGUA, GC, JOHNSON, MG, (2018), Remediation of an acidic mine spoil: miscanthus biochar and lime amendment affects metal availability, plant growth, and soil enzyme activity. *Chemosphere* 205, 709–718.
- PARRAGA-AGUADO, I., GONZÁLEZ-ALCÁRAZ, MN, SCHULIN, R., CONESA, HM, (2015), The potential use of *Piptatherum miliaceum* for the phytomanagement of mine tailings in semiarid areas: role of soil fertility and plant competition. *J. Environ. Manag.* 158, 74–84. doi: 10.1016 / j.jenvman.2015.04.041.
- SARWAR, N., IMRAN, M., SHAHEEN, MR, ISHAQUE, W., KAMRAN, MA, MATLOOB, A., REHIM, A., HUSSAIN, S., (2017), Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives. *Chemosphere* 171, 710–721. doi: 10.1016 / j.chemosphere.2016.12.116.
- SAJJAD, A., JABEEN, F., FARID, M., FATIMA, Q, AKBAR, A., ALI, Q, HUSSAIN, I., IFTIKHAR, U., FARID, S., ISHAQ, HK, (2020), Biochar: a sustainable product for remediation of contaminated soils. In: Hasanuzzaman, M. (Ed.), *Plant Eco-physiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives II*. Springer, Singapore. doi: 10.1007 / 978-981-15-2172-0_30.
- SARMAH, AK, SRINIVASAN, P, SMERNIK, RJ, MANLEY-HARRIS, M., ANTAL, JR., MJ, DOWNIE A., VAN ZWIETEN, L., (2010), Retention capacity of biochar-amended New Zealand dairy farm soil for an estrogenic steroid hormone and its primary metabolite. *Aust. J. Soil Res.* 48, 648–658. doi: 10.1071 / SR10013.
- SINGH, C., TIWARI, S., SINGH, JS, (2020), Biochar: A Sustainable Tool in Soil Pollutant Bioremediation. *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety*. Springer, Singapore, pp. 475–494. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-3426-9_19#citeas.
- VAAJASAARI, K., JOUTTI, A., (2006), Field-scale assessment of phytotreatment of soil contaminated with weathered hydrocarbons and heavy metals. *J. Soils Sediments* 6 (3), 128–136. doi: 10.1065 / jss2006.07.170.
- WU, B., WANG, Z., ZHAO, Y., GU, Y., WANG, Y., YU, J., XU, H., (2019), The performance of biochar-microbe multiple biochemical material on bioremediation and soil micro-ecology in the cadmium aged soil. *Sci. Total Environ.* 686, 719–728. doi: 10.1016 / j.scitotenv.2019.06.041.

Bonifica ambientale e sistemazione idraulica della Piana di Forino (Irpinia, Campania)

Environmental remediation and hydraulic systems of the Forino Plain (Irpinia, Campania)

Parole chiave: bonifica ambientale, sistemazione idraulica, Piana di Forino
Key words: environmental remediation, hydraulic systems, Forino Plain

Antonio Aquino^{(1)*}, Sabino Aquino⁽²⁾, Michele Ginolfi⁽²⁾, Renato Somma^(3,4), Alfredo Trocciola⁽⁵⁾

(1)MIUR

(2)Università Telematica Pegaso

(3)INGV Napoli

(4)ENEA Portici (Na)

*Autore referente

E-mail: ing.antonioaquino@gmail.com

RIASSUNTO

I recenti eventi meteorologici che hanno procurato episodi di alluvionamento e frane in diverse zone del nostro Paese hanno riportato, all'attenzione dell'opinione pubblica il problema della difesa territoriale sul rischio idrogeologico. Il denominatore comune, sempre richiamato in ogni circostanza, è l'imprevedibilità degli eventi naturali e, quindi, l'impossibilità di adottare misure preventive o comunque di programmare adeguate infrastrutture capaci di limitare, se non annullare, gli effetti di tali fenomeni.

I cambiamenti climatici, caratterizzati da lunghi periodi di siccità alternati a momenti di piogge di breve durata e forte intensità e la fragilità geologica, della nostra Penisola rendono non più rinviabili gli interventi di difesa del suolo. Va inoltre considerato perché in diversi casi, le varie tipologia di opere, realizzate con finanziamento pubblico per la messa in sicurezza del territorio si sono rivelate inefficienti e non risolutive dei problemi.

Il paesaggio Irpino è caratterizzato dalla presenza di numerosi bacini car-

sici endoreici (chiusi) che, per le loro particolari caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche, hanno sempre avuto problemi riguardanti la difficoltà di smaltimento delle acque superficiali e reflue con conseguenti fenomeni di inquinamento ed alluvionamento. Molto spesso, infatti, tali acque vengono immesse in inghiottitoi carsici che hanno una comunicazione diretta con falde basali come, ad esempio, nella *Piana del Dragone* nel Comune di Volturara Irpina, nella *Piana del Laceno* in agro di Bagnoli Irpini e nella *Piana del comune Forino* (Av).

Bisogna poi ricordare che tali bacini, negli ultimi anni sono stati oggetto di una pressante azione antropica connessa oltre che ad un notevole sviluppo sia in termini di densità abitativa che di attività industriali, anche all'utilizzo, per la pratica agricola, di concimi azotati ed anche per la non adeguata depurazione dei reflui urbani con conseguente aumento del potenziale carico inquinante. Tale sviluppo, in mancanza di una corretta ed oculata gestione del territorio, può arrecare danni all'ambiente. In Irpina, una rilevante e preoccupante criticità

connessa al rischio idraulico, non ancora risolta con adeguati interventi infrastrutturali è quella che interessa proprio la predetta Piana di Forino. Infatti, già da diversi anni gli abitanti della frazione "Celzi" del predetto comune, sono costretti ad affrontare i disagi procurati dagli eventi di allagamento a cui questo comprensorio è soggetto anche al verificarsi di precipitazioni non eccezionalmente intense e durature (*Fig. 1*). Nel presente lavoro che si è avvalso di uno studio di carattere idrogeologico condotto sull'intero bacino imbrifero della *Conca di Forino* vengono individuati alcuni interventi strutturali finalizzati alla risoluzione o anche alla mitigazione del danno.

IDROGEOLOGIA - CRITICITÀ AMBIENTALI - INTERVENTI STRUTTURALI

La Conca di Forino (*Fig. 2*), avente una quota altimetrica media di circa 350 mt. s.l.m. costituisce, con il suo bacino idrografico che si estende per circa ventidue chilometri quadrati, una delle più grandi aree a deflusso endoreico esistenti nell'Appennino Meridionale.



Figura 1. Eventi di allagamento alla frazione Celzi di Forino (Av)

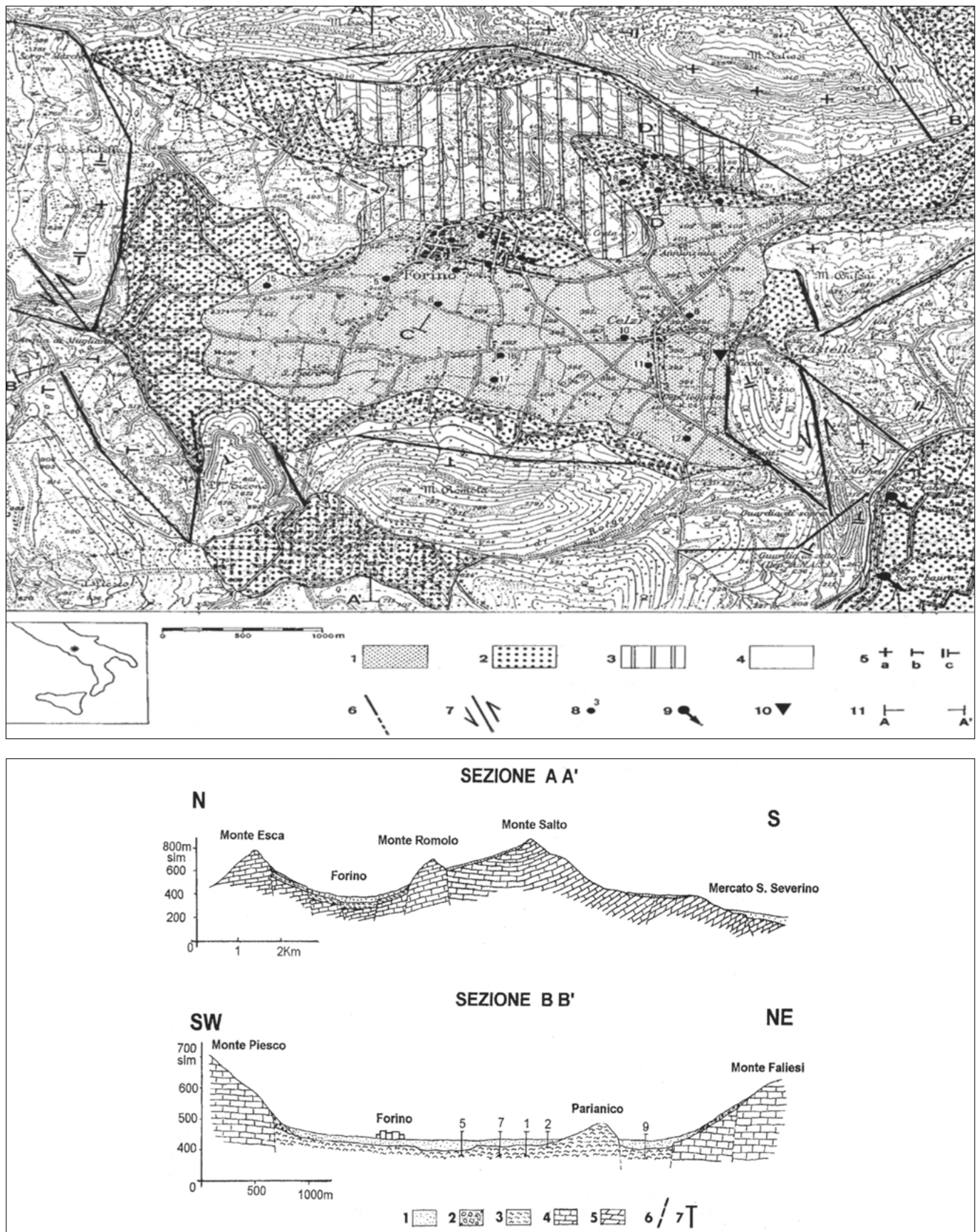


Figura 2. Carta geologica dell'area del bacino di Forino e relative sezioni geologiche schematiche. (da A. Santo, S. Aquino, M. Liguori & M. Galasso 1998)

L'acquifero piroclastico-alluvionale occupante la piana è sede di una falda idrica superficiale il cui deflusso è orientato da NW verso SE.

Tutte le acque di ruscellamento e d'infiltrazione efficace che defluiscono nell'ambito del bacino imbrifero di questa estesa superficie, sono drenate

nell'unico punto di assorbimento presente in zona e impostato su una frattura naturale.

Tale inghiottitoio, denominato "Celzi", si trova nella parte più depressa del bacino in direzione del suo margine sud-orientale. Poiché questa frattura naturale, non è in grado di assorbire e

smaltire tutte le acque che recapitano nel bacino, diversi ettari dei terreni che costituiscono la piana, sono occupati, durante la stagione delle piogge, dalle acque meteoriche.

Uno studio di carattere idrogeologico condotto sull'intero bacino imbrifero della Piana di Forino (A. Santo *et alii*

1999) che si estende per circa 22 km² ha permesso di accertare sulla base delle ricostruzioni piezometriche, che l'acquifero piroclastico-alluvionale occupante la piana è sede di una falda idrica superficiale il cui deflusso è orientato da NW verso SE.

Ad eccezione delle piccole sorgenti, in parte captate ma inquinate, di ridotta portata (non superiore al litro al secondo) presenti lungo il margine settentrionale della piana, tutte le acque di ruscellamento e di infiltrazione efficace che defluiscono nell'ambito del bacino imbrifero vengono drenate, insieme a quelle derivanti dallo scarico fognario dell'abitato di Forino, da un inghiottitoio ubicato nel settore sud-orientale della piana (in località Celzi) e da un complesso sistema di canalizzazioni carsiche posto in comunicazione con le sorgenti Laura e Labso che emergono nel territorio comunale di Montoro Superiore. Pertanto, tale piana costituisce una importante area di alimentazione idrica essendo tributaria, oltre che delle importanti sorgenti del Sarno, anche del bacino del Torrente Solofrana.

Nell'ambito della predetta ricerca di carattere idrogeologico per la verifica di un collegamento idraulico diretto tra l'inghiottitoio e le sorgenti Laura e Labso sono state eseguite prove sperimentali mediante l'utilizzo di traccianti. I dati acquisiti per la sorgente Labso hanno consentito di accertare il suddetto collegamento e di determinare un tempo di transito del tracciante (Cloruro di Sodio). Nessun tracciante invece è stato rilevato nelle acque della sorgente Laura. Da una prima stima dei volumi di acqua che affluiscono verso la zona interessata dal suddetto sistema carsico, si calcola una alimentazione mediamente pari a circa 0,35 m³/s. Solo una parte di tali volumi idrici (circa 0,10 m³/s) viene drenato dalle sorgenti Labso e Laura; la restante parte si disperde nella falda che ha recapito principale alle sorgenti di Sarno, poste ad alcuni chilometri di distanza.

È evidente quindi che lo scenario antropico e l'articolato sistema idrodinamico locale determinano un serio rischio di inquinamento, oltre che per le acque sotterranee locali (sorgenti Laura e Labso), anche per l'importante risorsa potabile dell'area sarnese. Allo stato, la regimentazione delle acque d'infiltrazione dell'intero bacino idrografico della piana è affidata a quattro vasche di laminazione e regolazione della portata idrica, realizza da oltre venti anni. Questi manufatti, oltre ad essere sotto-

dimensionati in rapporto all'estensione del bacino idrografico, sono soggetti a continua manutenzione per la presenza dei materiali terrosi trasportati dalle acque veicolate dai diversi torrenti nella piana. Senza poi considerare, che le acque raccolte in queste opere di accumulo idrico, per essere smaltite richiedono il sollevamento attraverso elettropompe con notevoli costi energetici.

Ma quali potrebbero essere le soluzioni progettuali in grado di evitare effettivamente l'allagamento della Piana? Sostanzialmente due.

La prima molto più economica consiste nel realizzare una batteria pozzi di grande diametro ubicati in corrispondenza della dorsale montuosa prospiciente l'inghiottitoio di Celzi. Tale idea progettuale si basa sul fatto che le predette trivellazioni, intercettando le cavità carsiche sotterranee, sarebbero in grado di assorbire rapidamente le acque corrivanti nella piana e smaltirle nel sottosuolo attraverso l'apparato carsico che si divulga nei massicci montuosi che bordano e circondano la piana. La ricostruzione dei circuiti carsici sotterranei e il grado di permeabilità della roccia dovrà essere verificata con l'ausilio di specifiche indagini e rilievi in modo da individuare correttamente l'ubicazione delle trivellazioni che dovranno costituire dei punti a elevato assorbimento delle acque superficiali.

La seconda soluzione economicamente più impegnativa per le opere a farsi è quella di realizzare un idoneo collettore idraulico della lunghezza di circa tre chilometri. Tale manufatto idraulico che, in relazione alle caratteristiche morfologiche dei luoghi d'intervento, dovrà essere costruito in parte con un canale a pelo libero e in parte con un collettore in galleria convogliata a gravità (senza alcun sollevamento) le acque della piana (fatte convergere con adeguate opere di regimentazione) nel punto più depresso della località "Celzi" al canale che riceve le acque di supero delle sorgenti Labso e Laura emergenti in agro di Montoro e da qui, tali acque, attraverso il reticolo idrografico sotteso, andranno a immettersi nel Torrente Solofrana. Inoltre, l'elevata vulnerabilità all'inquinamento della *Piana di Forino* impone la realizzazione di opere non più differibili. In particolare occorre sistemare e bonificare le aste fluviali che convogliano le acque d'infiltrazione nella piana e la zona ove è ubicato l'inghiottitoio carsico attraverso il quale le acque del bacino vengono immesse nella falda di base che alimenta, come già evidenziato, diverse

sorgenti. Va adeguatamente sistemata la rete fognaria con accertamento delle sezioni scolanti, la tenuta delle tubazioni e dei giunti, la capacità a smaltire completamente la portata addotta. Tutte le abitazioni gravanti su tale area vanno allacciate alla rete fognaria. Opere di adeguamento funzionale vanno effettuate sugli impianti di depurazione a servizio degli insediamenti urbani presenti nell'ambito dell'intero bacino imbrifero della piana.

Occorre inoltre procedere alla sistemazione idraulico-forestale delle pendici, al fine di rallentare il deflusso delle acque ed incrementare l'infiltrazione diretta nell'acquifero carbonatico, attraverso la realizzazione di briglie e lavori di riforestazione. Infine, occorre procedere alla riconversione da una agricoltura inquinante ad un tipo biologico.

Inquinamento dell'area mineraria di l'Ubietová (Slovacchia) e valutazione delle possibilità di bonifica

Pollution at l'Ubietová mining area (Slovakia) and evaluation of remediation possibilities

Parole chiave: discariche minerarie, metalli pesanti, drenaggio acido di miniera, potenziale di neutralizzazione, bonifica

Key words: dump-fields, heavy metals, acid mine drainage, neutralization potential, remediation

I più importanti effetti ambientali dovuti all'attività mineraria a l'Ubietová (Slovacchia) sono tuttora visibili anche nelle aree circostanti.

Per contribuire al miglioramento della qualità dell'ambiente e della vita della popolazione che vive in aree in cui si svolgevano le attività minerarie, sarebbe fondamentale migliorare la gestione dei rifiuti minerari, valutando in primo luogo lo stato dell'ambiente e l'impatto delle attività antropiche in tali aree. Le attività di indagine e di monitoraggio costituiscono dunque un passo molto importante attraverso cui è possibile identificare e valutare i potenziali rischi ambientali. I risultati possono essere utilizzati come base per migliorare la gestione delle aree minerarie nell'Unione Europea e per approfondire le possibili interferenze fra i danni ambientali e le condizioni di salute della popolazione locale.

L'area mineraria di l'Ubietová si trova nella parte centrale dei Carpazi Occidentali e, secondo Koděra *et al.* (1990), è stata sfruttata sin dal 1340, con un massimo sfruttamento fra il XV e il XVI secolo (Ilavský *et al.*, 1994). Il deposito più importante a l'Ubietová era quello di *Podlipa-Reiner*, nella parte orientale, in cui si trova una discarica mineraria di circa 2 km² di estensione, situata nel complesso cristallino del Permiano (che consiste in grovacche, arcosi, scisti e conglomerati).

L'ultima miniera dell'area venne chiusa nel 1915, e oggi presso questa antica area mineraria si possono vedere solo grandi discariche. L'attività antropica si è protratta per così tanto tempo da formare uno straordinario paesaggio minerario attorno a l'Ubietová, modificando fortemente l'aspetto originario

di parte del paese e dei suoi dintorni (Križáni *et al.*, 2002).

L'origine di questa miniera è stata ricondotta alla mineralizzazione vulcano-sedimentaria a Cu-(Ag-) geneticamente connessa al vulcanismo basico, intermedio e acido, e ad una mobilitazione dovuta a un'intrusione granitica avvenuta durante l'Orogenesi Alpina (Ebner *et al.*, 2004). La vena mineraria è caratterizzata da una paragenesi piuttosto semplice rappresentata da quarzo, siderite, calcopirite, Ag-tetrahedrite, arsenopirite, pirite, barite e rara galena.

La distribuzione dei metalli pesanti a l'Ubietová è irregolare, ed è controllata dalla loro concentrazione originaria nel suolo e nei sedimenti delle discariche minerarie, così come anche dalla loro capacità di migrazione e di assorbimento (Andráš *et al.*, 2013).

I metalli pesanti contenuti nei minerali contaminano le discariche minerarie, il suolo, le piante, nonché le acque superficiali, di drenaggio e sotterranee.

La composizione mineralogica dei sedimenti che compongono le discariche minerarie a *Podlipa* influenza la composizione chimica dei prodotti risultanti dalle reazioni specifiche di weathering dei minerali utili e di ganga. Le caratteristiche geochimiche dei sedimenti delle discariche minerarie, dei suoli, delle acque superficiali e di drenaggio influenzano il naturale sviluppo della vegetazione. Le analisi chimiche delle matrici ambientali hanno evidenziato come la presenza di ferro, rame, arsenico, cadmio e altri inquinanti determini una contaminazione ai sensi del Decreto 143/2003 Z.z. della Rep. Slovacca per i suoli agricoli.

Campioni di suolo e vegetali (*Pinus sylvestris* e *Quercus petraea*), sono stati raccolti sia dalle aree di discarica che

da aree di riferimento rappresentate da grovacche del Permiano, simili al materiale che costituisce le stesse discariche, al di fuori delle anomalie geochimiche dei metalli pesanti. Alcuni campioni d'acqua sono stati raccolti dal ruscello per poter analizzare come varia il contenuto di metalli spostandosi gradualmente verso valle dall'area mineraria.

Le piante che meglio si sono adattate alle specifiche condizioni delle diverse zone dell'area di studio mostrano diversi livelli di contaminazione nei loro tessuti (radici, rami/steli, foglie/aghi) o nei loro fiori/frutti (Andráš *et al.*, 2008, 2008a).

La concentrazione di metalli pesanti nelle piante presso le discariche minerarie di *Podlipa* decresce nel seguente ordine: Fe > Zn > Pb > Cu. Confrontando la contaminazione all'interno dei vari tessuti vegetali si nota che le concentrazioni più elevate di metalli pesanti sono presenti nelle radici, poi nelle foglie e negli steli. I fiori, i semi e i frutti mostrano le concentrazioni più basse. I tessuti delle piante risultano notevolmente danneggiati e gli anelli di crescita annuali risultano molto stretti.

L'indagine ha confermato importanti differenze fra le specie *Pinus sylvestris* e *Quercus petraea* (due specie tolleranti nei confronti dei metalli) nell'abilità di accumulare metalli nei loro tessuti.

Lo studio della contaminazione delle piante da parte dei metalli pesanti ha mostrato che le piante provenienti dalle diverse zone dell'area mineraria hanno un diverso livello di contaminazione a seconda dei tessuti considerati, e che l'intensità degli effetti della contaminazione di una pianta è proporzionale alla concentrazione dei metalli pesanti contenuti. I contenuti più elevati di metalli, trovati nel *Pinus sylvestris* e nella *Quercus petraea*, riguardano il ferro. Per *Pinus syl-*

Giuseppe Buccheri
INAIL, Napoli
E-mail: g.buccheri@inail.it

Peter András
CSc. - Univerzita Mateja Bela,
Department of Environmental
Management, Banská Bystrica
(Slovak Republic)

vestris, il contenuto di metalli decresce come segue: Cu > Pb > Zn > Ag > Ni > Co > As > Sb > Cd. Per *Quercus petraea*, il contenuto di metalli decresce come segue: Zn > Pb > Ag > Ni > Cu > Co > As > Sb > Cd.

I più alti contenuti di Cu, Zn, Pb, Ag, Cd, Ni, Co nel *Pinus sylvestris* riguardano gli aghi mentre per *Quercus petraea* riguardano le radici. L'argento è l'unico elemento che mostra i maggiori contenuti nelle foglie. Nelle aree di riferimento, i contenuti di Fe sono cinque ordini di grandezza più bassi che nelle aree di discarica, mentre quelli di Pb sono più bassi di un ordine di grandezza.

Per le specie vegetali studiate, sono stati calcolati i valori di BCF (Fattore di Bioconcentrazione) e di TF (Fattore di Translocazione).

I valori di BCF, calcolati per le specie studiate, indicano che le piante (specialmente le querce) si comportano da escluditori (BCF < 1) ad eccezione di Ag e Cd in *Pinus*. Campioni rappresentativi di entrambe le specie si comportano come accumulatori di argento. *Pinus sylvestris* è anche accumulatore di zinco e piombo.

Nella maggioranza dei casi i valori di TF indicano che, nelle specie di piante studiate, i metalli sono principalmente accumulati nelle radici e solo in rari casi vengono preferenzialmente translocati dal suolo alle foglie o agli aghi. L'accumulo più massivo di metalli negli aghi è stato rilevato per la specie *Pinus sylvestris*.

Lo studio del contenuto di metalli pesanti nelle acque superficiali, di drenaggio e sotterranee è stato effettuato sia durante i periodi secchi che durante quelli piovosi, ed ha mostrato che l'acqua è prevalentemente contaminata da rame, ferro e arsenico. I risultati delle analisi dell'acqua del ruscello che scorre lungo la discarica fino a raggiungere valle hanno mostrato sia contaminazione da metalli pesanti (a causa delle reazioni di weathering che coinvolgono i sedimenti delle stesse discariche) sia una differenza nel contenuto degli stessi a seconda della stagione considerata. Il pH varia fra 6.1 e 7.6 (dunque, vicino a valori neutri) sia nelle acque superficiali che in quelle sotterranee.

L'attitudine dell'acqua a precipitare rame di cementazione sulla superficie di ferro ha reso possibile la realizzazione di una barriera reattiva permeabile a ferro zero-valente per eliminare i metalli pesanti (Cu, Zn, Cd, As e altri) dalle acque di drenaggio e sotterranee. Aggiungendo dolomite ai piccoli frammenti di

ferro è stato possibile eliminare anche il ferro rilasciato dai processi di cementazione (Andráš *et al.*, 2012, 2012a).

La barriera installata a *Podlipa*, che non ha dato un impatto visibile sul paesaggio, si è dimostrata inizialmente efficiente nel rimuovere ferro e arsenico dall'acqua percolante (mentre non si è dimostrata altrettanto efficace nella rimozione di rame e zinco). L'efficacia della barriera durante il primo anno e mezzo dalla sua installazione è diminuita in maniera significativa per via della diminuzione dei reagenti (pellets di ferro e dolomite), che andrebbero periodicamente aggiunti.

I valori di concentrazione più elevati in assoluto sono stati rilevati sulle discariche minerarie.

Giacché l'acidità è prevalentemente dovuta al comportamento geochimico di alcuni minerali (soprattutto la pirite), sono stati calcolati gli indici che regolano la formazione del drenaggio acido di miniera (TAP, NP, NNP, NPR). Conoscere il TAP relativo alle discariche minerarie è stato importante al fine di poter valutare le possibilità di bonifica. Il TAP calcolato secondo Morin *et al.* (1997), varia da 0.625 a 13.125 (valore medio: 3.7).

Per poter definire il rischio legato alla produzione di acidità, è stato calcolato anche il Potenziale di Neutralizzazione (NP). I valori di NP, all'interno delle varie zone di discarica, variano da 0.66 a 127.1 kg·t⁻¹ (valore medio: 27.1 kg·t⁻¹ CaCO₃). I valori di Potenziale di Neutralizzazione Netto (NNP) e di Rapporto Potenziale di Neutralizzazione (NPR) mostrano un potenziale di formazione di drenaggio acido molto limitato (NNP = 1.42; NPR = 1.72), dunque il rischio ambientale associato può considerarsi trascurabile.

Si è ritenuto necessario calcolare tali indici poiché, nonostante il pH non sia così basso da facilitare troppo la migrazione dei metalli verso le matrici ambientali, lo studio condotto sulla speciazione di arsenico e antimonio, ha mostrato come nelle acque siano prevalenti le forme più tossiche e mobili As³⁺ e Sb³⁺ (mentre quelle meno tossiche, As⁵⁺ e Sb⁵⁺, sono presenti nei sedimenti), e ciò avrebbe potuto comportare un rischio ambientale laddove ci fosse stato rischio di formazione di drenaggio acido di miniera. Si è rilevato come le aree di discarica di *Podlipa* mostrino una certa capacità di autodepurazione in quanto gran parte dei metalli pesanti e di altre sostanze inquinanti vengono fissate nei materiali porosi, negli idrossidi di ferro e

nei minerali argillosi, dotati di una rilevante capacità di assorbimento (Andráš *et al.*, 2009).

Il rapporto Ca/Mg nei suoli di Lubietová è tipico delle rocce acide, e la correlazione negativa delle coppie di elementi Ca/Ag, Ca/As, Ca/Sb, Mg/Fe, Mg/Cu, Mg/Zn e Mg/Pb indica che il calcio e il magnesio inibiscono l'incorporazione dei metalli pesanti negli organi delle piante. L'incorporazione di metalli pesanti nelle piante è influenzata dai contenuti di calcio e magnesio o dal rapporto Ca/Mg nei complessi. A Lubietová, l'inibizione di rame, arsenico e uranio da parte del calcio è stata osservata nel *Pinus sylvestris*. Questa tendenza non è stata invece rilevata nel caso di nichel, piombo e zinco.

Dallo studio della biodisponibilità dei metalli pesanti a Lubietová si evince che le piante selezionate sono idonee all'applicazione della fitostabilizzazione. Si è tuttavia valutato che, in caso di interventi di bonifica tramite fitostabilizzazione, i metalli pesanti fissati potrebbero essere rilasciati e mobilizzati contaminando le matrici ambientali. Per tale ragione non è stato ritenuto opportuno interferire con il materiale di discarica, e ci si è fermati all'installazione della barriera di ferro zero-valente per le acque di drenaggio e sotterranee dopo aver caratterizzato gli inquinanti (da abbattere tramite reazioni redox), realizzando una mappa della contaminazione, del regime di scorrimento delle acque sotterranee e della geologia del luogo.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRÁŠ P., LICHÝ A., KRIZÁNI I., RUSKOVÁ J. (2009), *The heavy metal sorption on clay minerals and risk of the AMD formation at the Reiner and Podlipa dump-fields at Lubietová deposit (Slovakia)*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, October 2009, Vol. 4, n. 2, 133 – 146.
- ANDRÁŠ P., LICHÝ A., KRIZÁNI I., RUSKOVÁ J., J. LADOMERSKÝ J., JELEŇ S., HRONCOVÁ E., MATUŠKOVÁ L. (2008), *Podlipa dump-field at Lubietová – land contaminated by heavy metals (Slovakia)*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 2008, Vol. 3, n. 2, 5 – 18.
- ANDRÁŠ P., LICHÝ A., RUSKOVÁ J., MATUŠKOVÁ L. (2008a), *Heavy Metal Contamination of the Landscape at the Lubietová Deposit (Slovakia)*. World Academy of Science, Engineering and Technology 44, 2008.
- ANDRÁŠ P., TURISOVÁ I., KRŇÁČ J., DIRNER V., VOLEKOVÁ-LALINSKÁ B., BUCCHERI G., JELEŇ S. (2012), *Hazards of heavy metal contamination at Lubietová Cu-deposit (Slovakia)*. Procedia Environmental Sciences, 3-21.

- ANDRÁŠ P., TURISOVÁ I., LACKOVÁ E., KHARBISH S., KRŇÁČ J., ČMIELOVÁ L. (2013), *Environmental Risk Due to Heavy Metal Contamination Caused by Old Copper Mining Activity at Lubietová Deposit, Slovakia*. Energy and Environment Research; Vol. 3, n. 2; 2013. ISSN 1927-0569; E-ISSN 1927-0577. Published by Canadian Center of Science and Education; doi:10.5539/eer.v3n2p182; URL: <http://dx.doi.org/10.5539/eer.v3n2p182>.
- ANDRÁŠ P., TURISOVA I., MARINO A., BUCCHERI G. (2012a), *Environmental hazards associated with heavy metals at Lubietova Cu-deposit (Slovakia)*. Chemical Engineering Transaction, 28: 259–264.
- EBNER F., PAMIČ J., KOVÁCS S., SZEDERKÉNYI T., VAI G.B., VENTURINI C., KRÁUTNER H.G., KARAMATA S., KRSTIČ B., SUDAR M., VOZÁR J., VOZÁROVÁ A., MIOČ P. (2004), *Variscan Prefl ysch (Devonian–Early Carboniferous) environments 1:2 500 000: Tectonostratigraphic terrane and paleoenvironment maps of the Circum-Pannonian region*. Budapest: Geological Institute of Hungary, 125, ISBN 963-671-245X CM.
- ILAVSKÝ J., VOZÁROVÁ A., VOZÁR J. (1994), *Lubietová - štruktúrno-vyhľadávacie vrty Lu-1, Lu-2 a Lu-3*. Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra, 77 s., ISBN 80-85314-32-0.
- KRIŽÁNI I., JELEŇ S., HÁBER M., ANDRÁŠ P. (2002), *Mining territory near Banská Bystrica (Central Slovakia)*. In: 6th conference on Environmental and Mineral Processing, II, Environmental hazards. Životní prostředí a úpravnictví, Ostrava – Poruba, 475–484.
- KODĚRA M., ANDRUSOVÁ-VLČEKOVÁ G., BELEŠOVÁ O., BRIATKOVÁ D., DÁVIDOVÁ Š., FEJDIOVÁ V., HURAI V., CHOVAN, M., NELIŠERIVÁ V., ŽENIŠ P., FEJDI P., GREGOROVÁ Z., GREGUŠ J., HATÁR J., HVOŽĎARA P., CHOVANOVÁ M., JUDINOVÁ V., KAROLUSOVÁ E., ONDRUŠOVÁ S., ŠAMAJOVÁ E., VARČEKOVÁ A. (1990), *Topografická mineralógia 2*. Bratislava, Veda, vydavateľstvo SAV, 518 p.
- MAZÚR E., LUKNIŠ M. (1980), *Geomorfologické jednotky*. In Mazúr, E., ed. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK), pp. 54-55.
- MORIN K.A., HUTT N.M. (1997), *Environmental geochemistry of minesite drainage: Practical Tudory and case studies*. Vancouver: MDAG Publishing.
- ZÁKON č. 143/2003 Z.z. OF SLOVAK REPUBLIC (Law Decree 143/2003), *ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 152/1996 Z.z. o základných sadzbách odvodov za odňatie poľnohospodárskej pôdy z poľnohospodárskeho pôdneho fondu v znení neskorších predpisov*.

Bonifica e messa in sicurezza delle discariche di Castelfirmiano a Bolzano, con posa in opera di manti minerali di incapsulamento dei rifiuti su pendii molto ripidi

Lorenzo Cadrobbi
GEOLOGIA E AMBIENTE Bolzano
E-mail: lorenzocadrobbi@gmail.com

Hannes Weiss
BUROWEISS Bolzano
E-mail: h.weiss@buroweiss.com

Remediation and safety of the landfills of Castelfirmiano in Bolzano, with installation of mineral encapsulation layers of waste on very steep slopes

Parole chiave: discariche rifiuti, bonifica, messa in sicurezza, incapsulamento
Key words: landfill, remediation, safety measures, encapsulation

Nella zona di Bolzano, alla fine del secolo scorso, fino all'attuazione della direttiva 1999/31 relativa alle discariche di rifiuti (D.L. 13 Gennaio 2003, n°36), esistevano tre siti contaminati non bonificati:

- La **"Vecchia Discarica"** a Ovest / Nord Ovest di Castel Firmiano;
- La **Collina "Bolzano Sud"**
- La **"Nuova Discarica"** (Bolzano 1) a Sud del Castel Firmiano.

Il sito inquinato denominato **"Vecchia discarica"** di Castelfirmiano si trova nel territorio del Comune di Bolzano dove sono stati conferiti, negli anni del dopoguerra fino agli anni 60 del secolo scorso, **332.000 m³ di rifiuti inorganici misti**: industriali, artigianali, nonché materiali di demolizione e scavo. All'inizio degli anni 90, facendo riferimento alle tecniche in uso in Germania per la messa in sicurezza delle discariche, è stata posta in opera sulla superficie piana dei rifiuti depositati, una guaina in HPDE ricoperta poi da terreno naturale, ma non sui pendii.

La realizzazione della **Collina "Bolzano Sud"** è stata iniziata nel 1950 come discarica per rifiuti pericolosi destinata a macerie da demolizione industriale, scorie di altoforno e, in luoghi confinati morchie e fanghi provenienti dall'attività dell'Azienda del Gas. Questo succedeva senza le misure tecniche per la tutela dell'ambiente necessarie e prescritte dalla normativa odierna, che allora non esisteva. La superficie occupata dalla collina di rifiuti ammontava a ca. 2,5 ha.

La **"Nuova discarica"** di Castelfirmiano **Bolzano 1**, si trova ca. 200 m a sud di Castel Firmiano, il quale è ubicato sopra Frangarto sul cosiddetto Mon-

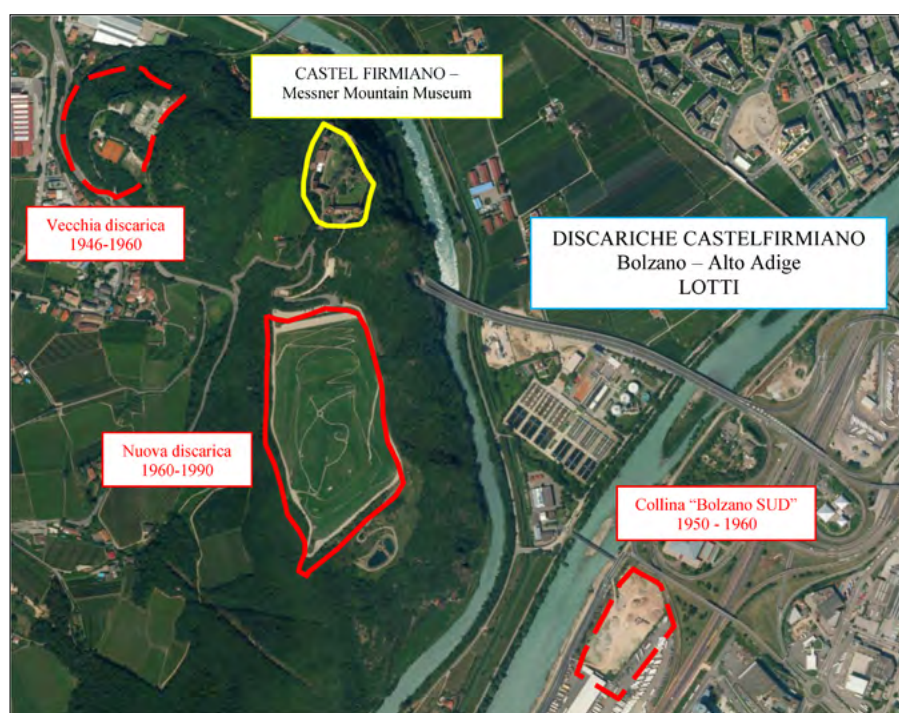
te Imperiale, ove attualmente ha sede il **"Messner Mountain Museum"**. Nel periodo di gestione, dal 1960 al 1990, sono stati depositati, su un'area di 8 ha, ca. 1,5 Mln di m³ di rifiuti misti di tipo urbano, industriale, commerciale, come anche macerie da demolizione e materiale di scavo. Per la svariata composizione delle sostanze che si sono accumulate nel corso dei decenni, si sono verificati effetti negativi sull'ambiente causati dall'emissione di queste sostanze.

All'inizio degli anni 2000, dopo l'entrata in vigore della legge 36, data la vicinanza dei siti Nuova Discarica e Collina Pasquali, la Giunta Provinciale decise un'unica misura di bonifica dei siti, che comprendeva il risanamento

della **"Nuova Discarica"** Bolzano 1 a Castelfirmiano e l'asporto e lo smaltimento della **"Collina Bolzano Sud"** all'interno della discarica dei materiali meno pericolosi mentre, quelli più inquinati da IPA, sono stati conferiti in Germania.

L'intervento è stato ultimato nel 2011 e ha comportato: la captazione e lo smaltimento dell'emissioni liquide e gassose, l'impedimento della riformazione di sostanze inquinanti mediante l'incapsulamento (impermeabilizzazione della superficie) del corpo di rifiuti e il monitoraggio periodico dell'efficacia delle diverse misure di risanamento.

Inoltre l'area è stata riprofilata e rinverdita per motivi tecnici e paesaggistici (vedi immagini sottostanti).



Ubicazione dei siti

La morfologia naturale del territorio dell'area di Castelfirmiano ove sono ubicati i siti, presenta versanti rocciosi porfirici contornati alla base da depositi detritici ad elevata pendenza. Per poter quindi avere una riprofilatura dei materiali in modo da ricostruire una morfologia correttamente inserita nel paesaggio locale, era quindi necessario riprofilare e porre in opera i rifiuti con versanti con pendenze dell'ordine dei 30°.

Al fine di avere una corretta parametrizzazione geotecnica dei rifiuti sono stati eseguiti sui tre siti una serie di sondaggi che hanno rilevato, al di sopra del substrato roccioso porfirico impermeabile, la presenza non di rifiuti solidi urbani, ma di scorie provenienti dalla

zona industriale di Bolzano (Acciaieria, area Magnesio, area Alluminia e Officina del Gas), frammisti a materiali di demolizione edilizia. Come si è potuto osservare dagli scavi, che mantenevano pareti subverticali anche se approfonditi, tali materiali presentavano caratteristiche geotecniche buone, grazie al loro fuso granulare e al fatto che una volta depositati hanno dato luogo a fenomeni di consolidazione/cementazione per la quale si è potuto assegnare, anche in base a verifiche in back analysis, un valore minimo di 5 kPa di coesione e 36° di angolo di attrito.

I lavori di messa in sicurezza e incapsulamento della Nuova discarica dal 2003 al 2011 e quelli in corso nella "Vec-

chia discarica" iniziati nel 2021 hanno comportato le seguenti lavorazioni:

1. riprofilatura dei vecchi depositi secondo una morfologia coerente con il paesaggio locale al contorno;
2. controllo ed intercettazione delle acque di monte in scorrimento verso il sito di discarica e captazione ed allontanamento dei percolati;
3. posa in opera di un pacchetto di impermeabilizzazione superficiale (capping) di elevate caratteristiche prestazionali mediante la combinazione tra guaina impermeabile in materiale sintetico e manti minerali impermeabilizzanti a fuso granulometrico controllato secondo lo schema indicato in figura seguente.

Questo tipo di miscele minerali a fuso granulometrico controllato trovano una particolare applicazione nella realizzazione di un manto impermeabile su superfici inclinate grazie al loro elevato angolo di resistenza al taglio > 35°. La miscela inoltre, dato il particolare fuso granulometrico si presta alla compattazione e quindi opportunamente lavorato può raggiungere valori elevati del modulo di deformazione.

Il confezionamento del prodotto avviene tramite miscelatori speciali comandati da una regolazione a quantità (peso).

- a) Con l'utilizzo di materiali inerti a fuso granulometrico controllato e stabilizzato a basso contenuto di calcare ottenuto mediante vagliatura e triturazione di materiali di cava in modo da tenere un fuso come riportato nel seguente grafico.
- b) Con additivazione e miscelazione mediante coclea o altra metodologia di caolino in polvere in quantità > 6% in peso in modo da alzare la parte basse della curva granulometrica fino a farla rientrare nella "curva di compatibilità del fuso granulometrico per miscele impermeabilizzanti"

Il materiale ben amalgamato deve essere messo in opera rapidamente su un sottofondo preventivamente rullato e compattato. Successivamente alla posa in opera la miscela deve essere rullata e compattata fino all'ottenimento di un modulo di deformazione richiesto e di una densità secca maggiore del 95% del valore Proctor AAHSTO modificato e con un coefficiente di permeabilità richiesto.

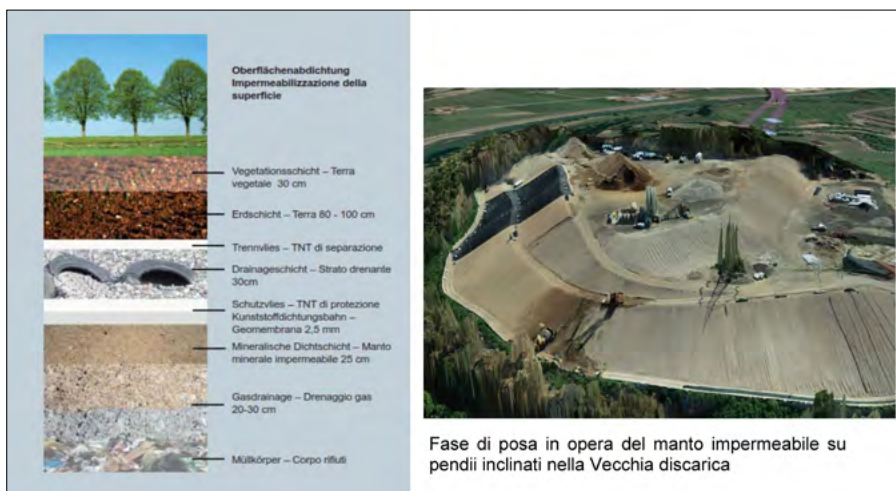
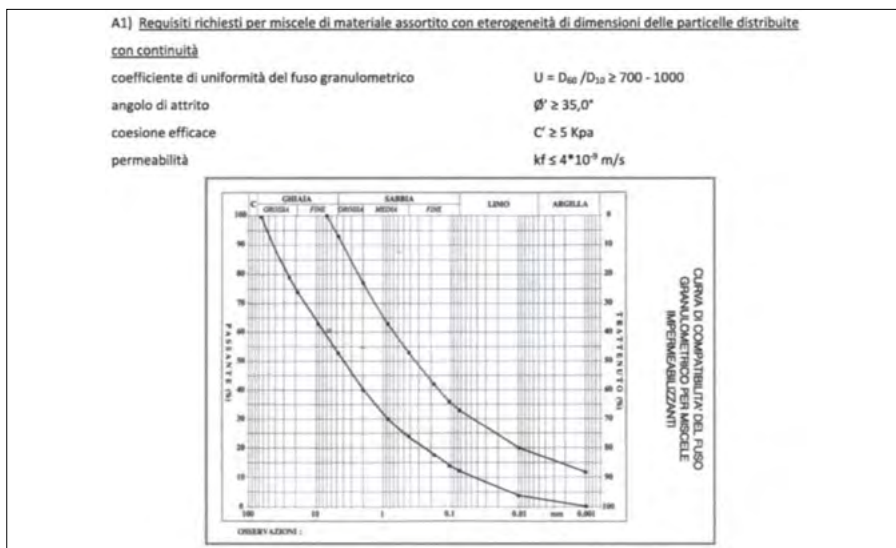
Per ottenere tali risultati è stato predisposto un "piano di controllo qualità" con indicazione delle prove, delle verifiche e delle certificazioni da eseguire in fase d'opera in contraddittorio tra Impresa e D.L.



Fase di intervento nuova discarica



Stato attuale



Fase di posa in opera del manto impermeabile su pendii inclinati nella Vecchia discarica

Radioattività naturale nell'acqua potabile immessa nelle reti di distribuzione del Veneto Orientale: prima caratterizzazione sistematica del contenuto di radon

Chiara Cantaluppi

CNR-ICMATE (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Chimica della Materia Condensata e di Tecnologie per l'Energia), Padova
E-mail: chiara.cantaluppi@cnr.it

Natural radioactivity in drinking water in Est Veneto Region (North-East Italy): first extensive characterization of radon concentration

Parole chiave: Radon, acqua potabile, radioattività ambientale, radionuclidi naturali, falde acquifere, substrato geologico

Key words: Radon, drinking water, environmental radioactivity, natural radionuclides, aquifers, geological substrate

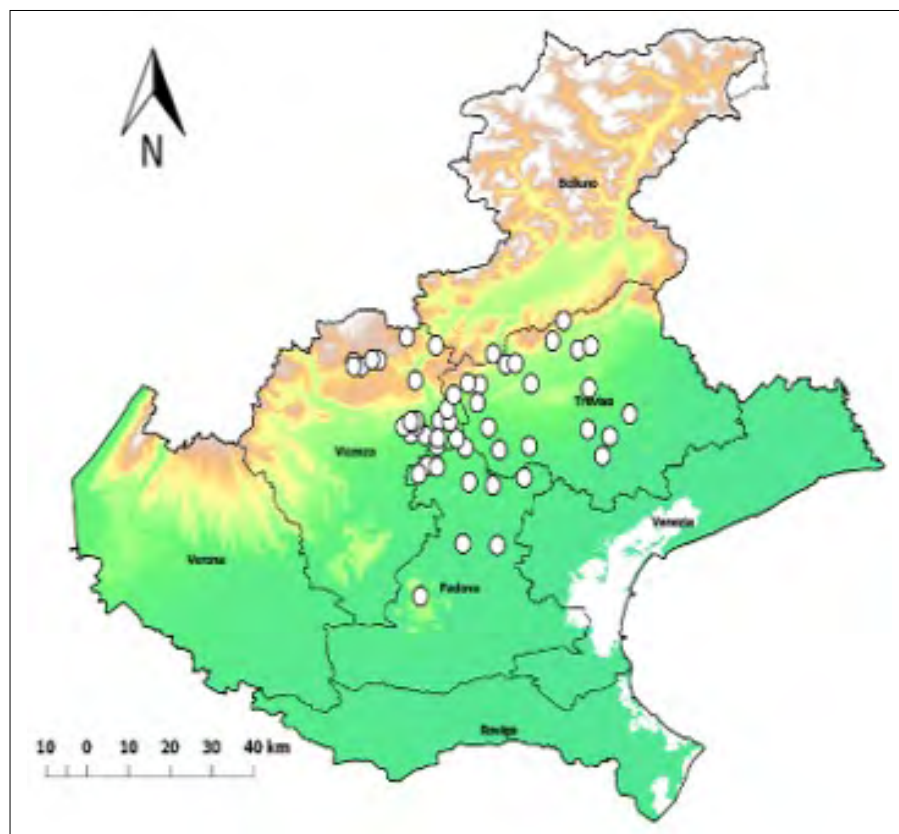
I cambiamenti climatici e la riduzione della disponibilità di acqua idonea al consumo umano spingono sempre più verso la ricerca e lo sfruttamento di nuove fonti di approvvigionamento di tale preziosa risorsa. In tale contesto è ancor più importante caratterizzare le nuove fonti in termini di qualità: tra le analisi ed i controlli da effettuare su questa preziosa risorsa gli Enti di riferimento internazionali richiamano l'attenzione anche alla presenza di radionuclidi naturali nelle acque sotterranee. In Italia solo negli anni più recenti con il Decreto Lgs 28/2016 ed il Decreto 2 agosto 2017 il legislatore ha posto l'attenzione al contenuto di radioattività nell'acqua per il consumo umano, a seguito del recepimento della Direttiva 2013/51/Euratom in materia di radioprotezione. Le norme emanate hanno come fine la tutela della popolazione dai rischi associati alla presenza di radioattività naturale e/o artificiale nell'acqua. Sono stabiliti valori di parametro, per i quali la qualità dell'acqua è sicuramente accettabile: quando il contenuto di trizio (^3H) è inferiore a 100 Bq/l, il contenuto di radon-222 (^{222}Rn) è inferiore a 100 Bq/l e la dose totale dovuta al contenuto di radionuclidi è inferiore a 0,1 mSv/anno.

Anche la radioattività di origine artificiale può raggiungere le acque superficiali e/o sotterranee se nel territorio sono presenti impianti nucleari per la produzione di energia o di radionuclidi, o in caso di incidenti rilevanti che coin-

volga sorgenti radioattive. In assenza di importanti sorgenti di radionuclidi artificiali nel territorio che possano essere fonte di rischio di contaminazione radioattiva degli acquiferi, il maggior contributo alla dose da consumo di acqua potabile è dato dal ^{222}Rn .

In questo lavoro sono presentati i risultati della prima caratterizzazione sistematica del contenuto di ^{222}Rn in acqua potabile, svolta nell'ambito di una

collaborazione con alcuni Enti gestori del servizio idrico integrato in Veneto. L'area oggetto di studio è principalmente l'area pedemontana veneta, compresa nelle province di Padova, Treviso e Vicenza, ove sono situate buona parte delle opere di captazione degli acquedotti pubblici, soprattutto sorgenti e pozzi. Gli obiettivi della ricerca qui presentata sono l'analisi della distribuzione spaziale e delle variazioni stagionali dei



contenuti di radon nell'acqua immessa nelle reti di distribuzione e la verifica del rispetto del valore di parametro del D. Lgs. 28/2016 per la concentrazione di ^{222}Rn .

La tecnica di misura utilizzata è la spettrometria gamma ad alta risoluzione, con cui è stata effettuata la determinazione quantitativa della concentrazione di attività dei prodotti del decadimento del ^{222}Rn (^{214}Pb e ^{214}Bi), all'equilibrio con il ^{222}Rn stesso nel campione sigillato. La concentrazione di attività di radon misurata è stata ricalcolata al momento del prelievo del campione, tenendo conto del tempo trascorso tra il campionamento e la misura.

Le analisi sono state condotte tramite un rivelatore al germanio iperpuro ad alta risoluzione (rivelatore coaxial n-type, FWHM a 1332 keV = 1,73 keV); il rivelatore è collocato in un pozzetto in piombo di 100 mm di spessore per la riduzione del background di radiazione esterno, con due ulteriori schermature interne di Cd e Cu per la schermatura dei raggi X.

Nel lavoro sono presentati ed analizzati i risultati ottenuti nello studio condotto tra il 2017 ed il 2021 su campioni di acqua potabile prelevati da pozzi, sorgenti, serbatoi di raccolta, fontane pubbliche e centrali, con particolare attenzione alla ricerca di possibili relazioni con le caratteristiche del substrato geologico ed all'analisi di variazioni stagionali delle concentrazioni di ^{222}Rn .

In figura è riportata la mappa dei punti di prelievo: sono stati prelevati campioni di acqua potabile da 58 siti, dislocati nelle Province di Padova, Treviso e Vicenza; dei 58 siti indagati, 20 si trovano in ambiente collinare e montano, mentre i restanti 38 sono in pianura. Complessivamente sono stati analizzati 164 campioni.

BIBLIOGRAFIA

F. BOCHICCHIO, M. AMPOLLINI, S. ANTIGNANI, B. BRUNI, M. QUARTO, G. VENOSO, *Results of the first 5 years of a study on year to year variations of radon concentration in Italian dwellings*. Radiat. Meas., 44, 1064-1068.

F. BOCHICCHIO, G. CAMPOS-VENUTI, S. PIERMATTEI, C. NUCCETELLI, S. RISICA, L. TOMMASINO, G. TORRI, M. MAGNONI, M. AGNESOD, G. SGORBATI, M. BONOMI, *et al.*, *Annual average and seasonal variations of residential radon concentration for all the Italian Regions*, Radiat. Meas. 40, 686-694 (2005).

CE 2013. *Direttiva 2013/51/Euratom del Consiglio del 22 ottobre 2013 che stabilisce i requisiti per la tutela della popolazione relativamente alle sostanze radioat-*

tive presenti nelle acque destinate al consumo umano; G.U. dell'Unione Europea L 296, 7 novembre 2013.

N.D. CHAU, M. DULINSKI, P. JODLOWSKI, J. NOWAK, K. ROZANSKI, M. SLEZIAK, P. WACHNIEW, *Natural radioactivity in groundwater – a review*. Isotopes in Environmental and Health Studies Vol. 47 No. 4, December 2011, 415-437.

C. CANTALUPPI, D. ZANNONI, A. CIANCHI, W. GIACETTI, B. LOVISETTO, E. PAGNIN T. FAVERO, *Methods for radioactivity measurements in drinking water using gamma spectrometry* Journal of Environmental Radioactivity 232 (2021) 106566 <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106566>

C. CANTALUPPI, D. ZANNONI, A. CIANCHI, W. GIACETTI, B. LOVISETTO, E. PAGNIN, T. FAVERO, *Radioattività nell'acqua per il consumo umano: sviluppo di tecniche di misura tramite spettrometria gamma ad alta risoluzione ed applicazione al monitoraggio delle risorse idriche dell'area pedemontana veneta*. Bollettino Associazione Italiana di Radioprotezione Anno XLVII | Volume 178 | Numero 5-6 | Dicembre 2020 | ISSN 1591-3481 | e-ISSN 2281-180X

D. Lgs. 28/2016. Decreto Legislativo 15 febbraio 2016, n. 28. *Attuazione della direttiva 2013/51/Euratom del Consiglio, del 22 ottobre 2013, che stabilisce requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

Decreto 2 agosto 2017. *Indicazioni operative a carattere tecnico-scientifico, ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legislativo 15 febbraio 2016, n. 28*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

G. VENOSO M. AMPOLLINI, S. ANTIGNANI, M. CAPRIO, C. CARPENTIERI, C. DI CARLO, F. BOCHICCHIO, *Short term annual variations of radon concentration in workplaces: some results in a research institute*. Rad. Prot. Dosim., 191, 2 sept 2020 138-143.

F. GIRAULT, F. PERRIER, T.A. PRZYLIBSKI, *Radon-222 and radium-226 occurrence in water: a review* From: Gillmore, G. K., Perrier, F. E. & Crockett, R. G. M. (eds) Radon, Health and Natural Hazards. Geological Society, London, Special Publications, 451, <https://doi.org/10.1144/SP451.3> # 2016 The Author(s). Published by The Geological Society of London. All rights reserved.

ISPRA 2014. *Convenzioni tra ISPRA e ARPA, APPA, l'ENEA-INMRI, CRI, ISS nell'ambito della Convenzione del 29.12.2006 MATTM-ISPRA avente per oggetto "Supporto tecnico alla DSA all'elaborazione di linee guida ed indirizzi metodologici", linea di attività "Prevenzione dai rischi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti", tematica "Implementazione di un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale"* Task 01.02.01 "Linee guida per la pianificazione delle campagne di misura della radioattività nelle acque potabili." e Task 01.01.04 "Trattamento campioni e metodi di analisi dei radionuclidi".

La Qualità del Clima in Sicilia - sensu MEDALUS

The Quality of the Climate in Sicily - sensu MEDALUS

Parole chiave: Sicilia, CQI, MEDALUS, Qualità Ambientale, DPSIR
Key words: Sicily, CQI, MEDALUS, Environmental Quality, DPSIR

Rachele Castro*

Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

Federico Maria Jelo Di Lentini

Dottorando in Scienze Politiche e Sociali
Università degli Studi di Catania

Pietro Monforte

Assegnista di ricerca Università degli Studi di Catania

Vincenzo Veneziano

Consulta Ambiente IRSSAT-Istituto di Ricerca, Sviluppo e Sperimentazione sull'Ambiente ed il Territorio

Vincenzo Piccione

Comitato Scientifico IRSSAT

*Corresponding author

E-mail: rachele.castro@irib.cnr.it

La *Qualità Ambientale (QA)* esprime il pregio e il valore complessivo di un'area o di una componente che concorre alla caratterizzazione ambientale ed è utilizzata, soprattutto, nelle *Valutazioni Ambientali (VIA, VAS, VInCA, etc.)* in ottica preventiva per caratterizzare un sito che deve accogliere una determinata opera e indipendentemente dai potenziali impatti che ne deriveranno.

La *QA* è, altresì, alla base del modello *DPSIR*, che descrive le interazioni tra i sistemi economici, politici e sociali con le componenti ambientali, secondo una sequenza causa-condizione-effetto, in modo da fornire una visione multidisciplinare e integrata dei diversi processi ambientali nonché di rispondere a domande politiche e per supportare tutte le fasi decisionali che hanno come obiettivo azioni sostenibili per l'ambiente. Si basa su cinque fattori: *Determinanti (D)*, attività e comportamenti umani sociali, economici, produttivi e di consumo, per esempio, l'energia fattore che influenza il fenomeno dei cambiamenti climatici; *Pressioni (P)* sull'ambiente (rumori, rifiuti, scarichi industriali, ecc.), *Stati (S)*, qualità e caratteristiche dell'ambiente e delle sue risorse, *Impatti (I)*, alterazioni antropiche responsabili di possibili cambiamenti significativi dello stato dell'ambiente, *Risposte (R)*, azioni per fronteggiare le pressioni. Il modello *DPSIR* è adottato dal *Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ISPRA ed ARPA)* per la redazione dei *Rapporti sullo Stato dell'Ambiente (RSA)* e degli *Annuari dei Dati Ambientali (ADA)*, sulla base di indicatori (70 per la Sicilia) che vengono popolati e aggiornati con cadenze programmate.

Diverse nazioni adottano protocolli che, muovendo dalla quantificazione

dell'impatto ai cambiamenti climatici, restituiscono la qualità di una o più matrici ambientali, ad esempio: *l'OCSE* (riferimento. *OECD*; 2003; "*OECD Environmental indicators. Development and use*"; *OECD Environment Directorate; Environmental Performance and Information Division*) fra i nove indicatori chiave che fanno riferimento allo stato dell'ambiente, secondo lo schema concettuale *PSR (Pressure-State-Response)*, ne dedica uno ai cambiamenti climatici. Altri esempi sono: Ecosistemi acquatici e *qualità dell'acqua* (Europa), Peggioramento della *qualità dell'acqua* (Svizzera), Peggioramento della *qualità del suolo* (Svizzera), *Qualità dei raccolti* (Germania), Peggioramento della *qualità dell'aria* (Svizzera).

Gli impatti e i processi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici sono una delle quattro aree di azione prioritaria individuate con il *6th Environment Action Programme* e delle due azioni orizzontali prioritarie del *7th Eap (6-7thEap)* e vengono trattati anche nel rapporto di Belgrado (*Eea*; 2007; "*Europe's environment: the fourth assessment*"; Copenhagen oltre che nei rapporti dell'*IPPC* e nella Dichiarazione di Astana, etc.) mettendo in evidenza il carattere trasversale dei cambiamenti climatici e, in particolare, la possibilità che il fenomeno possa influenzare in modo significativo la capacità della società di conseguire gli obiettivi in materia di gestione sostenibile delle risorse

naturali e di suo adattamento anche da un punto di vista strutturale, infrastrutturale, sociale, sanitario ed economico.

Gli impatti e le sfide più evidenti di sicurezza collegate ai cambiamenti climatici - in particolare la siccità, la scarsità d'acqua e la desertificazione - interesseranno maggiormente aree particolarmente sensibili quali il Mediterraneo orientale, di qui la necessità della caratterizzazione della *Qualità Climatica (QC)* e dei suoi effetti. Da questo punto di vista, la distribuzione annuale e infra-annuale delle precipitazioni e la frequenza degli eventi estremi rappresentano i fattori che contribuiscono maggiormente alla degradazione del suolo nelle regioni aride e semiaride del Mediterraneo. A loro volta, siccità e aridità concorrono in modo significativo al processo di desertificazione che interessa i suoli poco profondi e intensamente erosi, l'intensificazione delle crisi climatiche potrebbero rendere vulnerabili gran parte dei suoli nella regione mediterranea. La distribuzione delle precipitazioni, la durata ed intensità dei periodi aridi (secondo *Bagnouls-Gausson*) e l'esposizione dei versanti sono i tre indicatori eletti dal protocollo *MEDALUS* per valutare la *QC* che concorre a stimare il rischio desertificazione. Dalla media geometrica delle tre componenti si ottiene l'*Indice di Qualità Climatica (CQI)*.

A scala regionale (*PICCIONE et alii*, 2020 e in press) emerge:

Tabella 1. Classi di QC sensu MEDALUS

Qualità Climatica	1931-1960	1961-1990	1991-2015
Alta	21,1	14,6	19,0
Media	59,9	57,2	60,3
Bassa	19,0	28,2	20,7

Dal confronto dei tre periodi in 85 anni la *QC Media* interessa costantemente quasi 2/3 del territorio siciliano e la *QC Alta* si attesta in un quinto del territorio. Il picco di *QC Bassa* del periodo 1961-1990 è oggi ai valori del 1931-1960.

A scala comunale sulla base delle *Classi di QC: 1-20 Ottima, 21-40 Buona, 41-60 Discreta, 61-80 Scadente, 81-100 Pessima*, emerge che dal 1961 ad oggi più del 50% dei 390 comuni siciliani presenta una *QC Scadente*, il 10% una *QC Pessima* e la maggiore fluttuazione fra i tre periodi si registra nella classe *Discreta* (Tabella 2)

Tabella 2. Numero dei Comuni e % appartenenti alle classi del CQI

Periodo/CQI	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
1931-1960	0 (0%)	3 (0,8%)	176 (45,1%)	181 (46,4%)	30 (7,7%)
1961-1990	0 (0%)	0 (0%)	85 (21,8%)	260 (66,7%)	45 (11,5%)
1991-2015	0 (0%)	0 (0%)	133 (34,1%)	218 (55,9%)	39 (10,0%)

Nella fascia altimetrica 0-300 m s.l.m. ricadono **149 Comuni**.

Tabella 3. Numero di Comuni compresi nella fascia 0-300 m s.l.m.

Periodo/CQI	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
1931-1960	0 (0%)	2 (1,3%)	58 (38,9%)	65 (43,7%)	24 (16,1%)
1961-1990	0 (0%)	0 (0%)	28 (18,8%)	94 (63,1%)	27 (18,1%)
1991-2015	0 (0%)	0 (0%)	49 (32,9%)	71 (47,6%)	29 (19,5%)

in funzione delle classi del *CQI*

Nella fascia altimetrica 300-600 m s.l.m. ricadono **152 Comuni**

Tabella 4. Numero di Comuni compresi nella fascia 300-600 m s.l.m.

Periodo/CQI	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
1931-1960	0 (0%)	1 (0,6%)	57 (37,5%)	90 (59,3%)	4 (2,6%)
1961-1990	0 (0%)	0 (0%)	34 (22,4%)	104 (68,4%)	14 (9,2%)
1991-2015	0 (0%)	0 (0%)	44 (28,9%)	99 (65,1%)	9 (6,0%)

in funzione delle classi del *CQI*

Nella fascia altimetrica 600-900 m s.l.m. ricadono **72 Comuni**

Tabella 5. Numero di Comuni compresi nella fascia 600-900 m s.l.m.

Periodo/CQI	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
1931-1960	0 (0%)	0 (0%)	47 (65,3%)	25 (34,7%)	0 (0%)
1961-1990	0 (0%)	0 (0%)	18 (25,0%)	50 (69,4%)	4 (5,6%)
1991-2015	0 (0%)	0 (0%)	29 (40,3%)	42 (58,3%)	1 (1,4%)

in funzione delle classi del *CQI*

Nella fascia altimetrica >900 m ricadono **17 Comuni**

Tabella 6. Numero di Comuni compresi nella > 900 m s.l.m.

Periodo/CQI	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
1931-1960	0 (0%)	0 (0%)	15 (88,2%)	2 (11,8%)	0 (0%)
1961-1990	0 (0%)	0 (0%)	4 (23,5%)	13 (76,5%)	0 (0%)
1991-2015	0 (0%)	0 (0%)	11 (64,7%)	6 (35,3%)	0 (0%)

in funzione delle classi del *CQI*

Passando a una disamina della *QC* su base altimetrica emerge che:

- nelle prime due classi - **Ottima e Buona** - non ricadono comuni (Tabelle 3, 4, 5, 6);
- nella fascia altimetrica > 600 su 89 comuni - con la sola eccezione di 4 comuni nel periodo 1961-1990 - la classe **Pessima** non registra la presenza di comuni (Tabelle 5 e 6);
- nella fascia altimetrica 0-600 m s.l.m. ricadono 301 su 390 comuni (Tabelle 3 e 4). La fascia altimetrica 0-300 m s.l.m. registra un 15-20% di comuni in classe **Pessima** (Tabella 3) che si riducono sensibilmente (5-15%) passando alla fascia 300-600 m s.l.m. (Tabella 4);
- nel passaggio dal 1991-1990 al 1991-2015 si assiste sempre ad una riduzione del numero di comuni in classe **Scadente**. In modo significativo nella fascia altimetrica 600-900 m s.l.m. e in modo marcato nella fascia > 900 m s.l.m.

Le implicazioni sociali, economiche, sanitarie, ambientali e infrastrutturali che discendono da valori di *QC Bassa* sono numerose e si configurano come base di partenza per nuovi approcci programmatici, pianificatori e decisionali in una logica prioritariamente di "*Climate adaptive*" e "*Climate Change Mitigation*" anziché di "*Climate Change Reduction*".

BIBLIOGRAFIA

- BAGNOULS F. AND GAUSSEN H. (1953), *Saison sèche et indice xérothermique*. Doc. Carte port. Vég. Art. 8. Toulouse, 47 p.
- BAGNOULS F. AND GAUSSEN H. (1957), *Les climats biologiques et leur classification*. Annales de Géographie 66, 355: 193-220. Paris.
- EUROPEAN COMMISSION (1999), *The MEDALUS project Mediterranean desertification and land use*. Project report. Kosmas C., Kirkby M., Geeson N. (eds.), EUR 18882.
- PICCIONE V., CASTRO R., COSTA R., MONFORTE P., SEMINARA M., VENEZIANO V. (2020), *DESERTIFICAZIONE IN SICILIA. I comuni della Provincia di Agrigento, Caltanissetta, Catania, Enna, Messina versante ionico, Messina versante tirrenico, Palermo est, Palermo ovest, Ragusa, Siracusa, Trapani*. 11 Quaderni pp. 1880. IRSSAT.
- PICCIONE V., CASTRO R., COSTA R., MONFORTE P., SEMINARA M., VENEZIANO V. (2020), *DESERTIFICAZIONE IN SICILIA. QUALITÀ CLIMATICA. I comuni della Provincia di Agrigento, Caltanissetta, Catania, Enna, Messina versante ionico, Messina versante tirrenico, Palermo est, Palermo ovest, Ragusa, Siracusa, Trapani*. 11 Quaderni IRSSAT (in stampa).

Andamento annuale (periodo 1931-2015) del rischio desertificazione in Sicilia

Annual trend (period 1931-2015) of the risk of desertification in Sicily

Parole chiave: Sicilia, desertificazione, MEDALUS, ESPI
Key words: Sicily, desertification, MEDALUS, ESPI

Rachele Castro*

Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

Federico Maria Jelo Di Lentini

Dottorando in Scienze Politiche e Sociali
Università degli Studi di Catania

Pietro Monforte

Assegnista di ricerca Università degli Studi di Catania

Vincenzo Piccione

Comitato Scientifico IRSSAT

*Corresponding author

E-mail: rachele.castro@irib.cnr.it

La sopravvivenza di tutte le specie, inclusa la nostra, dipende da un suolo sano e fertile. Un suolo sano garantisce la produzione alimentare, la crescita della vegetazione, la ritenzione, la filtrazione e l'equilibrio del flusso di acqua verso le falde acquifere e i fiumi, la rimozione di contaminanti, la riduzione della frequenza e del rischio di alluvioni, la regolazione dei flussi di energia da e verso l'atmosfera, la mitigazione delle crisi climatiche e, in particolar modo, della siccità nonché numerosi altri servizi ecosistemici di grande valore ecologico, economico e sociale come, ad esempio, la sua capacità di catturare il carbonio dall'atmosfera (*carbon sink*), contribuendo alla riduzione delle emissioni di CO₂. Un suolo degradato rappresenta una criticità da più punti di vista, si configura, ad esempio, come una minaccia per gli equilibri ecosistemici e come un cofattore di instabilità economica e sociale. Come è noto, i cambiamenti climatici possono accelerare questo processo con importanti impatti sulla sicurezza alimentare e sulla sussistenza dei piccoli agricoltori. Il degrado dei suoli è un problema territoriale e ambientale in tutta Europa, in particolare nella regione mediterranea con molte aree impattate dalla desertificazione, quali Cipro (99%) la più colpita seguita poi dalla Spagna (74%), dall'Italia (59%), dal Portogallo (50%) e dalla Romania (30%). Con riferimento al territorio italiano, ben il 21,3% è considerato potenzialmente a rischio desertificazione e il 41% di queste aree è rappresentato dalle regioni del centro e del sud (soprattutto regioni come Sicilia, Sardegna, Basilicata, Puglia, Campania, Molise, Marche e Abruzzo). Il 4,3% del territorio italiano è già sterile e il 4,7% ha già subito fenomeni di desertificazione.

Nell'ambito delle analisi ambientali svolte dal Prof.re Piccione, Università

degli Studi di Catania, e il suo team, avviate oramai oltre 30 anni fa e ancora in corso, oltre alla consolidata letteratura di carte georiferite del rischio desertificazione (Cancellieri *et alii*, 2017) di recente è stato sviluppato il progetto *LDS - Land Degradation Sicily*, un database strutturato per gestire e fruire dati attraverso internet. Un patrimonio di oltre 250 milioni di dati territoriali regionali specifici della *Land Degradation*. L'utente può approfondire scopi e obiettivi del progetto, acquisire informazioni sui processi di desertificazione e sulla metodologia *MEDALUS*, cogliendone strategicità e utilità <http://www.irssat.it/progetti/cruscotto/>.

Dal menù "toolbox" si accede a spunti e strumenti, inclusa una lista di *best practice*, opportunamente selezionate e di risorse utili per studi o analisi territoriali quali, ad esempio, i servizi forniti dal *Portale Nazionale Cartografico*. *LDS* adotta il

protocollo internazionale *MEDALUS*, che individua otto fra classi e subclassi di rischio desertificazione: dal "non affetto" al "critico", che è considerato il livello massimo di rischio. La Sicilia dispone di più *Carte della Rischio o Sensibilità alla Desertificazione* in scala 1:250.000.

La Carta realizzata da Piccione *et alii* (2009) con risoluzione a terra di 50 m per lato, si presta a restituzioni di maggiore dettaglio - fino alla scala 1:50.000 ma, soprattutto, consente una restituzione bi-temporale del rischio (1^a e 2^a metà del XX secolo), prerogativa vincente per studiare i trend evolutivi ed involutivi del rischio. L'intervallo temporale scelto dagli autori consente di confrontare le trasformazioni del territorio in ottica di mitigazione o meno del rischio desertificazione. Di recente (Duro *et alii*, 2014, 2016) è stato elaborato l'indice *ESPI* (*Environmentally Sensitive Patch Index*) che consente di

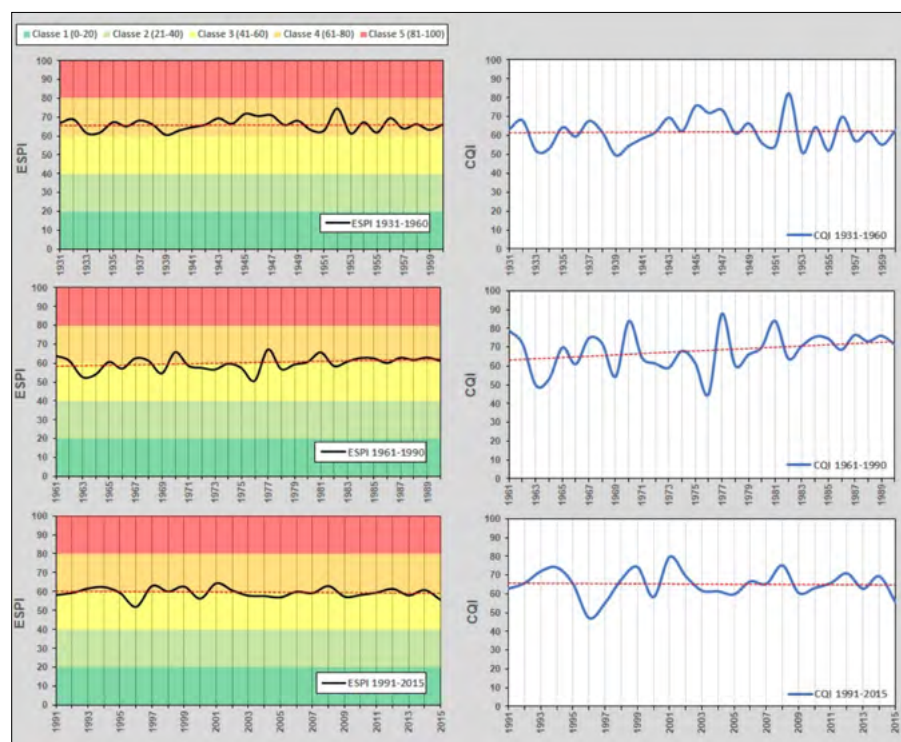


Figura 1. Andamento dell'ESPI e dell'ESPI-CQI con linea di tendenza durante i periodi di riferimento

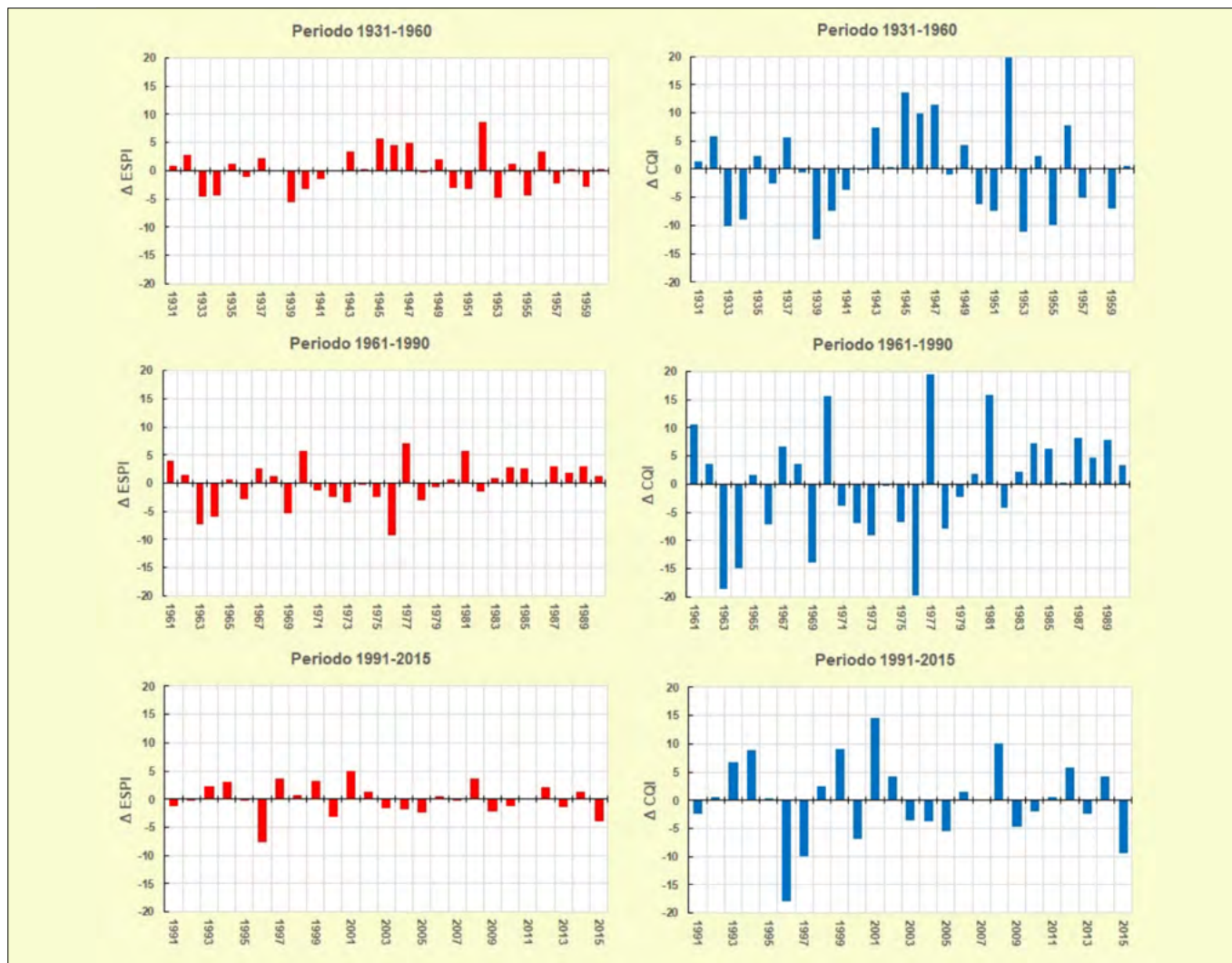


Figura 2. Variazioni annuali $\Delta ESPI$ e $\Delta ESPI-CQI$, rispetto ai valori medi, durante i periodi di riferimento

restituire in una scala 0-100 la sensibilità complessiva alla desertificazione di un ambito territoriale. Esso è finalizzato al superamento del limite del *MEDALUS*, il quale non prevede la stima della sensibilità ambientale di un ambito territoriale (nazione, regione, provincia, bacino idrografico, comune, ecc.), restituendo inoltre un valore numerico in grado di identificare l'intensità del fenomeno. Nel 2015 (Duro *et alii*) all'*ESPI* è stato affiancato l'*ESPI-CQI*. In Figura 1 si riportano gli andamenti dell'*ESPI* e dell'*ESPI-CQI* *Climate Quality Index* della Regione Siciliana per i periodi 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2015. La colonna dell'*ESPI-CQI* mostra un andamento più marcato ma perfettamente sovrapponibile ai corrispondenti andamenti dell'*ESPI* confermando il ruolo preminente giocato dal clima rispetto a quello della vegetazione e della gestione del territorio.

Al fine di valutare le oscillazioni annuali dei due indici in funzione delle medie dei periodi, vengono calcolati un $\Delta ESPI$ e un $\Delta ESPI-CQI$ mediante le relazioni:

$$\Delta ESPI = ESPI_{anno} - ESPI_{periodo}$$

$$\Delta ESPI-CQI = ESPI-CQI_{anno} - ESPI-CQI_{periodo}$$

dove $ESPI_{anno}$ e $ESPI-CQI_{anno}$ rappresentano i valori annuali dei rispettivi indici mentre $ESPI_{periodo}$ e $ESPI-CQI_{periodo}$ le medie dei periodi di riferimento. Un $\Delta ESPI$ positivo indica un valore annuale al di sopra la media del periodo di riferimento, viceversa per un $\Delta ESPI$ negativo. I valori sopra la media evidenziano gli anni in cui la sensibilità alla desertificazione era tale da rappresentare un rischio per il territorio. Analogamente un $\Delta ESPI-CQI$ positivo evidenzia un peggioramento della qualità climatica rispetto al valore medio, viceversa un $\Delta ESPI-CQI$ negativo.

In Figura 2 si riportano le variazioni annuali $\Delta ESPI$ e $\Delta ESPI-CQI$, rispetto ai valori medi, durante i periodi di riferimento.

La Figura 2 conferma l'ulteriore corrispondenza di andamento dell'*ESPI* con *ESPI-CQI* con uno scarto di incidenza di quest'ultimo tale da superare in alcuni casi 15 punti percentuali

BIBLIOGRAFIA

- CANCELLIERI F., PICCIONE V. E VENEZIANO V. (2017), *Principali studi sul rischio desertificazione in Sicilia*. Geologia dell'Ambiente 1/2017: 9-16. SIGEA.
- DURO A., PICCIONE V., RAGUSA A., VENEZIANO V. (2014), *New Environmentally Sensitive Patch Index (ESPI) for MEDALUS protocol*. AIP Conference Proceedings 1637; (AIP) American Institute of Physics <http://dx.doi.org/10.1063/1.4904593> pp 305-312
- DURO A., PICCIONE V., RAGUSA A., VENEZIANO V. (2015), *The Environmentally Sensitive Index Patch applied to MEDALUS Climate Quality Index*. AIP Conference Proceedings; (AIP) American Institute of Physics.
- DURO A., PICCIONE V., RAGUSA A., RAPICAVOLI V., VENEZIANO V. (2016), *An index monitoring the sensitivity to desertification: ESPI*. Seventh Workshop Dynamical Systems Applied to Biology and Natural Sciences, Evora, Portugal, February 2-5, 2016. pp 43-44.
- EUROPEAN COMMISSION (1999), *The MEDALUS project Mediterranean desertification and land use. Project report*. Kosmas C., Kirkby M., Geeson N. (eds.), EUR 18882.
- PICCIONE V., VENEZIANO V., MALACRINÒ V., CAMPISI S. (2009), *Rischio Desertificazione Regione Sicilia (Protocollo MEDALUS). Mappe di sensibilità e incidenza territoriale a scala comunale del processo in divenire*. Quad. Bot. Ambientale Appl, Vol. 20/1, pp 3 - 250.

I paesaggi rurali e il ruolo dell'agricoltura nei confronti della transizione ecologica e della mitigazione climatica

Ilaria Falconi

Tecnologo di ricerca III liv. CREA c/o Ministero delle Politiche agricole alimentari e forestali

Email: ilaria.falconi@crea.gov.it

Rural landscapes and the role of agriculture in ecological transition and climate mitigation Rural landscapes and the role of agriculture in ecological transition and climate mitigation

Parole chiave: paesaggio rurale, cambiamenti climatici, agricoltura, paesaggi rurali storici, politica agricola comune, PNRR, transizione ecologica ed energetica, tutela del suolo, carbon farming, green new deal e legge UE sul clima

Key words: rural landscape, climate change, agriculture, rural landscapes historians, common agricultural policy, PNRR, ecological and energy transition, protection soil, carbon farming, green new deal and EU climate law

L'obiettivo del lavoro proposto è quello di analizzare il rapporto tra agricoltura e paesaggio rurale al fine di definire il concetto di ruralità ed evidenziare le quattro sfide del mondo rurale: la conservazione e tutela del paesaggio, la salvaguardia del suolo, l'adattamento e la mitigazione al cambiamento climatico e l'impiego di energia.

La "ruralità" è un concetto in continua evoluzione che concorre a far proseguire il dialogo ancestrale tra gli esseri umani e la natura racchiudendo al suo interno la tutela del territorio, intesa come conservazione del paesaggio e sostenibilità ambientale – sociale.

Il documento, quindi, si focalizza sugli elementi del paesaggio (sociale, ambientale ed economico), sullo sviluppo rurale, sulla multifunzionalità dell'agricoltura e sulle azioni da attuare per salvaguardare il paesaggio, per mitigare i cambiamenti climatici, incrementare la tutela del suolo e la sua capacità di sequestro del carbonio, tutelare le aree rurali ed incentivare la tutela del paesaggio nelle politiche comunitarie.

Il paesaggio rurale rappresenta il luogo ove la storia umana si è sviluppata ed ha lasciato le sue tracce e, pertanto, è una risorsa culturale e storica di ciascun paese.

Il paesaggio rurale è la fotografia che ci racconta degli aspetti sociali, economici ed ambientali di un paese e del suo sviluppo da un punto di vista storico-culturale. Il paesaggio è, infatti, espressione della complessa relazione tra natura e società.

Pertanto il paesaggio rurale è custode di tradizioni, arti, civiltà, culture e tecniche colturali provenienti sia dal

bacino del Mediterraneo che dai paesi situati nell'Europa continentale.

Il paesaggio rurale attuale è stato significativamente rivoluzionato e modellato dall'attività antropica.

In Italia sussistono realtà rurali estremamente differenti tra di loro: in alcune aree si rilevano contesti fortemente gravati da un'elevata pressione antropica, mentre altre sono soggette a profondi stati di abbandono o fortemente vocate verso produzioni di qualità.

Il paesaggio rurale, infatti, è una realtà che per molti secoli è mutata in modo lento e impercettibile, in funzione di un territorio che si evolveva per il solo mutare dell'agricoltura.

Va evidenziato che l'agricoltura ha svolto sino ad oggi il compito di "vestire il paesaggio rurale" e solo con l'agricoltura avremo modo di mantenere integro tale abito anche per il futuro.

Il paesaggio rurale rappresenta un sistema complesso costituito da tre elementi indipendenti tra loro ma strettamente correlati: forestale, agricolo e urbanistico.

Il primo elemento costituisce il collante delle tessere del paesaggio rurale ed è rappresentato dai boschi naturali o gestiti, mentre l'elemento agricolo è composto dalle attività agricole che hanno sviluppato tecniche, conoscenze e pratiche colturali in grado di tramutare l'ambiente naturale in pascoli e suoli fertili per la produzione di beni e servizi come, ad esempio, la produzione agro-alimentare, di pellame e lana.

L'elemento urbanistico si interpone con quelli naturali in quanto raffigura in un paesaggio la caratteristica più percepibile dell'attività antropica.

Attualmente, le perduranti crisi del settore primario, la diffusione della monocultura e le sempre più intense commistioni tra urbano e rurale hanno impresso una forte accelerazione a tali dinamiche, ponendo in evidenza nuovi scenari nei quali molte testimonianze paesaggistiche e rurali rischiano di perdersi irreversibilmente.

Va evidenziato come il paesaggio possa rappresentare la base materiale e culturale per un rinnovato modello sostenibile in campo agricolo al fine di promuovere lo studio, la conoscenza, la tutela e la promozione del panorama rurale nei suoi aspetti storici, morfologici, iconografici, sociali ed ecologici in modo da attivare energie endogene per elevare il benessere e la qualità della vita e per creare ricchezza nelle aree interne e di produzione agricola specializzata.

Si auspica, infatti, la trasformazione del paesaggio rurale da mero prodotto indiretto dell'attività agricola ad obiettivo qualitativo strategico in grado di riqualificare il patrimonio culturale e naturale delle aree, di valorizzare le peculiarità d'identità e patrimoniali locali, di contribuire ad una crescita inclusiva e di sviluppare modelli orientati allo sviluppo sostenibile.

Le funzioni paesaggistiche prodotte dall'agricoltura, quindi, svolgerebbero un ruolo fondamentale nella tutela, valorizzazione e salvaguardia del paesaggio rurale.

Una visione sistemica appare, dunque, quanto mai necessaria per intraprendere il percorso di transizione che reinterpreti le complesse interconnessioni del settore agricolo con l'ambiente, il paesaggio e il clima.

Parole chiave: cambiamenti climatici, gas serra, resilienza climatica

Key words: climate changes, greenhouse gases, climate resilience

Studiando il clima terrestre del passato, su scala globale o locale, attraverso l'esame dei sedimenti nei fondali marini, gli anelli di crescita degli alberi, le inclusioni di aria nei ghiacciai, si è potuto notare che la Terra ha attraversato continue fasi di cambiamento del suo clima, più o meno rapide e più o meno cicliche.

L'evoluzione del nostro Pianeta mostra che in milioni di anni, la Terra ha attraversato fasi di Ere glaciali ed Ere interglaciali ossia periodi più freddi alternati a periodi più caldi. Su una scala temporale più ridotta, di migliaia di anni, sono presenti Periodi glaciali e Periodi Interglaciali, in cui i ghiacciai passano da una grande ad una minore estensione e che attualmente è la fase che la Terra sta attraversando.

In questi ultimi anni è stato registrato un riscaldamento climatico che è aumentato gradualmente nel corso di circa 150 anni, iniziato con l'avvio della rivoluzione industriale e l'introduzione nell'atmosfera di grandi quantitativi di anidride carbonica (CO₂) e altri gas serra (come biossido di azoto, anidride solforosa, vapore acqueo, metano, clorofluorocarburi e bromofluorocarburi) il cui valore medio attuale è di circa 410-415 parti per milione rispetto alle precedenti 170-200 parti per milione.

La CO₂ e i gas serra sono i tipici componenti dell'atmosfera terrestre ma ormai da qualche anno è emerso chiaramente che il riscaldamento globale (global warming) deriva essenzialmente dall'effetto serra di origine antropico, derivato dalle attività umane.

Il Sesto Rapporto dell' *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) evidenzia che:

- 1) le emissioni antropiche dei principali gas serra sono ulteriormente cresciute, raggiungendo nel 2019 concentrazioni di 410 parti per milione (ppm) per CO₂ e 1866 parti per miliardo (ppb) per il metano;
- 2) la temperatura media globale del pianeta nel decennio 2011-2020 è stata di 1,09°C superiore a quella del periodo 1850-1900, con un riscaldamento più accentuato sulle terre emerse rispetto all'oceano;

- 4) a seguito del riscaldamento climatico, il livello medio dell'innalzamento del livello del mare fra il 1901 e il 2020 è stato di 20 cm, con una crescita media di 1,35 mm/anno dal 1901 al 1990 e una crescita accelerata di 3,7 mm/anno fra il 2006 e il 2018;
- 5) riduzione della estensione dei ghiacciai terrestri;
- 6) incremento nella velocità di aumento medio del livello del mare e di acidificazione delle acque marine.

Per il prossimo futuro, il Rapporto include scenari diversi, in base ai benefici apportati da una maggiore o minore mitigazione delle emissioni di CO₂.

Da un punto di vista più strettamente geologico, i problemi legati agli effetti legati ai cambiamenti climatici potrebbero riguardare in generale un aumento del dissesto idrogeologico, la desertificazione, l'alterazione quantitativa e qualitativa delle risorse idriche, il possibile innalzamento del livello marino in alcune aree costiere per effetto dello scioglimento dei ghiacciai.

LE SOLUZIONI AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Per contrastare tale situazioni, le istituzioni internazionali hanno stipulato importanti accordi con obiettivi a lungo termine, vedi Accordo di Parigi nel 2015, per limitare l'aumento della temperatura al di sotto di 2° centigradi rispetto ai livelli preindustriali puntando però a rimanere entro l'aumento di 1,5°, e per finanziare interventi a largo raggio.

L'Unione Europea sta lavorando alla revisione delle normative in materia di clima, energia e trasporti al fine di allineare le leggi attuali agli obiettivi climatici dell'UE per il 2030 (obiettivi 7 - Energia pulita ed accessibile e 13 - Lotta al cambiamento climatico dell'Agenda 2030) e il 2050, in modo che si arrivi all'impatto climatico zero entro il 2050.

Per arrivare agli obiettivi previsti, oltre che alle azioni politiche sarà essenziale trovare soluzioni ottimali tecnologiche, economiche, sociali su cui impostare la resilienza climatica, ovvero

l'adattamento ai cambiamenti climatici mediante una serie di azioni che cercano di mitigare gli effetti negativi nei diversi ambiti, salvaguardando nello stesso tempo un progresso legato ai principi dello sviluppo sostenibile.

Il geoturismo in Puglia: le potenzialità dell'area sud-orientale della provincia di Taranto

The geotourism in Apulia: the potentiality of the south-eastern area of Taranto's province

Parole chiave: geositi, terrazzi marini, Quaternario, *Cladocora caespitosa*
Key words: geosites, marine terraces, Quaternary, *Cladocora caespitosa*

Negli ultimi decenni è cresciuto l'interesse verso il "turismo culturale" che, a differenza di quello di massa, sottintende ad una maggiore attenzione per gli aspetti di carattere formativo delle iniziative turistiche. Questa tipologia di turismo, in un paese ricco di storia e pregno d'arte come l'Italia, deve opportunamente avere una dimensione diffusa e quindi può essere occasione di sviluppo di tante realtà periferiche che magari hanno interessanti, ma poco valorizzati patrimoni. Il turismo culturale contribuisce inoltre a destagionalizzare l'offerta turistica rendendo mediamente più fruibili le esistenti strutture, garantendo un afflusso continuo e maggiormente contingentato, creando meno impatti su territori che possono soffrire le conseguenze del turismo di massa. Tra le varie forme di turismo culturale assume sempre maggiore importanza il geoturismo, definito come una tipologia di turismo sostenibile. Esso si concentra sull'importanza del luogo e riconosce che esistono delle possibilità di sviluppo a partire dalle caratteristiche geologiche dello stesso, arricchendo sia l'esperienza di viaggio che la qualità dell'ambiente. Tuttavia, il ritmo assunto dallo sviluppo urbano e industriale sta portando l'uomo a cancellare in maniera indiscriminata parte del meraviglioso patrimonio naturalistico e geologico del territorio. Questo perché, nella concezione comune, i siti di interesse geologico non rivestono ancora un interesse tale da richiederne una tutela ed una valorizzazione adeguate all'importanza che essi rivestono per le Scienze della Terra. Se la distruzione dei siti di interesse geologico determina la perdita delle informazioni in esse contenute, la conoscenza degli stessi e la consapevolezza della loro importanza, portano al contrario ad una più adeguata attenzione verso i beni geologi-

ci e sviluppano una maggiore sensibilità verso i problemi ambientali. Conciliando rigore scientifico ed esattezza dell'informazione, con un linguaggio accessibile al grande pubblico, è possibile fornire la chiave di lettura di un mondo apparentemente distante e misterioso. L'interesse verso la tutela del patrimonio geologico spesso non consiste in una disciplina dedicata esplicitamente alla conservazione dello stesso, per cui va ricercata nell'ambito di diverse fonti normative che hanno però origine e connotati differenti tra loro. Questo vale per l'Italia, ma anche per tante altre nazioni, seppure con delle piacevoli eccezioni. Tra queste ultime vi è la Regione Puglia che, con il "Progetto Geositi", ha avviato in maniera sistematica un censimento dell'intero patrimonio geologico regionale fondato su solide basi scientifiche. Tale attività, finanziata con fondi FESR, rappresenta una diretta conseguenza della Legge Regionale n.33 del 2009 sulla tutela del patrimonio geologico e speleologico, una delle poche in Italia inerente questo specifico obiettivo. Il progetto della Regione Puglia si lega all'"Inventario Nazionale dei Geositi", avviato nell'anno 2002 da ISPRA, il quale si propone di realizzare uno strumento utile sia per la conoscenza geologica dell'intero territorio italiano, sia per la pianificazione territoriale e per la tutela paesistico-ambientale della nazione. L'inventario è gestito da un *geodatabase* che è pubblicato sul sito dell'ISPRA e liberamente consultabile. La segnalazione di un sito di interesse geologico avviene mediante l'invio all'ISPRA di una "Scheda di rilevamento dei Geositi" che deve essere compilata inserendo le informazioni identificative, geografiche e descrittive del geosito, con attenzione anche alla fruibilità, allo stato di conservazione e alla tutela del sito stesso. Enti, Istituti di Ricerca, liberi professionisti, singoli

cittadini, studenti e organizzazioni interessate possono apportare il loro contributo all'Inventario Nazionale dei geositi trasmettendo le loro segnalazioni. A tal riguardo, con questo studio relativo al territorio di Lizzano (Taranto) sono state valutate le potenzialità dell'area di studio dal punto di vista geoturistico, date le caratteristiche geomorfologiche della zona e la naturale vocazione turistica. Il locale paesaggio è infatti contrassegnato dalla presenza di una gradinata di terrazzi marini e di diverse generazioni di cordoni dunari relitti. Tale conformazione è il risultato, oltre che di fenomeni di sollevamento regionale, di una serie di oscillazioni del livello del mare, a scala planetaria, che si sono susseguite nel corso dei millenni (variazioni glacio-eustatiche) dovute all'alternarsi di periodi glaciali ed interglaciali. Le variazioni climatiche sono testimoniate nei depositi rocciosi anche dalla presenza di fossili di ambienti freddi (periodi glaciali) o di ambienti più caldi (periodi interglaciali). Infatti, l'analisi morfologica delle linee di riva quaternarie dell'intero Golfo di Taranto fornisce informazioni sulle oscillazioni del livello del mare e sulle deformazioni tettoniche avvenute nell'area nel corso del Pleistocene. Poche aree del Mediterraneo, inoltre, offrono un'abbondanza di depositi fossiliferi e un chiaro contesto stratigrafico come quello del Golfo di Taranto. Molto interesse suscita anche la presenza, quasi costante, della fauna senegalese (*e.g.*, *Strombus bubonius*, *Conus testudinarius*, *Cantharus viverratus*, *Cymatium trigonum*, etc.) e di *Cladocora caespitosa*. L'area del tarantino è stata ampiamente studiata nel corso del secolo scorso e numerose sono le testimonianze riferibili al Quaternario, rinvenute durante i rilevamenti effettuati dai diversi studiosi che hanno esplorato la zona. Pertanto, il rilievo geomorfologico dell'area di stu-

dio è stato preceduto da un'accurata analisi della letteratura scientifica di settore. Successivamente è stata raccolta la cartografia tematica (topografica, geologica e geomorfologica) del territorio da indagare ed è stata quindi effettuata un'indagine speditiva delle caratteristiche del paesaggio, mediante la lettura di carte topografiche di dettaglio (Tav. IGM 202 II S.E. "Pulsano"). Sono stati infine effettuati dei rilevamenti diretti in campagna, allo scopo di definire le forme principali del paesaggio e di caratterizzare le unità del Pleistocene superiore. I dati acquisiti sono stati sintetizzati in una serie di tavole tematiche. Mediante i rilievi effettuati è stata individuata una gradinata composta da n.6 ordini di terrazzi marini. Inoltre, la realizzazione di uno scavo per fini edilizi effettuato in località Mass. Porvica durante il periodo di acquisizione dei dati in campo (maggio 2010) ha permesso di osservare la locale successione stratigrafica. La sezione è ubicata proprio in corrispondenza del gradino morfologico che separa il terrazzo del II ordine da quello immediatamente successivo. Lungo la sezione è ben visibile il contatto a mantello tra i depositi marini del terrazzo del III ordine su quelli del II, caratterizzati da sabbie ad elevato contenuto algale e grossi depositi di *Cladocora caespitosa* in posizione fisiologica. In tale occasione è stato possibile prelevare un fossile del suddetto corallo che è stato consegnato al Museo dell'Ambiente dell'Università del Salento. Ma oltre alle forme marine relitte, l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di forme eoliche e fluviali. Per quel che attiene le prime sono da segnalare diversi cordoni dunari, i quali segnano il margine esterno dei terrazzi più importanti. I più antichi costituiscono un potente deposito sul margine esterno del terrazzo del I ordine. Tali depositi sono ben visibili in corrispondenza delle cave (i depositi dunari costituiscono un importante risorsa di materiale di costruzione localmente chiamato "carparo") presenti in località Mass. Montemanco, con quota massima di 51 m s.l.m. Un secondo cordone dunare marca il margine del II ordine, come nei pressi di Mass. Porvica e raggiunge la sua massima quota a quota 24 m s.l.m. Altre dune relitte si rilevano sulla superficie del margine esterno del terrazzo del III ordine. In corrispondenza della linea di riva affiora invece un potente deposito dunare di età medio-olocenica coperto da sabbie sciolte, di color marroncino, riferibile ad una fase di formazione della stessa in età greco-romana. Il paesaggio costiero di Lizzano è segnato anche da

alcune incisioni fluviali relitte, tra cui il Canale dei Cupi. Questo si allunga in direzione N-S ai piedi della Serra di San Giorgio Jonico fin sul margine interno del terrazzo del I ordine, dove è presente l'area endoreica di San Gennaro. Le peculiarità dell'area investigata forniscono informazioni sul Quaternario, in particolare sulle variazioni del livello del mare, grazie proprio alla presenza dei terrazzi marini, ben individuabili nell'area che dal centro abitato di Lizzano si dirige verso la litoranea, fino a Torre Zozzoli (localmente denominata "Torre Sgarrata"). Tuttavia, un'opera di valorizzazione di un sito, o di un'area come in questo caso, presuppone innanzitutto l'iniziativa di un gruppo di persone che condividano l'interesse a trovare la soluzione migliore per una buona gestione dello stesso, mosse anche un senso di appartenenza. Nel caso specifico la presenza nell'area di Isole Amministrative del Comune di Taranto potrebbe pertanto rappresentare un ostacolo alla definizione dei suoi confini. Ma in una località a vocazione turistica come Lizzano, molto apprezzata per il suo vino e soprattutto per lo splendido mare, si dovrebbe pensare a strutturare un turismo di tipo geologico-naturalistico, come alternativa al turismo di massa tipicamente stagionale. Un geosito può rappresentare in tal senso una importante occasione di sviluppo economico per le realtà locali. Esso avrebbe un ruolo di primaria importanza per la comprensione della storia geologica del territorio, oltre che per la tutela del paesaggio, della biodiversità, per l'educazione ambientale oltre che per gli aspetti economici derivanti. I beni geologici e geomorfologici non sono risorse rinnovabili, per questo non possono essere lasciati al loro destino, ma vanno valorizzati. La valorizzazione dei geositi di Lizzano, con la loro rappresentatività e l'interesse scientifico che ne scaturisce dalla loro rarità, potrebbe apportare un valore educativo aggiuntivo alle Scienze della Terra a livello locale, grazie alla loro rilevanza paesaggistica. A tale scopo si potrebbe sfruttare la viabilità provinciale già esistente e creare un percorso dedicato alla mobilità dolce (e.g., piedi, bici, cavallo, etc.) che, nella parte più a nord dell'area, potrebbe legarsi alle strade vicinali ed ai tratturi per toccare la località Mass. Montemanco, dove risulta ben esposto il deposito del cordone dunare del terrazzo pre-tirreniano. Il percorso ciclo-pedonale potrebbe continuare verso la linea di riva andando così a costituire una pista ciclabile a servizio dei turisti che dal centro abitato di Lizzano si spostano verso i lidi. In corrispondenza dei

punti notevoli, molti dei quali marcati dalla presenza di masserie fortificate, tra l'altro, si potrebbero realizzare delle piazzole per la sosta in sicurezza dei veicoli da musealizzare con pannelli informativi a basso impatto visivo. All'ingresso della città, si potrebbe implementare un servizio di *sharing mobility* per la visita del sito e della litoranea, dando così un'alternativa all'utilizzo delle automobili, diminuendo l'impatto sul sistema dunale. Torre Zozzoli potrebbe configurarsi come zona parcheggio per le stesse bici, oltre che come area ristoro per i visitatori. La suddetta è una torre di avvistamento antisaracena risalente al '500 d.C. Questa, assieme a Torre Castelluccia e Torre Canneto (ormai scomparsa), faceva parte, con Mass. La Torretta, di un importante sistema di difesa. La stessa torre, simbolo di un passato e di una concezione di vita basata sulla necessità quotidiana di difesa da un nemico da respingere a tutti i costi, potrebbe ora acquistare una nuova funzionalità, divenendo un centro didattico e d'accoglienza ricco di informazioni e strumenti (anche di nuova tecnologia) per la conoscenza e la salvaguardia del sito. In questo centro visite potrebbero, ad esempio, lavorare delle guide accreditate e da qui potrebbero essere avviate delle visite guidate, sia nell'entroterra che lungo la linea di riva e/o in barca. Lungo il percorso che dall'abitato si dirige verso la linea di riva sarà opportuno installare cartellonistica, possibilmente in direzione dei nodi principali del percorso, che fornisca ulteriori informazioni sui vari terrazzi marini e sulle peculiarità dell'area, fruibili anche mediante *QR-Code* leggibile con apposita *App* per dispositivi mobili, da sviluppare *ad hoc*. Per un'adeguata promozione del Parco occorrerebbe inoltre realizzare un sito *web*. Importante sarà promuovere conferenze o eventi riguardanti la geologia ambientale, per offrire a tutti l'opportunità di entrare in contatto con un mondo, quello delle Scienze della Terra, che appare arido ma che invece può essere raccontato come una storia interessante, se chi lo racconta sa trasformare il linguaggio dello specialista nel linguaggio comune del pubblico. Valorizzare un geosito vuol dire offrire occasioni di sviluppo, creando nuove figure professionali o valorizzando quelle del settore naturalistico-geologico, esperte anche nella comunicazione. Tutto questo innescerebbe una crescita di domanda turistica e quindi la nascita di nuove imprese legate al settore, che dovranno tuttavia rispondere a dei requisiti di sostenibilità, per uno sviluppo che guardi anche alle future generazioni.

La spettroscopia vis-NIR a supporto delle indagini di caratterizzazione delle aree agricole potenzialmente contaminate

The vis-NIR spectroscopy a characterization investigation support of the agricultural aree potentially contaminated

Parole chiave: spettrografia VIS-NIR, caratterizzazione ambientale aree agricole
Key words: VIS-NIR spectrography, environmental characterization, agricultural areas

Natalia Leone⁽¹⁾, Annamaria Basile⁽²⁾, Antonio Pasquale Leone⁽³⁾, Vito Felice Uricchio⁽¹⁾, Valeria Ancona^{(1)*}

(1) Istituto di Ricerca Sulle Acque - Consiglio Nazionale delle Ricerche (IRSA-CNR), Bari

(2) Sezione Ciclo Rifiuti e Bonifiche - Regione Puglia, 70121 Bari

(3) Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo - Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISAFoM-CNR), 80055 Portici (NA)

*Autore referente

E-mail: ancona@irsa.cnr.it

L'utilizzo di tecnologie innovative per la valutazione dello stato di contaminazione dei suoli sta diventando sempre più un prerequisito fondamentale nelle attività di caratterizzazione di suoli potenzialmente contaminati. Le tradizionali analisi di laboratorio richiedono notoriamente tempi di acquisizione e di elaborazione piuttosto lunghi e sono solitamente molto costose, quindi non sempre idonee per indagini su vaste aree, dove il numero di campioni da analizzare è spesso molto elevato. In tal senso, la spettroscopia nel dominio visibile-infrarosso vicino (vis-NIR)

si è dimostrata una valida alternativa alle analisi tradizionali di laboratorio poiché richiede tempi di acquisizione più rapidi e costi più sostenibili; inoltre, è una tecnica riproducibile, ripetibile e non distruttiva (Nocita *et al.*, 2015), non prevede l'utilizzo di reagenti chimici e, soprattutto, consente di analizzare contemporaneamente diverse proprietà del suolo (Viscarra Rossel *et al.*, 2006) attraverso l'acquisizione di misure di riflettanza spettrale (ovvero del rapporto tra la radiazione riflessa dalla superficie del suolo e quella su di esso incidente) che possono essere eseguite sia in campo che in laboratorio.

La spettroscopia vis-NIR, già ampiamente adottata a livello internazionale in ambito pedo-agronomico per l'analisi delle proprietà chimiche, fisiche e mineralogiche dei suoli, negli ultimi decenni ha trovato applicazione anche nella caratterizzazione di suoli contaminati; particolare attenzione è stata rivolta all'analisi per via spettro-radiometrica di alcuni metalli pesanti (Kooistra *et al.*, 2001; Kemper e Sommer, 2002; Wu *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2014; Sun *et al.*, 2018; Galeone *et al.*, 2021) e allo sviluppo di modelli predittivi di tali contaminanti inorganici nelle specifiche condizioni pedo-ambientali delle

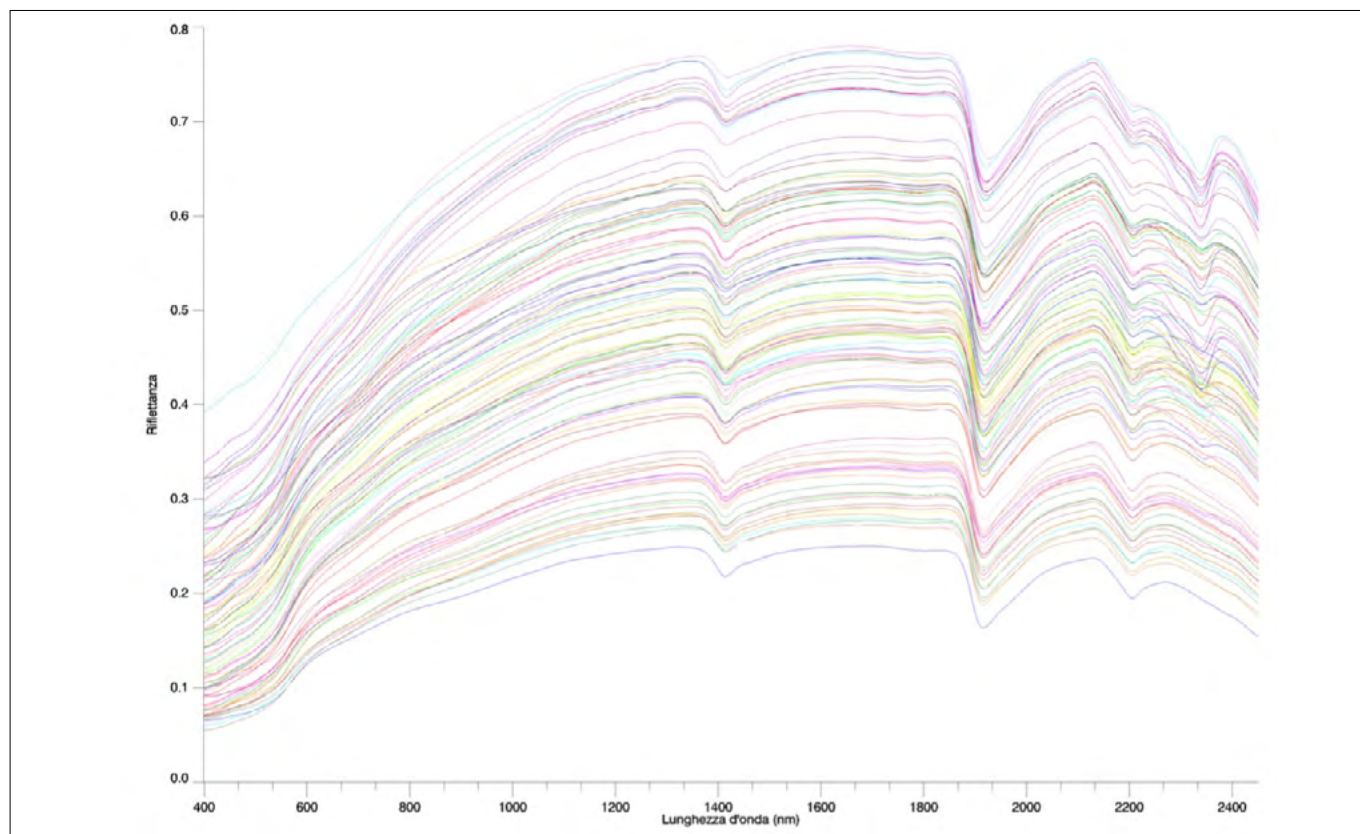


Figura 1. Spettri di riflettanza dei 108 campioni di suolo analizzati

aree indagate. Recentemente, alcuni studi condotti dal gruppo di ricerca del CNR-IRSA di Bari (Ancona *et al.*, 2019a, 2019b; Leone *et al.*, 2022) hanno valutato per la prima volta le potenzialità di questa tecnica per l'analisi di suoli fortemente contaminati da Policlorobifenili (PCB) ricadenti in un sito industriale situato nell'area vasta del Comune di Statte (TA); i risultati della ricerca condotta hanno dimostrato che, in suoli con elevate concentrazioni di PCB, è possibile discriminare con buona accuratezza la presenza di tali contaminanti a partire dai parametri del colore nei diversi sistemi colorimetrici (Munsell, CIE L*a*b*, CIE L*u*V*,...), calcolati utilizzando la sola porzione visibile degli spettri di riflettanza acquisiti (Ancona *et al.*, 2019a, 2019b); utilizzando, invece, l'intero spettro di riflettanza è stato possibile calibrare modelli predittivi del contenuto di alcuni congeneri di PCB, relazionando statisticamente le misure di riflettanza spettrale ai risultati delle analisi chimiche di laboratorio, attraverso metodi statistici multivariati (Leone *et al.*, 2022).

Una recente applicazione della spettroscopia vis-NIR come tecnologia innovativa a supporto alle indagini di caratterizzazione di suoli potenzialmente contaminati ha interessato 73 aree agricole ricadenti nell'area vasta del Comune di Statte (TA) prossima al SIN di Taranto. Lo studio, condotto ai sensi del recente D.M. 46/2019, è stato finalizzato a rilevare la presenza di alcuni contaminanti organici e inorganici, in particolar modo di diossine (PCDD), PCB e metalli pesanti, su 108 campioni compositi di suolo derivanti dalla miscelazione di campioni elementari prelevati in corrispondenza delle 73 aree omogenee di indagine. Sui campioni compositi sono state realizzate: analisi chimiche di laboratorio per la determinazione di microinquinanti organici (PCDD e PCB-Dioxin Like), alcuni metalli pesanti, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e composti organici; analisi granulometriche e di alcune proprietà chimico-fisiche dei suoli (pH, CSC, FOC, sostanza organica,...); analisi spettroscopiche nel dominio vis-NIR; analisi dell'attività microbica e presenza/attività dei microrganismi PCB degradatori sul 10% del totale dei campioni.

Le misure di riflettanza spettrale ed i risultati delle loro elaborazioni sono stati raccolti in una libreria spettrale; le informazioni contenute nella libreria spettrale saranno successivamente relazionate ai risultati delle analisi

chimiche di laboratorio, al fine valutare le effettive potenzialità della spettroscopia vis-NIR nella caratterizzazione dello stato di contaminazione dei suoli nelle specifiche condizioni pedo-ambientali dell'area vasta di indagine.

Sebbene l'interpretazione dei risultati delle analisi finora condotte sia ancora in corso, una valutazione preliminare del database chimico ha evidenziato che alcuni campioni compositi mostrano superamenti della CSC prevista dal D.M. 46/2019 (6 ng/kg) per il parametro sommatoria diossine+PCB *Dioxin Like* (PCDD+PCB-DL). Alla luce di ciò, sono stati condotti alcuni approfondimenti preliminari che hanno riguardato:

- l'analisi della distribuzione spaziale dei campioni di suolo in cui sono stati riscontrati superamenti della CSC normativa per il parametro PCDD+PCB-DL;
- l'elaborazione degli spettri di riflettanza (Fig. 1), finalizzata al calcolo delle coordinate colorimetriche, per valutare le possibili relazioni tra il colore dei suoli e le diverse concentrazioni di PCB, secondo l'approccio metodologico sperimentato da Ancona *et al.* (2019a, 2019b).

A tal proposito, le prime valutazioni condotte dimostrerebbero che quando la concentrazione di PCB nei suoli è relativamente bassa non è possibile discriminare la presenza di tali contaminanti organici utilizzando i soli parametri del colore.

Ulteriori elaborazioni e approfondimenti saranno realizzati al fine di identificare e quantizzare alcune *features* spettrali caratteristiche degli specifici costituenti del suolo (posizione, profondità, asimmetria, larghezza e area di ciascuna banda di assorbimento).

Combinando i database spettrali con quello chimico, verranno calibrati modelli predittivi di alcune proprietà dei suoli indagati, oltre che dei contaminanti rilevati, applicando metodi di regressione statistica, che relazionano l'abbondanza dei costituenti del suolo all'ampiezza di specifiche bande di assorbimento.

In conclusione, la spettroscopia vis-NIR può essere considerata un valido strumento di supporto alle indagini di caratterizzazione di siti contaminati che può essere applicato, in sostituzione o ad integrazione delle analisi convenzionali di laboratorio, anche nelle fasi di *pre-screening* e di monitoraggio dello stato di qualità ambientale dei suoli, velocizzando così i tempi di acquisizione e di elaborazione dei risultati e ottimizzando le risorse economiche a disposizione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ANCONA V., LEONE N., GALEONE C., BAGNUOLO G., URICCHIO V.F., LEONE A.P. (2019a), *Using spectrometric colour measurement for the prediction of soil PCBs in a contaminated site of Southern Italy*. Water, Air & Soil Pollution, 230 (3): 2-18.
- ANCONA V., LEONE N., GALEONE C., BAGNUOLO G., URICCHIO V.F., LEONE G., LEONE A.P. (2019b), *Uso di misure spettro-radiometriche del colore per la predizione dei contenuti di policlorobifenili (PCB) nei suoli: caso studio di un'area industriale dismessa del sud Italia*. Geologia dell'Ambiente, Bonifica dei siti inquinati: 15-21.
- GALEONE C., LEONE N., ANCONA V., LEONE A.P., URICCHIO V.F. (2021), *Utilizzo della spettroscopia vis-NIR per la caratterizzazione di suoli potenzialmente contaminati da metalli pesanti*. Monografie di Geologia Ambientale: 83-94
- KEMPER T. E SOMMER S. (2002), *Estimate of heavy metal contamination in soils after a mining accident using reflectance spectroscopy*. Environ. Sci. Technol. 36 (12): 2742-2747.
- KOOISTRA L., WEHRENS R., BUYDENS M.C., LEUVEN R.S.E.W., NIENHUIS P.H. (2001), *Possibilities of soil spectroscopy for the classification of contaminated areas in river floodplains*. Journal of Applied Geology, 4: 337-344.
- LEONE N., ANCONA V., GALEONE C., MASSARELLI C., URICCHIO V.F., LEONE A.P. (2022), *Vis-NIR reflectance spectroscopy and PLSR to predict PCB content in severely contaminated soils: a perspective approach*. Applied sciences, 12, 8283.
- NOCITA M., STEVENS A., VAN WESEMAEL B., AIT-KENHEAD M., BACHMANN M., BARTHÈS B., BEN-DOR E., BROWN D.J., CLAIROTTE M., CSORBA A., DARDENNE P., DEMATTE J.A.M., GENOT V., GUERRERO C., KNADEL M., MONTANARELLA L., NOON C., RAMIREZ-LOPEZ L., ROBERTSON J., SAKAI H., SORIANO-DISLA J.M., SHEPHERD K.D. STENBERG B., TOWETT E.K., VARGAS R., WETTERLIND J. (2015), *Soil spectroscopy: an alternative to wet chemistry for soil monitoring*. Advances in Agronomy, 132:139-159.
- SUN W., ZHANG X., SUN X., SUN Y., CEN Y. (2018), *Predicting nickel concentration in soil using reflectance spectroscopy associated with organic matter and clay minerals*. Geoderma, 327: 25-35.
- VISCARRA ROSSEL R.A., WALVOORT D.J.J., MC BRATNEY A.B., JANIK L.J., SKJEMSTAD J.O. (2006), *Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties*. Geoderma, 131 (1-2), 59-75.
- WANG J., CUI L., GAO W., SHI T., CHEN Y., GAO Y. (2014), *Prediction of low heavy metal concentration in agricultural soil using visible and near-infrared reflectance spectroscopy*. Geoderma, 216: 1-9.
- WU Y., CHEN J., WU X., TIAN Q., JI J., QIN Z. (2005), *Possibilities of reflectance spectroscopy for the assessment of contaminant elements in suburban soils*. Appl. Geochem., 20 (6): 1051-1059.

Economia Circolare - Tecnologie on/off site per le bonifiche ed il recupero delle terre

Marco Mendola
Petroltecnica Spa
E-mail: marco.mendola@petroltecnica.it

Circular Economy - On/off site technologies for soil remediation and recovery

Parole chiave: economia circolare, sostenibilità, bonifiche, recupero
Key words: circular economy, sustainability, reclamation, recovery

La buona salute delle risorse naturali e del territorio sono il motivo del fare impresa di Petroltecnica: attività, processi e innovazioni sono costantemente volti a generare un impatto positivo e benefico sull'ambiente.

Perché tutto ciò sia possibile e per lavorare nel rispetto dell'ambiente, in Petroltecnica il concetto di circolarità è imprescindibile dal business e intrinseco nella spina dorsale aziendale. Dalla bonifica di aree inquinate, al recupero dei rifiuti, dall'uso efficiente delle risorse, alla riduzione delle emissioni, ogni singola attività è programmata per generare il minor impatto possibile. Ognuna di esse è strettamente legata alle altre, andando a strutturare un processo virtuoso circolare che crea valore nel lungo periodo.

Nel corso del 2021, Petroltecnica ha scavato ed estratto 83.090 tonnellate di terreno a seguito dello svolgimento delle attività di bonifica di siti contaminati. Di queste, il 79% è stato conferito in impianti di trattamento/recupero autorizzati. Il processo virtuoso di recupero ha permesso di dare nuova vita a 12.200

tonnellate di terreno che, rigenerato come materia prima seconda, è stato riutilizzato in sostituzione della materia prima provenienti da cave. Durante le attività di bonifica si persegue la circolarità anche attraverso il riutilizzo dell'acqua di falda emunta.

LA GESTIONE DEI RIFIUTI E L'ECONOMIA CIRCOLARE

Considerato che in Italia la modalità di intervento in siti da bonificare maggiormente applicata è SCAVO e SMALTIMENTO a causa di:

- contaminazioni eterogenee,
- richiesta di tempi rapidi,
- certezza del raggiungimento degli obiettivi di bonifica,
- nessuna limitazioni d'uso dell'area,

Petroltecnica, dall'analisi accurata del mercato e delle principali problematiche in termini di inquinamento, con l'esperienza e la conoscenza delle tecnologie oggi a disposizione per restituire l'originale qualità a quei territori che sono stati profondamente alterati dall'azione antropica, ha sviluppato il

suo modello di business di SCAVO e RECUPERO

basato su una gestione accurata e attenta dei rifiuti prodotti nell'ambito delle attività di bonifica. In particolare, i rifiuti derivanti dalle attività predette sono gestiti secondo i criteri normativi vigenti e vengono conferiti nelle varie piattaforme di trattamento, proprie o di terzi, in base alla prossimità dal cantiere da cui vengono prodotti. Nelle piattaforme di trattamento proprietarie vengono gestiti e trattati rifiuti provenienti sia da lavorazioni proprie che di soggetti terzi, come:

- terreno contaminato da sostanze pericolose e non,
- materiale di demolizione,
- acque contaminate,
- "morchie" derivanti dalla pulizia di cisterne e serbatoi di stoccaggio carburanti.

Le piattaforme polifunzionali dislocate sul territorio nazionale, hanno come obiettivo quello di eliminare e/o ridurre l'impatto complessivo degli inquinanti nell'ambiente naturale, recuperando o stabilizzando materiali conta-

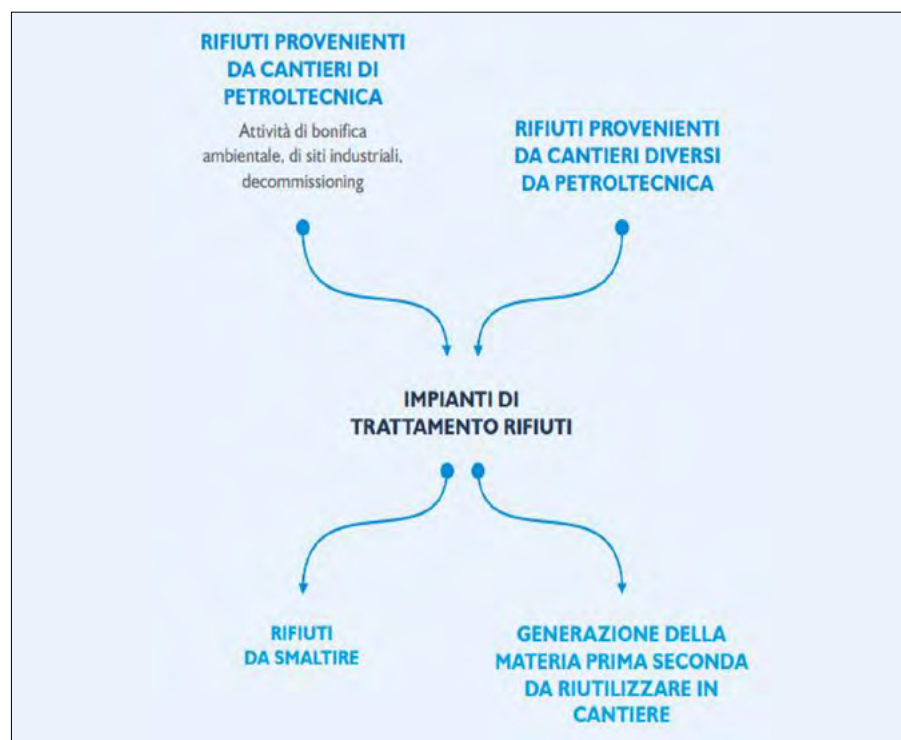
Quanto sia urgente il recupero e la tutela delle risorse naturali, per contrastare il consumo di suolo e di acqua in Italia, viene evidenziato dai numeri:

Il consumo di suolo in Italia continua ad avanzare incessantemente. Secondo il rapporto di SNPA1, solo nel 2020 il cemento e l'asfalto hanno ricoperto altri 57 km² di superfici naturali, quasi 2 m² al secondo per un totale di oltre 21.000 km² del territorio italiano ricoperto da costruzioni artificiali. A fronte di questi dati, la riqualificazione delle aree dismesse procede lentamente, nonostante i 500 milioni di euro stanziati dal PNRR: attualmente, si stima infatti che la superficie interessata dai procedimenti di bonifica in capo alle Regioni è pari a 665,6 km², solo lo 0,22% del territorio italiano². Anche la situazione delle acque presenta diverse criticità: secondo l'OMS, infatti, l'Italia utilizza in media tra il 30% e il 35% delle proprie risorse idriche rinnovabili, a fronte dell'obiettivo europeo di efficienza che prevede di non estrarre più del 20%. Dati che collocano il Paese tra quelli che in Europa sono soggetti a uno stress idrico medio-alto, con il 26% della popolazione in grave carenza di acqua. L'Italia è anche il primo stato europeo per prelievi di acqua a uso potabile con oltre nove miliardi di metri cubi all'anno, pari a 152 m³ di acqua prelevata per abitante all'anno (dato ISTAT).

1. Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" prodotto dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), 2021
2. Rapporto "Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia: i dati regionali", 2021

minati e generando quindi una quantità ridotta di rifiuti, con una contaminazione complessiva minore di quella in ingresso. Tutto il processo di gestione del rifiuto e della sua decontaminazione è monitorato e tracciato digitalmente dalla presa in carico al conferimento finale accertato con il certificato di avvenuto smaltimento o trattamento come previsto dalla normativa (registri di carico/scarico e formulari per il trasporto del rifiuto - FIR). Le piattaforme di trattamento dei rifiuti di proprietà nascono direttamente dall'applicazione del concetto di circolarità, in quanto sono stati progettati con particolare attenzione al recupero di rifiuti terrosi, che trovano una seconda vita come materia prima seconda. Tali materiali, quando non classificabili come rifiuti da normativa, possono essere riutilizzati in sito o come sottoprodotti in un'ottica di economia circolare e vengono solitamente destinati all'industria edilizia e utilizzati per usi strutturali o materiali non strutturali secondo le norme UNI: 13242 e 11531. I materiali per usi strutturali consistono in aggregati (di varie granulometrie) utilizzabili nelle aree portanti di strade, autostrade, porti, ferrovie e fondazioni, mentre quelli per usi non strutturali, consistono in materiale inerte o terroso (di varie granulometrie) destinato ai riempimenti, rimodellamenti morfologici, contenimento dell'impatto acustico, capping (copertura infrastrato e finale) di discariche.

Nelle piattaforme di Petroltecnica i rifiuti vengono gestiti seguendo il flusso riportato nello schema:



In Petroltecnica il processo di gestione dei rifiuti provenienti dai diversi cantieri di bonifica è finalizzato al massimo recupero possibile. Osservando, infatti, i dati riportati nel triennio 2019-2021 si sono processate 162.849 tonnellate di rifiuti nelle piattaforme di proprietà. Di queste, ben 150.480 tonnellate (92%) sono state trattate presso le linee tecnologiche installate.

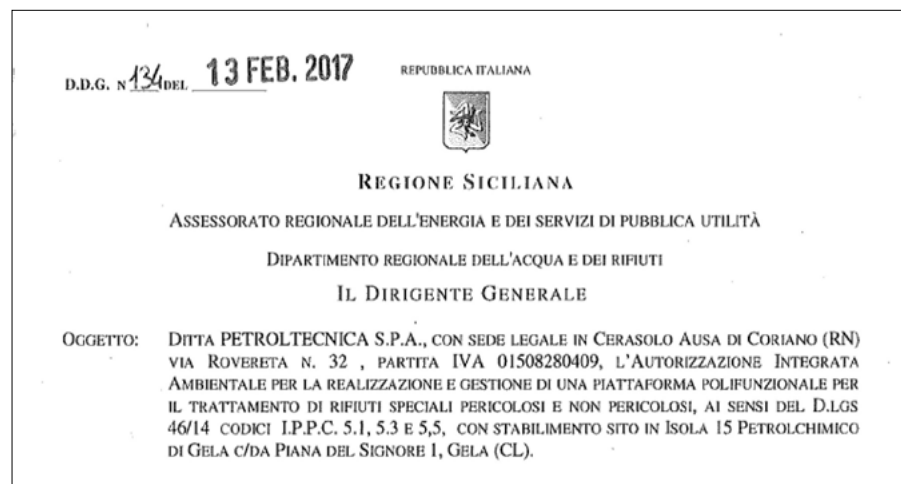
Al termine del processo di trattamento è stato possibile ricavare 131.082 tonnellate di materia prima seconda, principalmente terreni da riutilizzare nuovamente per usi strutturali e non strutturali. La restante parte fa riferimento ai rifiuti ritirati ma non trattati, che sono stoccati presso le piattaforme proprietarie per poi essere trasferiti in impianti terzi. I dati sono riportati su base triennale poiché il processo di riqualificazione dei rifiuti richiede un lasso di tempo per la decontaminazione (es. i rifiuti ritirati nel 2019 potrebbe-

ro essere trattati nel 2020 per produrre materia prima seconda nel 2021) e non risulta possibile correlare i risultati di ingresso dei rifiuti negli impianti ai singoli anni di riferimento. I trattamenti principalmente utilizzati sono stati la Bioremediation e il Soil-Washing.

CASO STUDIO

PIATTAFORMA POLIFUNZIONALE PER IL TRATTAMENTO DI RIFIUTI SPECIALI UBICATA NEL COMUNE DI GELA - ISOLA 15 DELLA RAFFINERIA DI GELA

Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) acquisita successivamente alla conclusione della «Campagna di attività per le operazioni di recupero/smaltimento di rifiuti» autorizzata ai sensi dell'art. 208 comma 15 del D.Lgs. 152/06 (come impianto SW on site mobile) per il trattamento di 27.000 ton di terre.



La piattaforma è sita all'interno della Raffineria di Gela che, concluso la sua attività di raffinazione, ha lottizzato e dato la possibilità di sviluppare idee imprenditoriali all'interno del proprio perimetro. I principali vantaggi derivanti dalla scelta di tale ubicazione sono i seguenti:

- Trattamento di terreni contaminati prodotti nello stesso luogo dal quale vengono scavati (prevalentemente RaGe nell'ambito della sua riconversione);
- Risparmio di anidride carbonica - Trattamento a km 0;
- Risparmio dei costi di trasporto su gomma;
- Sviluppo dell'economia nazionale vs economia di Paesi esteri;
- Riutilizzo dei terreni trattati (MPS-EoW) a chiusura del ciclo virtuoso di recupero;



- Possibilità di accogliere terreni da siti esterni alla Raffineria;
- Incremento occupazionale in un territorio riconosciuto come Area di crisi industriale complessa.

Le linee di trattamento e recupero autorizzate e ad oggi installate sono di seguito esplicitate:

Linee autorizzate in AIA	Capacità massima
Messa in riserva/deposito preliminare	8000 t
Linee di Trattamento	Capacità autorizzata (t/anno)
A1 - Impianto Chimico-fisico liquidi	20.000
B1 - Desorbimento termico (da realizzare)	28.500
B2 - Inertizzazione	31.500
B3 - Soil Washing	60.000
B4 - Bioremediation	50.000
B5 - Selezione e cernita, deferrizzazione, triturazione (da realizzare)	23.000
C1 - Stoccaggio ed eventuale ricondizionamento	6.000
TOTALE	219.000

A1 - TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO LIQUIDI (OPERAZIONE D9)

Qui confluiscono sia i flussi derivanti dalla depurazione dell'acqua piovana dei piazzali di stoccaggio dei rifiuti, sia i liquidi inquinati estratti dal sottosuolo nell'ambito dei procedimenti di messa in sicurezza e bonifica. In base alle tipologie di contaminazione presenti, dovute ad esempio alla presenza di sostanze organiche disciolte, solidi sospesi, sospensioni ed emulsioni di sostanze organiche insolubili o metalli pesanti, l'impianto può attuare specifiche sezio-

ni di trattamento, al fine di ottenere un refluo che rispetti opportuni standard di qualità e con caratteristiche idonee per lo scarico nel corpo recettore.

B2 - TRATTAMENTO DI INERTIZZAZIONE (OPERAZIONE D9)

Questo trattamento chimico-fisico sfrutta la capacità di formare legami chimici e fisici con i contaminanti, soprattutto di origine inorganica. Con l'ausilio di un mescolatore meccanico, il processo è in grado di bloccare le sostanze inquinanti all'interno del materiale grazie a una serie di reagenti. Il primo effetto positivo di questa tecnica è la disidratazione dei rifiuti trattati: in alcuni casi questa può essere sufficiente a ottenere MPS per l'industria di produzione del cemento, dei laterizi, delle ceramiche o delle argille espanse.

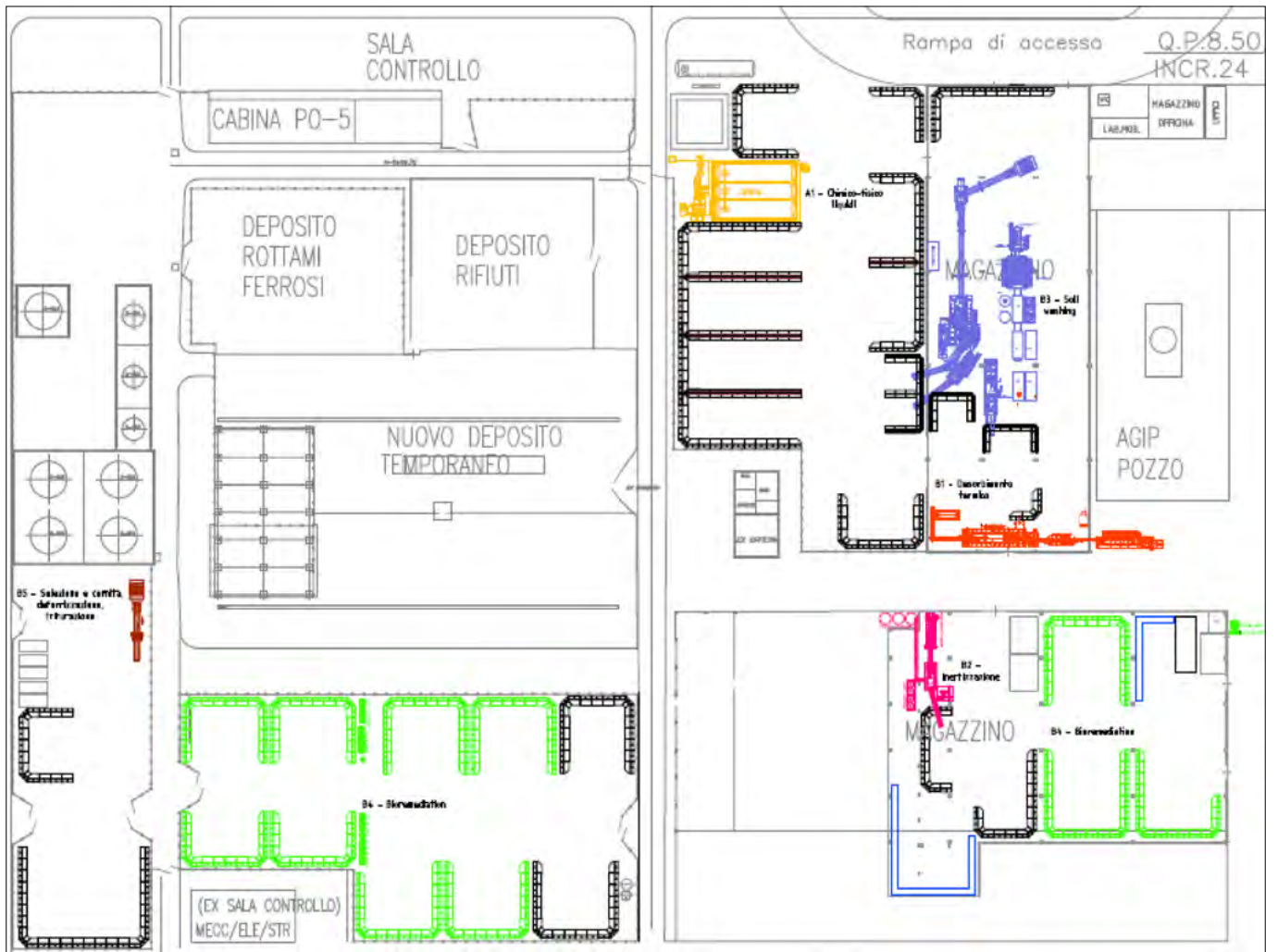
B3 - TRATTAMENTO DI SOIL-WASHING (OPERAZIONE R5)

Tecnologia di tipo chimico-fisico ad umido per la bonifica di materiali contaminati come terreni, fanghi, detriti, materiali da demolizione, basata sulla separazione del contaminante dalla matrice terrosa attraverso un processo di vagliatura (separazione granulometrica con apparecchiature meccaniche, quali vagli e mulini) e di lavaggio e filtrazione in soluzione acquosa (eventualmente in presenza di tensioattivi o agenti complessanti o sequestranti chimici). Perché tutto il processo comporti il minor spreco possibile, anche l'acqua contaminata proveniente da quest'ultima fase viene recuperata grazie al processo chimico-fisico sopracitato e riutilizzata nei lavaggi successivi. Questo percorso circolare è fondamentale per permettere un continuo riutilizzo di acqua rigenerata nei processi di bonifica, evitando che per ogni singolo lavaggio venga immessa acqua ex-novo e che

venga poi scaricata in fognatura o gestita come rifiuto. I prodotti in uscita dall'impianto consistono in una frazione solida pulita, pronta per essere riutilizzata come materia prima seconda, e in una frazione fangosa ridotta contenente i contaminanti che può essere smaltita come rifiuto o subire eventuali altri trattamenti.

B4 - TRATTAMENTO DI BIOREMEDIATION (OPERAZIONE R5)

Il terreno contiene normalmente una grande varietà di microorganismi, tra cui alghe, actinomiceti, funghi, protozoi e batteri, alcuni dei quali si nutrono di sostanze considerate tossiche per l'uomo. La Bioremediation è una tecnologia di trattamento biologico per terreni che, sfruttando proprio l'azione di questi batteri, riduce la concentrazione dei contaminati organici, fra cui i costituenti del petrolio tramite biodegradazione. All'interno di baie viene costruito un cumulo di terreno in strati (biopila), al cui interno sono posizionate tubazioni microfessurate con cui operare la ventilazione del cumulo, in modo da stimolare l'attività microbica aerobica di questi batteri. Grazie al processo metabolico di questi batteri, le molecole delle sostanze tossiche vengono progressivamente scisse in molecole di base (come anidride carbonica e idrogeno), fino al loro completo esaurimento. Grazie alla biodegradazione, è possibile ridurre le sostanze inquinanti nel terreno con gli stessi meccanismi ossidativi normalmente adottati per la produzione di compost. Servendosi di organismi biologici come funghi e batteri per ricostituire la salubrità di un terreno, questa tecnica permette di bonificare aree contaminate da benzine, cherosene e combustibili diesel secondo un procedimento del tutto ecologico e secondo natura, senza l'aggiunta di ulteriori componenti chimici o stimolazioni meccaniche.



Planimetria della Piattaforma polifunzionale di Gela nella sua completezza

Caratterizzazione chimico-fisica e biologica dell'area marina protetta Karaburun-Sazan ai fini della valutazione dei potenziali impatti dei cambiamenti climatici, baia di Valona, Albania

Chemical-physical and biological characterization of Karaburun-Sazan marine protected area to assess the potential impacts of climate change, Vlora Bay, Albania

Simone Modugno*
Consulta Ambiente IRSSAT

Rachele Castro
Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

Igli Pustina
Federata Shqiptare e Zhytjes - Albanian Diving Federation - CMAS.

Nexhip Hysolako
Administrata Rajonale e Zonave te Mbrojtura, Vlore.

Lorela Lazaj
Vlora Regional Agency of PAs/ Director.

Eno Dodbiba
PCU/UNDP, Project Technical Expert.

Violeta Zuna
PCU/UNDP, Project Manager

*Corresponding author

E-mail: moder1976@gmail.com

Parole chiave: MPA, over-grazing, silting, I CARLIT, Marine Litter
Key words: MPA, over-grazing, silting, I CARLIT, Marine Litter

INTRODUZIONE

Il “*Karaburun-Sazan Parku Detar*”, ossia il *Parco Marino del Karaburun-Sazan* è stata la prima Area Marina Protetta (AMP) ad essere istituita in Albania, con proclamazione avvenuta ufficialmente il giorno 28 aprile 2010 (Beqiraj *et al.*, 2010).

Con una superficie di circa 12.500 ha e una lunghezza di circa 17 km (Rajkovic & Kromidha, 2015), grazie all'elevata biodiversità floro-faunistica non esclusivamente marina ed alla particolare conformazione geologica che lo caratterizzano, può essere descritto come una “vera meraviglia vivente” della natura albanese.

Grazie agli importanti investimenti dell'*Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo* (AICS Tirana) ed alla gestione logistica e progettuale della *United Nations Development Programme* operante in Albania (UNDP Albania), nel periodo compreso dal 2018 al 2022, sono stati condotti diversi studi scientifici, allo scopo sia di implementare il livello di conoscenza sulla biodiversità marina locale, sia di impostare una prima valutazione delle modificazioni chimico-fisiche e geomorfologiche e una prima stima dei potenziali impatti apportati dai cambiamenti climatici in atto nella baia di Valona sulla componente biologica.

MATERIALI E METODI

L'esecuzione delle ricerche e dei piani di monitoraggio chimico-fisico e biologici è stata condotta da consulenti esperti e Ricercatori Scientifici italiani, in stretta collaborazione con NAPA (*National Agency of Protected Areas*), RAPA (*Regional Agency of Protected Areas*), *Federata Shqiptare e Zhytjes - Albanian Diving Federation - CMAS* e lo staff di UNDP Albania, responsabile della logistica locale. Le attività di monitoraggio ambientale sono state svolte secondo le indicazioni della Direttiva Quadro sulla Strategia per l'ambiente Marino UE 2008/56/CE, (MSFD, *Marine Strategy Framework Directive*) e i Protocolli Internazionali di Ricercatore Scientifico Subacqueo (ESDP, *European Scientific Diving Panel*). Negli ultimi 5 anni di lavoro sulla AMP, i biologi marini consulenti italiani hanno realizzato, applicando tutti i protocolli internazionali al momento vigenti, ricerche e indagini su: a) lo stato delle fanerogame marine lungo le coste della baia (in modo particolare nelle aree della AMP); b) il censimento e valutazione quali-quantitativa delle comunità bentoniche dei fondali sabbiosi e rocciosi; c) analisi chimico-fisiche della matrice acqua marina; d) aggiornamento dell'indice CARLIT per le coste della AMP; e) valutazione e stima degli stock ittici e della risorsa

demersale; f) tutela e salvaguardia delle specie carismatiche e di bandiera presenti.

RISULTATI

Al fine di seguire e comprendere i progressi nella gestione della AMP e il reale stato ambientale della stessa a seguito della sua istituzione (dal 2009-2010), ma soprattutto per iniziare a porre le basi per una futura valutazione dei potenziali impatti apportati dai cambiamenti climatici in atto, in questi ultimi 5 anni sono stati raccolti dati che hanno consentito di costruire un archivio digitale su base webGIS estremamente utile per:

1. Avviare un primo studio-censimento globale sulle biocenosi bentoniche marine sia di fondale sabbioso che di fondale roccioso (indagando dal piano mesolitorale al piano infralitorale), che ha portato alla restituzione delle prime mappe bionomiche dell'area di parco, associate alle principali caratteristiche geomorfologiche dei fondali marini limitrofi (*Atlante delle Mappe dell'Area Marina Protetta del Karaburun-Sazan*, Simixhiu *et alii*, 2021).
2. Impostare le campagne di analisi e monitoraggio per realizzare una prima mappatura, con restituzione cartografica (ad oggi ancora non

conclusa), delle praterie di *Posidonia oceanica*, *Cystoseira* spp. e delle altre fanerogame marine.

3. Implementare lo studio e la mappatura per l'applicazione dell'Indice *CARLIT* (*CARtography of LITtoral and upper-sublittoral benthic communities* o, in breve, cartografia litorale, Ballesteros *et al.*, 2007), un metodo cartografico, che sfrutta al meglio lo sviluppo lineare dei popolamenti superficiali in ambiente microtidale, in grado di restituire valori di sensibilità associati alle comunità caratteristiche delle scogliere superficiali e, quindi, di fungere da indice sintetico per lo stato di qualità ambientale per le scogliere e l'ambiente marino costiero in generale;
4. Migliorare i piani di monitoraggio istituzionale per la determinazione della qualità dell'acqua marina (attraverso prelievi e campionamenti effettuati sia su stazioni mobili che fisse), rilevando tutti i principali parametri chimico-fisici nelle acque superficiali (da 0 a -5 m) e lungo la colonna d'acqua (fino ai -30 m). Grazie ad uno specifico finanziamento è stato realizzato, per la prima volta in Albania, un sistema di monitoraggio autonomo e *real-time* (ancora oggi attivo) per il rilevamento della temperatura marina, grazie a *data-loggers* installati in stazione a colonna, dai -30 m alla superficie con circa 12 stazioni fisse, posizionate lungo le coste della penisola del Karaburun, dell'isola di Sazan, nelle lagune di Narta e di Orikum e lungo la costa di Valona e Radhima. Tale progetto ha consentito di ottenere un quadro conoscitivo preciso delle variazioni di temperatura nelle masse d'acqua internamente ed esternamente la baia di Valona che sta portando ad avere un modello del riscaldamento delle acque della baia su base correntometrica (studio in corso di pubblicazione).
5. Studiare gli stock ittici attraverso le tecniche di *Visual census*, condotto in immersione da personale esperto (Ricercatori Scientifici Subacquei e biologi marini). I dati derivanti dai censimenti visivi sono stati associati a quelli provenienti dal controllo ittico del pescato (condotto dai *Ranger* del Parco e dai biologi consulenti) presso le marinerie, le pescherie, le maricoltura, i mercati ittici e le corporazioni di pescatori locali.
6. Implementare il sistema di monitoraggio delle specie carismatiche

come la foca monaca *Monachus monachus* Hermann, 1779 (tornata a popolare la zona con anche successo riproduttivo), le tartarughe marine (soprattutto *Caretta caretta* Linnaeus, 1758) e i Cetacei marini (principalmente tursiopi e stenelle), allo scopo di tutelarli e proteggerli. Grazie ad uno specifico finanziamento AICS e all'intervento di UNDP e NAPA, il *Visitor Center* dell'AMP Karaburun-Sazan è stato dotato di un Centro per il Recupero e il Salvamento delle Tartarughe Marine in difficoltà: centro che funziona regolarmente, in collaborazione con altre realtà che già da tempo operano come ONG ambientali sul territorio, come INCA Albania (*Institute for Nature Conservation in Albania*).

CONSIDERAZIONI

L'AMP Karaburun-Sazan si configura come un laboratorio naturale che ha permesso e ancora sta consentendo di avviare le prime attività di ricerca in campo ambientale marino in Albania: rappresenta un parco marino dove UNDP e Università albanesi, unitamente al supporto di consulenti internazionali e grazie al supporto finanziario di AICS Tirana, stanno approfondendo sempre più la conoscenza degli equilibri ecologici delle aree a mare albanesi, ma anche le grandi problematiche esistenti. I dati ottenuti grazie ai protocolli di monitoraggio applicati, hanno permesso di approfondire lo stato di conoscenza della biologia dell'area sommersa e semi-sommersa (sia delle zone A e B di parco, ma anche delle aree limitrofe, zona C) e, per di più, hanno consentito di quantificare i progressi raggiunti nella gestione complessiva dell'AMP e il suo reale stato ambientale. Tali dati, pubblicati e disponibili nei numerosi Rapporti e Quaderni UNDP, sottolineano e confermano non solo il grande valore ambientale dell'AMP, ma soprattutto l'efficace buona gestione applicata a partire già dal 2009 da NAPA e RAPPA di Valona, con il supporto di UNDP Albania. Nonostante questo, i dati e i risultati finali concordano nel definire il grave pericolo che tutta l'area sta correndo per via dei veloci cambiamenti climatici in atto, amplificati dall'effetto derivante dalle forti pressioni antropiche cui tutta la costa è sottoposta. Ad esempio, i picchi di temperatura marina rilevati, spesso fuori scala (in fase di pubblicazione) e le grandi fluttuazioni della stessa, fanno ipotizzare un impor-

tante cambiamento in atto nel sistema correntometrico della baia (condizione riscontrabile anche a livello del Mar Jonio, Mar Egeo e del Mar Adriatico del sud, che si incrociano esattamente a livello dell'area di Valona), che si riflette nel depauperamento della risorsa demersale, negli elevati fenomeni di *over-grazing* ben evidenti lungo tutti i fondali tra gli 0 e i 25 metri, fuori e dentro la baia, nei livelli di eutrofizzazione, negli elevanti tassi di *silting* che stanno comportando un progressivo insabbiamento dei fondali. Questi aspetti, incluso l'effetto termico dei cambiamenti climatici, vanno ad aggiungersi alle molte pressioni di tipo antropico che già insistono da tempo lungo tutta la costa della baia di Valona quali: il velocissimo sviluppo urbano costiero, il continuo aumento di centri di maricoltura non off-shore, la presenza di grossi centri di raffinazione di idrocarburi, la presenza di un porto in crescita, la presenza di una base militare NATO attiva, lo sviluppo di un traffico marittimo commerciale intenso; la presenza di scarichi urbani e la crescente *Marine Litter*.

ACKNOWLEDGMENTS

Grazie ad AICS Tirana per il supporto economico e il grande lavoro logistico dell'UNDP con la NAPA e il Ministero del Turismo e dell'Ambiente albanese.

BIBLIOGRAFIA

- BALLESTEROS, E., TORRAS, X., PINEDO, S., GARCÍA, M., MANGALAJO, L., DE TORRES, M. (2007), *A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive*. Mar. Pollut. Bull. 55, 172-180.
- BEQIRAJ S., ZUNA V., DODBIBA E. (2010), *Plani Prioritar i Veprimet për ZMD "Sazan- Karaburun"*. GEF/UNDP. Tiranë, 74 faqe.
- RAJKOVIC Z., KROMIDHA G. (2015), *Management plan for National Marine Park Karaburun-Sazan*. UNDP, 100 PP. + ANNEXES.
- SIMIXHIU V., MODUGNO S., TURRICCHIA E. (2021), *Karaburun-Sazan Marine Protected Area Atlas of Maps*. Pubblicazione realizzata durante lo svolgimento del progetto di studio e valorizzazione della baia di Valona (Albania) finanziato da Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo (AICS Tirana), Ministero del Turismo e Ministero dell'Ambiente Albanese, Agenzia Nazionale delle Aree Protette Albanese (AKZM) e *United Nations Development Programme (UNDP Albania)*. Edizioni @2021 UNDP.

Analisi multi temporale dell'intensità e durata dall'aridità in Sicilia (1931 - 2015)

Multi-temporal analysis of the intensity and duration of dryness in Sicily

Parole chiave: Sicilia, intensità aridità, durata aridità, diagrammi ombro-termici
Key words: Sicily, intensity of dryness, duration of dryness, umber-thermal diagrams

Pietro Monforte

Assegnista di ricerca Università degli Studi di Catania

Rachele Castro

Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

Federico Maria Jelo Di Lentini

Dottorando in Scienze Politiche e Sociali Università degli Studi di Catania

Vincenzo Piccione

Comitato Scientifico IRSSAT

*Corresponding author

E-mail: pietro.monforte@unict.it

Oggi giorno l'analisi climatica privilegia le caratterizzazioni dinamiche attraverso opportuni modelli fisico-matematici finalizzati ad elaborare previsioni. In questo contesto la climatologia statistica permette di ottenere un agile profilo climatico di una determinata zona, utilizzando come parametri di input precipitazione e temperatura. Questo permette di caratterizzare, anche a piccola scala, la storia climatica di una specifica zona e di implementare gli scenari futuri (Monforte P. & Ragusa M.A., 2022).

Un ruolo fondamentale per queste tipologie di analisi viene attribuito al diagramma *ombrotermico* (Bagnouls & Gaussen, 1953), successivamente modificato da Walter & Lieth (1960). I dati in ingresso per la costruzione del diagramma sono rispettivamente i valori delle precipitazioni mensili P [mm] e i valori delle temperature medie mensili T [°C].

Tale diagramma consente di descrivere climi diversi in base al concetto di durata e intensità dell'aridità. Per definire la durata si ricorre al rapporto tra le precipitazioni mensili e le temperature mensili.

Quando si verifica la condizione

$$\frac{P}{T} < 2$$

il mese analizzato è considerato arido, iterando tale condizione per tutti i mesi dell'anno si ottiene la durata complessiva. Tale condizione è stata ampiamente validata da studi geobotanici, i quali tenevano conto della distribuzione della vegetazione mediterranea in funzione del pedoclima (Gaussen, 1954).

Per definire l'intensità occorre invece individuare l'area chiusa generata dall'intersezione delle due curve (precipitazione e temperatura), l'ampiezza di tale area è proporzionale all'intensità e

alla durata del periodo arido. Maggiore sarà l'area chiusa tanto più incisivo sarà il fenomeno dell'aridità. In Fig. 1 si riportano i diagrammi di Walter & Lieth costruiti per la regione Sicilia, relativi ai periodi 1931-1960, 1961-1990, 1991-2015 e 1931-2015. È possibile individuare facilmente l'area chiusa generata dall'intersezione della curva delle precipitazioni (blu) con la curva delle temperature (rossa).

Località vicine possono presentare scenari diversi in quanto nel diagramma si potrebbe avere un'estensione dell'area differente, ovvero intensità e durata dell'aridità diversi.

A tal fine è stata condotta una caratterizzazione dell'aridità dei 390 comuni siciliani (Monforte *et alii*, 2022 in press). Per valutare lo stato dell'aridità è stato effettuato il confronto tra quattro diagrammi ombrotermici relativi ai periodi 1931-1960, 1961-1990, 1991-2015 e 1931-2015.

Dai 1560 diagrammi ricavati, sono state estrapolate informazioni, le quali insieme all'Indice di Bagnouls & Gaussen (*BGI*), hanno consentito la valutazione di alcuni aspetti inerenti il fenomeno dell'aridità a scala comunale.

Dall'analisi dei quattro periodi si evince che il numero dei comuni sici-

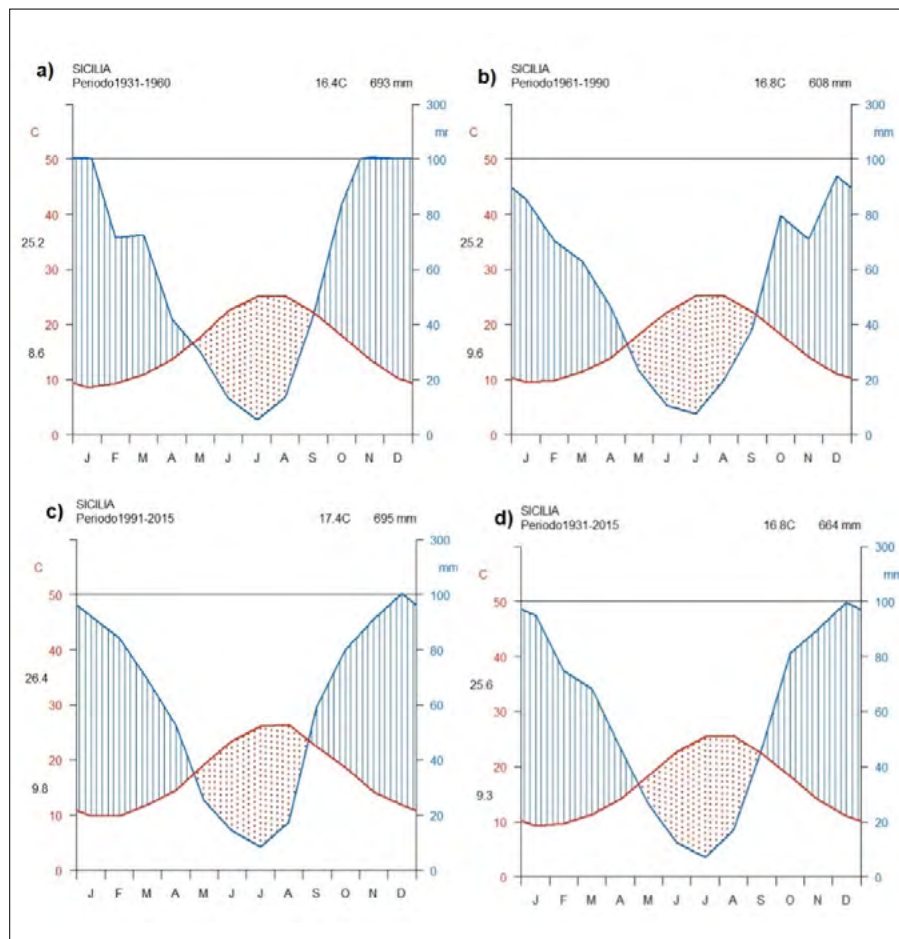


Figura 1. Diagrammi Walter & Lieth regione Sicilia per i periodi a) 1931-1960, b) 1961-1990, c) 1991-2015, d) 1931-2015

Tabella 1. Numero e percentuale dei Comuni siciliani secondo l'Indice di Bagnouls & Gausson (BGI)

BGI	1931-1960	1961-1990	1991-2015	1931-2015
Arido	258 (66,10%)	306 (78,45%)	232 (59,50%)	273 (70,00%)
Semiarido	96 (24,70%)	60 (15,40%)	111 (28,50%)	94 (24,10%)
Secco	34 (8,70%)	23 (5,90%)	44 (11,25%)	22 (5,65%)
Subumido	2 (0,50%)	1 (0,25%)	3 (0,75%)	1 (0,25%)

liani che ricadono nelle classi peggiori del BGI, ovvero arido e semiarido, oscilla da un minimo dell'88,0% (periodo 1991-2015) a un massimo del 93,8% (periodo 1961-1990) come evidenziato in Tab. 1.

Considerando la suddivisione per fasce altimetriche (ISTAT, 2018) dei Comuni siciliani si evince che sino ai 600 m s.l.m., quota che raggruppa ben 300 comuni sui 390, il valore medio del BGI, nei quattro periodi considerati, supera la soglia limite di 150, valore oltre il quale si ha una condizione di aridità.

Tabella 2. Intensità dell'aridità, secondo BGI medio, in funzione delle fasce altimetriche

Alt. s.l.m.	n° Comuni	1931-1960	1961-1990	1991-2015	1931-2015
< 300	149 (38,2%)	176,6	184,0	175,0	176,2
300 - 600	151 (38,7%)	164,5	174,2	158,5	164,2
601 - 900	72 (18,5%)	151,1	155,5	137,5	148,2
> 900	18 (4,6%)	140,7	143,9	123,4	136,7

Tabella 3. Durata dell'aridità (mesi) in funzione delle fasce altimetriche

Alt. s.l.m.	n° Comuni	1931-1960	1961-1990	1991-2015	1931-2015
< 300	149 (38,2%)	5 - 6	> 6	5 - 6	5 - 6
300 - 600	151 (38,7%)	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
601 - 900	72 (18,5%)	5 - 6	5 - 6	4 - 5	5 - 6
> 900	18 (4,6%)	4 - 5	5 - 6	4 - 5	4 - 5

La durata in mesi assume quasi sempre il valore compreso fra 5 e 6 mesi con picchi di oltre 6 mesi. In Tabb. 1 e 2 si riportano rispettivamente l'intensità dell'aridità e la durata in mesi in funzione delle fasce altimetriche.

Per quanto concerne l'esposizione dei versanti, il 57,7% dei Comuni siciliani

Tabella 4. Intensità dell'aridità, secondo BGI medio, in funzione dell'esposizione dei versanti

SW-SE	n° Comuni	1931-1960	1961-1990	1991-2015	1931-2015
> 50%	225 (57,7%)	170,1	177,2	163,7	169,6
< 50%	162 (42,3%)	159,4	167,1	153,4	158,2

presenta territori esposti prevalentemente a SW-SE, fattore che aggrava il problema dell'intensità dell'aridità essendo i versanti notoriamente più caldi, come evidenziato in Tabella 4.

La durata dell'aridità, per i quattro periodi analizzati, oscilla mediamente tra

Tabella 5. Durata dell'aridità (mesi) in funzione

n. mesi	1931-1960	1961-1990	1991-2015	1931-2015
> 6	79 (20,2%)	124 (31,8%)	56 (14,4%)	73 (18,7%)
5 - 6	163 (41,8%)	180 (46,7%)	160 (41,0%)	225 (57,7%)
4 - 5	115 (29,5%)	74 (20,5%)	159 (40,8%)	85 (21,8%)
< 4	33 (8,5%)	4 (1,0%)	15 (3,8%)	7 (1,8%)

i 5 e i 6 mesi per anno; gli anni in cui vengono superati i 6 mesi tendenzialmente

sono in diminuzione, come evidenziato in Tabella 5, grazie a un andamento pluviometrico tale da attutire l'effetto delle temperature medie elevate.

Dall'analisi complessiva del fenomeno dell'aridità e della sua variazione nel tempo si evince che i Comuni siciliani in cui la condizione di aridità è in atto sono circa il 60%, a differenza del trentennio 1961-1990 quando i Comuni interessati erano circa il 79%.

Anche la durata in mesi dell'aridità superiore a 6 mesi nell'ultimo periodo si è dimezzata rispetto al trentennio precedente.

BIBLIOGRAFIA

- BAGNOULS F. AND GAUSSEN H. (1953), *Saison sèche et indice xérothermique*. Doc. Carte port. Vég. Art. 8. Toulouse, 47 p.
- BAGNOULS F. AND GAUSSEN H. (1957), *Les climats biologiques et leur classification*. Annales de Géographie 66, 355: 193-220. Paris.
- ISTAT (2018), *Distribuzione della superficie dei comuni per fascia altimetrica* <https://www.istat.it/it/archivio>
- Gausson H. (1954), *Géographie des plantes*. FeniXX.
- MONFORTE, P., AND RAGUSA, M. A. (2022), *Temperature Trend Analysis and Investigation on a Case of Variability Climate*. Mathematics, 10 (13), 2202.
- MONFORTE P., CANCELLIERI F. AND PICCIONE V. (in press), *BIOCLIMA DEI COMUNI DI SICILIA. Aridità*. Collana editoriale dell'ASSOCEA Messina APS.
- WALTER H. AND LIETH H. (1960), *Klimadiagramm-Weltatlas*. G. Fischer Verlag, Jena.

Analisi multitemporale dell'intensità e durata della siccità in Sicilia (1931 - 2015)

Multitemporal analysis of the intensity and duration of drought in Sicily (1931 - 2015)

Parole chiave: Sicilia, intensità siccità, durata siccità
Key words: Sicily, intensity of drought, duration of drought

Pietro Monforte

Assegnista di ricerca Università degli Studi di Catania

Rachele Castro

Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

Federico Maria Jelo Di Lentini

Dottorando in Scienze Politiche e Sociali Università degli Studi di Catania

Vincenzo Piccione

Comitato Scientifico IRSSAT

*Corresponding author

E-mail: pietro.monforte@unict.it

Con il termine siccità si intende essenzialmente la carenza di piogge e in genere di acqua (per uso irriguo, industriale o civile) che si protrae per un lungo periodo di tempo, rendendo arido il suolo. La siccità si verifica frequentemente in combinazione con temperature elevate ma anche a prescindere da queste e, quindi, anche in inverno.

La carenza idrica è un fenomeno preoccupante che si presenta con sempre maggiore frequenza e che riguarda almeno l'11% della popolazione europea e il 17% del territorio dell'UE. Dal 1980, il numero dei casi di siccità in Europa ha registrato un aumento e un aggravarsi degli episodi, che hanno comportato costi stimati in 100 miliardi di euro negli ultimi trent'anni. Uno dei peggiori periodi di siccità si è verificato nel 2003 e ha coinvolto un terzo del territorio dell'UE e oltre 100 milioni di persone.

Negli anni tra il 1976 e il 2006, il numero delle aree e degli abitanti colpiti da siccità è salito all'incirca del 20% e il costo medio annuale è quadruplicato.

L'Europa non è un continente arido, ma le fonti di approvvigionamento idrico rappresentano attualmente un fattore di grande preoccupazione per almeno metà della sua popolazione. Come preoccupazione desta lo spreco delle risorse idriche che, in Europa, si stima sia compreso tra il 20 e il 40% (perdite nelle reti idriche, mancanza di impianti per il risparmio dell'acqua, irrigazione eccessiva e inutile, perdite da rubinetti ecc.) in un contesto nell'ambito del quale, ipotizzando uno scenario dei consumi e degli sprechi invariato, i consumi dei cittadini, dell'industria e dell'agricoltura potrebbero aumentare del 16% entro il 2030.

Per la quantificazione della pressione sulle risorse idriche si utilizza l'indice di sfruttamento idrico (WEI) che indica il rapporto tra la quantità di acqua estratta ogni anno e il totale delle risorse di

acqua dolce disponibili a lungo termine e che riflette, quindi, lo stress cui sono sottoposte le riserve idriche.

Un WEI superiore al 20% attesta una condizione di stress idrico delle riserve, un valore oltre il 40% diventa grave e l'uso delle risorse disponibili insostenibile. Cipro, Bulgaria, Belgio, Spagna, Italia e Malta registrano, ad oggi, un WEI del 20% o addirittura superiore.

In Italia il Comitato tecnico di coordinamento nazionale degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici, attraverso il sottogruppo "Indicatori", ha selezionato un set comune di indicatori - SPI, SRI, SSPI, SPEI, WEI+, fAPAR e SAI - in supporto e a integrazione, ove non già considerati, a quelli popolati e operativi in seno a ciascun osservatorio permanente, in modo da avere a livello nazionale una visione e un monitoraggio omogeneo delle situazioni di siccità e scarsità idrica.

In Sicilia il fenomeno della siccità si complica con quello dell'aridità e, a loro volta, ambedue si configurano come fattore di innesco della desertificazione. All'ampia letteratura già esistente (vedasi Piccione+Desertificazione sul web) di recente è consultabile il profilo del





L'indice bioclimatico adottato negli 11 Quaderni IRSSAT per definire l'intensità e la durata della siccità (IM) è di Mitrakos (1980). Si basa sui valori delle precipitazioni mensili muovendo dall'assunto che per precipitazioni inferiori a 50 mm le piante subiscono, in ambiente mediterraneo, uno stress dovuto alla carenza d'acqua, ovvero uno stress a causa della siccità. Tale indice viene calcolato mediante la relazione: $IM = 2 * (50 - p)$ dove p rappresenta la precipitazione media mensile (mm).

Dall'applicazione di tale relazione ne segue che per $p = 0$ (mm) $IM = 100$. Questa condizione rappresenta il valore massimo di siccità, viceversa per condizione che esclude il fenomeno della siccità.

Al fine di apprezzare le variazioni che l'IM subisce nel tempo, si è reso opportuno introdurre delle classi intermedie piuttosto che solo i due valori estremi 0 e 100.

Le classi introdotte, prettamente quantitative, con ampiezza simile vengono riportate in Tab. 1; a ciascuna classe è associata una classe qualitativa e un colore al fine di evidenziare l'entità del fenomeno.

Tabella 1. Classi dell'Indice di Mitrakos

CLASSE	I	II	III	IV	V
RANGE	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
SICCITÀ	Minima	Ridotta	Moderata	Severa	Estrema
COLORE					

rischio desertificazione dei 390 comuni della regione anche attraverso 11 quaderni dedicati alla tematica fruibili da web (<http://www.siciliasostenibile.org/collana-desertificazione-sicilia/>), ed entro dicembre 2022, ulteriori 11 Quaderni IRSSAT riferiti alla *Qualità Climatica del Rischio Desertificazione* (Piccione et alii, 2020, 2022).

Dalla Tab. 2 si evince che in Sicilia la siccità interessa 6 mesi - da aprile a settembre. Il picco di intensità media estrema si registra a luglio seguito da giugno e agosto - classe severa. Sensibilmente meno intenso il fenomeno in maggio, mentre i mesi di aprile e settembre (tranne nel periodo 1991-2015) aprono e chiudono il fenomeno.

Tabella 2. Indice di Mitrakos su scala regionale per i periodi di riferimento

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1931-1960	0	0	0	16	40	73	89	74	15	0	0	0
1961-1990	0	0	0	12	56	80	85	51	27	0	0	0
1991-2015	0	0	0	7	47	70	82	65	0	0	0	0

Tabella 3. Distribuzione dei 390 Comuni siciliani in funzione della durata media della siccità (in mesi) secondo Mitrakos

	< 5 mesi	5 – 6 mesi	>6 mesi
1931-1960	12 (3,1%)	61 (15,6%)	317 (81,3%)
1961-1990	4 (1%)	53 (13,6%)	333 (85,4%)
1991-2015	9 (2,3%)	88 (22,6%)	293 (75,1%)

Tabella 4. Indice di Mitrakos in funzione della fascia altimetrica dei Comuni

Periodo	alt [m] s.l.m.	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1931-1960	<300	0	0	0	22	46	75	89	75	15	0	0	0
	300-600	0	0	0	15	38	73	90	74	15	0	0	0
	600-900	0	0	0	9	34	69	88	72	14	0	0	0
	>900	0	0	0	10	32	67	86	72	15	0	0	0
1961-1990	<300	0	0	0	17	59	81	86	52	22	0	0	0
	300-600	0	0	0	10	56	81	86	47	29	0	0	0
	600-900	0	0	0	7	51	77	82	54	29	0	0	0
	>900	0	0	0	6	48	74	79	53	34	0	0	0
1991-2015	<300	0	0	0	3	50	75	84	66	0	0	0	0
	300-600	0	0	0	0	47	70	83	65	0	0	0	0
	600-900	0	0	0	0	42	63	78	61	0	0	0	0
	>900	0	0	0	0	38	59	76	62	0	0	0	0

Tabella 5. Distribuzione altimetrica dei Comuni in funzione della durata media della siccità (mesi)

Periodo	alt [m] s.l.m.	N° Comuni	< 5 mesi	5 – 6 mesi	> 6 mesi
1931-1960	<300	149	6 (4,0%)	20 (13,5%)	123 (82,5%)
	300-600	151	4 (2,6%)	25 (16,6%)	122 (80,8%)
	600-900	72	3 (4,2%)	10 (13,9%)	59 (81,9%)
	>900	18	0 (0,0%)	5 (27,8%)	13 (72,2%)
1961-1990	<300	149	2 (1,3%)	22 (14,8%)	125 (83,9%)
	300-600	151	1 (0,7%)	22 (14,5%)	128 (84,8%)
	600-900	72	0 (0,0%)	10 (13,9%)	62 (86,1%)
	>900	18	1 (5,6%)	2 (11,1%)	15 (83,3%)
1991-2015	<300	149	2 (1,3%)	33 (22,2%)	114 (76,5%)
	300-600	151	4 (2,6%)	26 (17,3%)	121 (80,1%)
	600-900	72	2 (2,8%)	25 (34,7%)	45 (62,5%)
	>900	18	1 (5,6%)	6 (33,3%)	11 (61,1%)

Dalla Tab. 3 si evince che in Sicilia la durata della siccità superiore a sei mesi interessa $\frac{3}{4}$ dei Comuni (nel trentennio precedente erano 40 comuni in più).

Dalla Tab. 4 si deduce che in Sicilia l'intensità della siccità per 60 anni si è mantenuta costantemente nella classe **estrema** e solo dal 1991 in poi e ad al-

titudini al di sopra dei 600 m s.l.m. si guadagna una classe

Dalla Tab. 5 si ricava che in Sicilia la durata della siccità superiore a sei mesi interessa a qualunque altezza più dell'80% dei comuni. Dal 1991 si mantiene al di sotto dell'80% e sopra i 600 m s.l.m. scende al 60%.

BIBLIOGRAFIA

- GUARINO R. (2001), *Proposta per una parametrizzazione nell'indice di Mitrakos*. *Ecologia Mediterranea* 27 (1), 33-54.
- MARIANI S., BRACA G., ROMANO E., LASTORIA B. E BUSSETTINI M. (2018) *Linee guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici. Stato attuale e prospettive future*. Giugno 2018. ISPRA IRSA-CNR
- MITRAKOS K., (1980). *Plant life under Mediterranean climatic conditions*. Portug. Acta Biol., 16: 33-44.
- PICCIONE V., CASTRO R., COSTA R., MONFORTE P., SEMINARA M., VENEZIANO V. (2020), *DESERTIFICAZIONE IN SICILIA. I comuni della Provincia di Agrigento, Caltanissetta, Catania, Enna, Messina versante ionico, Messina versante tirrenico, Palermo est, Palermo ovest, Ragusa, Siracusa, Trapani*. 11 Quaderni pp. 1880. IRSSAT
- PICCIONE V., CASTRO R., COSTA R., MONFORTE P., SEMINARA M., VENEZIANO V. (2022), *DESERTIFICAZIONE IN SICILIA. QUALITÀ CLIMATICA. I comuni della Provincia di Agrigento, Caltanissetta, Catania, Enna, Messina versante ionico, Messina versante tirrenico, Palermo est, Palermo ovest, Ragusa, Siracusa, Trapani*. 11 Quaderni. IRSSAT (in press)

Discariche abusive: dalla regolarizzazione alla rifunzionalizzazione dei siti

Illegal landfills: from regularization to re-functionalization of sites

Parole chiave: discariche abusive, fitocapping, ecologico, innovativo
Key words: illegal landfills, phytocapping, ecological, innovative

Marianna Morabito

Commissario Unico per la Bonifica delle Discariche
E-mail: geolmariannamorabito@gmail.com

Nino Tarantino

Commissario Unico per la Bonifica delle Discariche
E-mail: nino.tarantino@carabinieri.it

1. LA GENESI DELLA PROCEDURA DI INFRAZIONE “DISCARICHE ABUSIVE”

La questione della bonifica delle discariche abusive oggetto della seconda sentenza dell'Unione Europea del 2014 ha avuto origine nel nostro Paese negli anni '80 ed è, oggi come allora, una vicenda di sostenibilità ambientale e di buon uso del territorio che l'Italia nel suo insieme sta ormai portando a soluzione, attraverso le sinergie istaurate fra i vari livelli istituzionali del Paese. I tre censimenti, effettuati negli anni 1986, 1996 e 2002 da parte dell'allora Corpo Forestale dello Stato, oggi confluito nell'Arma dei Carabinieri, hanno fatto emergere la presenza nel nostro Paese, di discariche abusive e di siti di abbandono dei rifiuti, per i quali si è reso necessario avviare attività di bonifica e messa in sicurezza.

Nello specifico, l'UE ha contestato al nostro Paese la mancata esecuzione della prima sentenza di condanna del 26 aprile 2007 relativa alla violazione della direttiva rifiuti 75/442/CE modificata dalla direttiva 91/156/CEE, della direttiva 91/689 CEE e della direttiva 1999/13/CE in riferimento a 200 discariche irregolari presenti sul territorio di 18 Regioni italiane.

Pertanto, con la sentenza del 2 dicembre 2014, la Corte di Giustizia dell'Unione Europea ha condannato l'Italia al pagamento di una sanzione forfettaria di circa 40 milioni di euro e di una penalità semestrale di oltre 42 milioni di euro da corrispondersi fino all'esecuzione completa della sentenza.

Nella sentenza in parola, era indicato inoltre il criterio che avrebbe permesso di detrarre dalla sanzione semestrale 400.000 euro per la messa a norma di ciascuna discarica contenente rifiuti pericolosi e 200.000 euro per la messa a norma di ciascuna altra discarica contenente rifiuti non pericolosi.

Inoltre, nel corso delle interlocuzioni, la Commissione ha chiarito inoltre, che per dare esecuzione alla sentenza, non bastava garantire che nei siti og-

getto della condanna non fossero più depositati rifiuti o che i rifiuti già depositati fossero gestiti in conformità della normativa UE in materia, ma occorreva altresì verificare che i rifiuti non abbiano inquinato il sito e, all'occorrenza, procedere e completare le attività di messa in sicurezza o bonifica del sito ai sensi dell'articolo 242 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152.

Le scadenze per procedere alla comunicazione delle regolarizzazioni e quindi alla richiesta di stralcio sono stabilite per il 2 giugno e il 2 dicembre di ciascun anno. In esecuzione della sentenza, sono state svolte, da parte della Direzione per i rifiuti e l'inquinamento del Ministero dell'ambiente (oggi Ministero della transizione ecologica), un insieme di iniziative al fine di comunicare alle Regioni gli obblighi derivanti dalla sentenza di condanna ed acquisire le informazioni necessarie ed utili da trasmettere alla Commissione Europea, per il tramite del Dipartimento per le politiche europee della Presidenza del Consiglio, ai fini dello stralcio dalla procedura di infrazione, attraverso il supporto agli enti territorialmente competenti.

Tuttavia, una situazione eccezionale, necessità di strumenti risolutivi straordinari, pertanto, è stata istituita una Cabina di Regia presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri e si sono svolti incontri specifici con i rappresentanti di ogni singola Regione finalizzati alla disamina di tutta la documentazione afferente ai siti con l'obiettivo di dimostrare, ove possibile, l'avvenuta regolarizzazione.

Per 130 discariche, rispetto alle quali le amministrazioni competenti avevano mostrato inerzia o ritardi nell'esecuzione degli interventi di bonifica, la Presidenza del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente *pro-tempore* On. Gianluca Galletti, provvide nel periodo fine novembre 2015 – fine gennaio 2016 alla formalizzazione di una diffida a concludere i procedimenti ai sensi dell'articolo 8, commi 1 e 2, della legge 5 giugno 2003, n.131 secondo dei termini stabiliti per ciascuna discarica.

A seguito vari monitoraggi dei termini delle diffide in parola, sentiti i comuni e le Regioni come previsto dalla normativa vigente, la Direzione RIN del Ministero, segnalò alla Presidenza del Consiglio dei Ministri i casi di discariche con procedimenti di bonifica in forte ritardo per le quali, su proposta del Ministro Galletti, la Presidenza del Consiglio dei ministri con delibera del 24 marzo 2017 e del 22 novembre 2017 nominò il Gen. B. CC. Giuseppe Vadala quale Commissario straordinario per la realizzazione degli interventi necessari all'adeguamento alla normativa vigente delle discariche abusive presenti sul territorio nazionale per un totale di 80 siti.

Nel giugno 2019 infine, il Ministero dell'ambiente *pro-tempore* Gen. Sergio Costa, firmò il decreto di commissariamento del l'ultimo sito relativo alla SGL Carbon di Ascoli Piceno, luogo al centro di complesse vicende giudiziarie che avevano bloccato l'iter di regolarizzazione.

2. IL COMMISSARIAMENTO

Al Commissario risultano quindi assegnate complessivamente 81 discariche; alla data di luglio 2022 sono stati regolarizzati 65 siti mentre per i restanti 16 i lavori sono stati avviati e il cronoprogramma prevede la conclusione della missione per la fine di dicembre 2024.

Il commissariamento rappresenta una *best practise* in quanto gli ottimi risultati conseguiti sono il frutto della sinergia che la Struttura commissariale ha saputo creare con i vari attori del processo di regolarizzazione dei siti, con le Università ed istituti scientifici nonché con la società civile.

La *mission* e le relative linee d'azione della struttura Commissariale si muovono nel contesto ampio della sostenibilità ambientale, intesa come strategia operativa e parametro di riferimento di condotta che si fonda su tre pilastri fondamentali: sociale, ambientale ed economico.

Infatti, in questo percorso di azione vengono promossi valori quali la legalità e la lotta alla criminalità, la tutela dell'ambiente attraverso l'implementazione, nel-

le azioni di bonifica, dei principi dell'economia circolare, nonché la diffusione di uno stile di vita sostenibile ed ecologico con l'obiettivo di evitare il ripresentarsi di fenomeni analoghi in futuro.

In questo contesto si collocano quindi i *restore site visits*, l'utilizzo di tecnologie innovative e la rifunzionalizzazione di siti che possiedono le giuste caratteristiche con lo scopo di restituire alla collettività territori in passato vilipesi e oltraggiati.

3. LA TECNICA DEL FITOCAPPING E LA RIFUNZIONALIZZAZIONE

Fra le tecniche innovative utilizzate nella regolarizzazione dei siti commissariati, una particolare attenzione merita l'intervento di fitotecnologia applicato in 5 casi, che hanno coinvolto Università del Sannio, Arpa Umbria e Arta Abruzzo, Arpa Calabria oltre che professionisti e Comuni situati in diverse Regioni italiane, Calabria, Lazio e Abruzzo. I siti sede di questa tecnologia innovativa sono situati nei comuni di Joppolo (VV), San Valentino in Abruzzo Citeriore (CH), Petronà (CZ), Badolato (CZ) e Villa Latina (RM).

In tutte le discariche in parola era già presente un *capping* costituito da una geomembrana in HDPE con sovrastante terriccio, di spessore variabile in un caso. Ma spesso questo telo era danneggiato, incompleto o non più idoneo. Al fine di potenziare l'isolamento dei rifiuti depositati dall'ambiente esterno e migliorare l'inserimento paesaggistico e ambientale del sito, oltre a quanto già presente, è stata effettuata quindi la realizzazione di un Phytocapping costituito da due componenti principali: la vegetazione, che funge da "raccoltore di pioggia" ed il terreno che fa da "deposito". Il Phytocapping svolge le stesse funzioni di un capping tradizionale controllando la percolazione attraverso tre meccanismi principali: l'intercettazione della pioggia da parte del fogliame delle piante, l'immagazzinamento dell'umidità nel terreno e l'evapotraspirazione. Attraverso la piantumazione della vegetazione è inoltre possibile garantire una maggiore stabilità della copertura del suolo, la protezione dall'erosione, un aumento della biodiversità e un miglioramento dell'integrazione paesaggistica con la riconnessione visiva del sito all'ambiente circostante. Il previsto ripristino ambientale si configura quindi, come un intervento di rinaturalizzazione il cui scopo principale è quello di stabilire quel lentissimo processo naturale di evoluzione verso il *climax* senza necessità di interventi successivi. Obiettivo pri-

oritario, quindi, è puntare alla rinaturalizzazione del sito in tempi ragionevoli ripristinando un ambiente naturale, che rappresenta l'*habitat* ospitale per la massima variabilità degli organismi vegetali.

I progetti hanno inoltre tenuto conto della necessità di garantire la migliore integrazione paesaggistica dei siti, in funzione delle caratteristiche paesaggistiche-ambientali dei contesti in cui ricadono. Le scelte sono state orientate anche verso interventi che richiedano manutenzioni ridotte al minimo indispensabile. Il fine principale degli interventi è, dal punto di vista ecologico, quello di restituire all'ambiente il suo carattere di continuità, ricostituendo la vegetazione tipica dei luoghi, creando quindi microambienti naturali che, oltre ad una valenza paesaggistica, possiedono l'importante finalità ecologica di favorire il mantenimento della biodiversità locale. Al momento di eseguire gli interventi di rinaturalizzazione è necessario inoltre, tener conto delle specie che vivono naturalmente nell'area, ma anche di come esse si organizzano in comunità, di come si evolvono e quali sono i rapporti dinamici tra le differenti fitocenosi presenti nel territorio analizzato. Il criterio di utilizzare specie autoctone, ossia tipiche della vegetazione potenziale delle aree interessate dal progetto, è stato adottato per reinserire le aree oggetto di intervento, sia a livello paesistico-percettivo, che a livello ecologico, nel contesto territoriale di inquadramento. La scelta delle specie e varietà adeguate risulta, inoltre, condizione indispensabile per rendere più agevoli e razionali le manutenzioni e, quindi, per rendere più efficaci ed accettabili i risultati delle realizzazioni stesse. I fattori che hanno determinato la scelta delle specie vegetali da utilizzare per gli interventi a verde per il ripristino ambientale del sito dell'ex discarica sono così sintetizzabili:

- *Fattori botanici e fitosociologici*: le specie prescelte sono state individuate tra quelle autoctone, sia per questioni ecologiche, che di capacità di attecchimento, prediligendo specie che possiedano doti di reciproca complementarietà, in modo da formare associazioni vegetali ben equilibrate e stabili nel tempo;
- *Criteri ecosistemici*: le specie sono state individuate in funzione della potenzialità delle stesse nel determinare l'arricchimento della complessità biologica;
- *Criteri agronomici ed economici*: gli interventi sono stati calibrati in modo da contenere gli interventi e le spese di manutenzione (potature, sfalci, irrigazione, concimazione, diserbo).

Per valorizzare l'intervento dal punto di vista naturalistico si sono utilizzati rapporti quantitativi fra le specie tali da permettere il mantenimento di un'elevata biodiversità specifica. A questo scopo si sono ridotte le percentuali delle specie che potrebbero avere un accrescimento rapido ed eccessivo e che potrebbero esercitare una marcata concorrenza nei confronti di quelle con ciclo vegetativo più lento o con minor vigoria, che sarebbero soppiantate in breve tempo. L'intervento ha previsto inoltre l'inoculo del consorzio microbico attraverso lo spargimento al suolo senza la rimozione della copertura vegetale mediante l'impiego di formulati in polveri bagnabili che utilizzano l'acqua come mezzo veicolante dei propagoli dei microorganismi direttamente nel terreno attraverso la porosità del terreno stesso.

In conclusione l'intervento di idrosemmina previsto garantisce, in una prima fase, una rapida copertura del suolo con lo sviluppo della vegetazione prevalentemente erbacea, che evolve in un secondo momento, verso uno stadio di prato arbustato. Tale associazione rappresenta un elemento di connessione con le aree boscate contigue ai siti di intervento.

Il lungo percorso della regolarizzazione dei siti in infrazione europea continua quindi a focalizzare diverse tematiche tecniche, procedurali, normative; l'esperienza sin qui fatta ha permesso di sviluppare maggiori consapevolezze nel distinguere i casi, ricercando le singole criticità e adeguando l'intervento secondo le reali ed effettive esigenze di salvaguardia sanitaria e ambientale del territorio, in un'ottica di sostenibilità economica, ambientale, sociale ed urbanistica, con l'obiettivo di restituire territori sani alla collettività.

BIBLIOGRAFIA

- STEFANO SASSONE, *Vademecum dell'Ambiente*, III edizione marzo 2018.
- F. PASCARELLA, E. BARTOLUCCI, M. FRATINI, *Rapporto ISTISAN*, ISPRA, edizione 2010.
- D. lgs. 152/2006 e s.m.i.
- D. lgs. 36/2003.
- D. lgs. 121/2020.
- CLEMENTE MIGLIORINO, IVAN MERINGOLO, Direzione Scientifica Centro Regionale Coordinamento controlli ambienti e rischi – indirizzi per gli interventi di copertura superficiale delle vecchie discariche dismesse – ARPACAL – edizione marzo 2019.
- AA.VV., *Linee guida ISPRA "Indicazioni per la realizzazione delle coperture superficiali"*, gennaio 2017 (RT/SUO 2017/014).
- AA.VV., Documento Reconnet Tecniche di fitorimediale nella bonifica dei siti contaminati (2017, rev. O), disponibile all'indirizzo web: http://www.reconnet.net/docs/Tecniche%20di%20fitorimediale%20nella%20bonifica%20dei%20siti%20contaminati_RECONnet_2017.pdf

Indirizzi operativi di MISP: l'esempio della ex discarica RSU di Longobardi (Calabria)

Operational addresses of permanent safety action: the example of the RSU landfill of Longobardi (Calabria)

Parole chiave: discarica, MISP

Key words: landfill, permanent safety action

Il lavoro di seguito presentato esplicita gli indirizzi di progettazione ed esecuzione degli interventi di Messa in sicurezza permanente della ex discarica di RSU in località Tremoli-Tosto, nel territorio comunale di Longobardi (CS). Gli indirizzi esecutivi sono il risultato della collaborazione e concertazione tra l'Arpa Calabria e la Struttura del Commissario per le bonifiche, che hanno visto la disponibilità degli Enti di competenza e del Gruppo Progettuale.

Il Decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36 "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti" (c.d. D. Lgs. 36/03), ha colmato il precedente vuoto legislativo e dato fine al proliferare di discariche non controllate, realizzate in ogni comune d'Italia, salvo qualche rara eccezione, così come questa che risulta priva di ogni presidio ambientale.

Il successivo Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" (c.d. D. Lgs. 152/06 e ss.mm. ii., impropriamente chiamato anche Testo Unico sull'Ambiente) ha finalmente e opportunamente sancito le disposizioni in campo ambientale e, per le tematiche riportate in questo lavoro, specificatamente alla Parte quarta - Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati. Nel caso di siti contaminati ai sensi dell'art. 240 e dell'art. 242 del D. Lgs. 152/06, l'interpretazione della norma riguardo "i criteri per la selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, di messa in sicurezza operativa o permanente" è stata spesso oggetto di valutazioni non proprio univoche o comunque limitate "dall'individuazione delle migliori tecniche di intervento a costi sostenibili" (art. 242, comma 8).

Il caso in esame riporta l'esempio del progetto di "Messa in sicurezza permanente del sito contaminato della ex. Discarica in Loc. Tremoli Tosto" nel Comune di Longobardi (CS), i cui lavori sono, al momento, in esecuzione.

La lunga collaborazione e la comprovata sinergia tra l'Arpa Calabria e la struttura del Commissario per le Bonifiche, unita al proficuo supporto degli Enti competenti nonché alla disponibilità e competenza dei Progettisti, ha permesso di superare le difficoltà iniziali, specifiche di ogni intervento, e di indirizzare la progettazione verso un approccio in grado di contemplare soluzioni globali e più rigidamente aderenti all'interpretazione normativa.

Nel caso specifico è stata infatti interpretata pedissequamente la definizione di cui all'art. 240, comma 1, lettera o) "messa in sicurezza permanente: l'insieme degli interventi atti a isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e a garantire un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente".

Per l'ex discarica le risultanze dell'Analisi di Rischio Sanitaria Sito Specifica hanno evidenziato un "rischio non accettabile per la falda sotterranea" derivante dalla presenza di Cadmio nel suolo profondo e idrocarburi nel suolo superficiale, riconducibile alla presenza del corpo rifiuti.

La discarica, verosimilmente per le vicissitudini avvenute dopo la sua chiusura, allo stato risulta suddivisa in due aree di intervento:

- Area 1: zona sommitale della discarica accessibile dalla strada, corrispondente al bacino vero e proprio della discarica interessato dalle attività di conferimento rifiuti;
- Area 2: zona in pendio, a valle dell'Area 1, sulla quale si sono accumulati nel tempo i rifiuti eccedenti depositati sul pianoro sommitale e che per gravità sono scivolati verso valle. Le verifiche preliminari alla stesura del progetto hanno evidenziato un sito dimesso e abbandonato con presenza di folta vegetazione infestante e alberi a medio ed alto fusto. Inoltre, è apparso evidente uno scivolamento dei rifiuti dalla calotta in scarpata. Entrambe le

Gaetano Osso ⁽¹⁾
 Michelangelo Iannone ⁽¹⁾
 Giuseppe Morganti ⁽³⁾
 Aldo Papotto ⁽²⁾
 Nino Tarantino ⁽²⁾
 Salvatore Zaccaro ⁽³⁾

⁽¹⁾ Arpacal

⁽²⁾ Struttura del Commissario per le bonifiche

⁽³⁾ Gruppo di progettazione

* Referente

E-mail: gaetano.osso@gmail.com

aree si mostravano ricoperte, soprattutto nella zona di versante, da folta vegetazione che impediva l'accesso e non consentiva di mappare puntualmente i rifiuti accumulatisi nel tempo.

Dalle indagini preliminari condotte in sito è apparsa subito evidente la presenza di falda idrica di tipo superficiale.

Sulla base delle conoscenze acquisite in sede indagini preliminari, in relazione sia alle caratteristiche fisiche ed ambientali del sito in oggetto, eseguiti gli studi volti alla stabilità del pendio e da ripetuti tavoli tecnici di approfondimento con la Struttura Commissariale e Arpacal, la tipologia di intervento ritenuta ottimale è caratterizzata sinteticamente dai seguenti topics:

1. Messa in sicurezza permanente dell'Area 1 mediante opere aventi la funzione di garantire continuità nel sistema di impermeabilizzazione della discarica, ovvero di realizzare una sorta di "sarcofago". Tali interventi saranno completati con la realizzazione di opere di drenaggio per la gestione del percolato e per la gestione della falda.
2. Intervento di copertura con tecnica di fitorimediazione sull'Area 2, posto che la discarica possiede caratteristiche definite di media criticità per cui è consentito dalle Linee Guida ARPACal (Indirizzi per gli interventi di copertura superficiale delle vecchie discariche dismesse-Rev.01 Marzo 2019) l'utilizzo di copertura in terra insieme a vegetazione (fitocapping).
3. Minimo impatto ambientale e paesaggistico.
4. Minimizzare il ricorso a cave di prestito per la fornitura di materiali da costruzione, preferire il riutilizzo di terre e rocce conformi nello stesso cantiere nel rispetto del Titolo V - Terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica del DPR. n. 120/2017, minimizzare il ricorso al conferimento extra-situ dei rifiuti soprasuolo prelevati prevedendone il rinterro in calotta sotto telo.

INTERVENTI MISP AREA 1 (CALOTTA RIFIUTI SUB-PIANEGGIANTE)

Impermeabilizzazione del fondo della discarica mediante perforazioni orizzontali e getto di miscela plastica cemento/bentonite

Diaframma impermeabile perimetrale a pali secanti

Diaframma drenante a pali secanti perimetrale area 1 per l'intercettazione delle acque di falda (coefficiente di permeabilità dell'ordine di 10-2 m/s) in cemento cellulare (o alveolare) realizzato con la tecnologia di pali CSP. Il sistema ha lo scopo di abbassare la falda al di sotto del barrieramento impermeabile e di proteggere il diaframma impermeabile perimetrale da eventuali spinte idrostatiche che potrebbero generarsi a causa del flusso o dell'innalzamento della falda.

Drenaggi sub-orizzontali sul fondo della vasca per la raccolta del percolato

Intervento di Capping superficiale rispondente ai dettami del nuovo D.Lgs. 121/2020

Opere per la regimatazione delle acque di dilavamento superficiale

Opere di consolidamento al piede: Gabbionata

Opere di consolidamento al piede: Paratia di pali all'interfaccia tra Area 1 ed Area 2

Sistema di stoccaggio del percolato (serbatoio)

Opere per la captazione ed estrazione del biogas

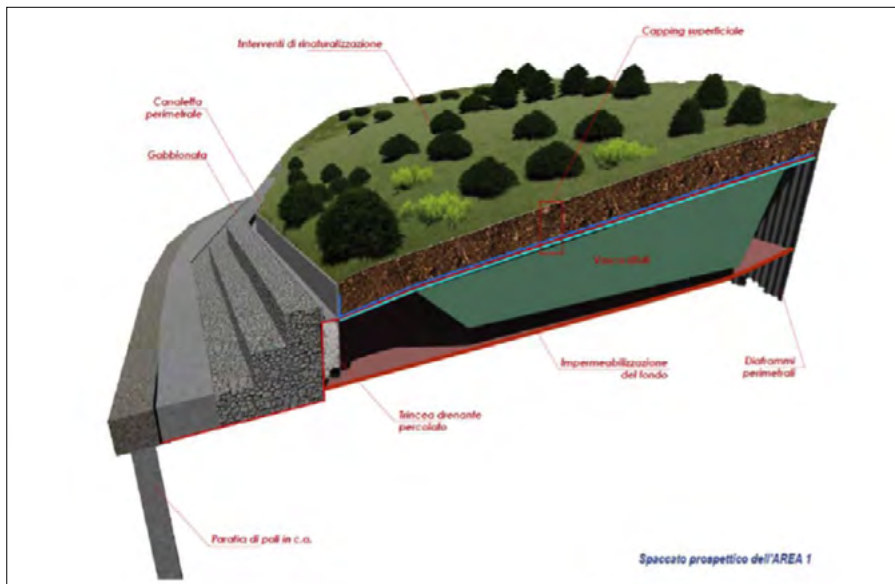
Intervento di rivegetazione dell'Area con idrosemina e piantumazione di specie arboree di fitorimedio

Stabilizzazione delle scarpate con georete aggrappante

Recinzione dell'area e cancello di ingresso

Sull'area di Discarica in scarpata, denominata AREA 2, sono stati prelevati n. 2 campioni di rifiuti sottoposti a test di cessione come da Allegato 3 del D.M. 186 del 05/04/2006 in ottemperanza a quanto richiesto dalla Linee Guida ARPACal del Marzo 2019. Le analisi effettuate su tali campioni hanno rilevato la conformità ai limiti previsti dalla norma sopra menzionata, pertanto i rifiuti possono ritenersi stabilizzati/inertizzati. Pertanto, gli interventi, in accordo alle succitate Linee Guida, consistono in:

- pulizia dell'Area 2 mediante decespugliamento e rimozione dei rifiuti soprasuolo visivamente e tecnicamente prelevabili e loro collocazione in calotta nel rispetto del parere dell'Unità Tecnica Amministrativa della Presidenza del Consiglio dei Ministri.
- rivegetazione dell'Area con idrosemina e piantumazione di specie arboree di fitorimedio.



INTERVENTI AREA 2



La caratterizzazione dei sedimenti marini contaminati come strumento per la definizione degli scenari di rischio ambientale

Characterisation of contaminated marine sediments as a tool for assessing environmental risk scenarios

Parole chiave: Siti costieri contaminati, impatto antropico, bonifiche, Taranto
Key words: Coastal contaminated sites, anthropogenic impact, reclamation activities, Taranto

ABSTRACT

L'area marino-costiera di Taranto, nonostante l'elevato valore paesaggistico e naturalistico, risulta fortemente impattata dal processo di industrializzazione ed urbanizzazione che ha interessato il territorio tarantino a partire dagli inizi del '900, compromettendone la qualità ambientale. Attraverso l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti organici e inorganici presenti nelle carote di sedimenti campionati nel I Seno del Mar Piccolo, il lavoro ha evidenziato le criticità in cui versa il bacino del Mar Piccolo. I risultati preliminari delle analisi hanno evidenziato come la presenza dei contaminanti interessi non solo i sedimenti più superficiali (0,5 m) ma, in alcuni casi, anche quelli più profondi (maggiori di 3 m). L'individuazione dei settori marino-costieri caratterizzati da una più alta criticità ambientale rappresenta un'informazione propedeutica alla definizione di potenziali scenari di rischio ambientale connessi alla risospensione e alla diffusione dei contaminanti. Inoltre, l'entità di tale rischio potrebbe essere influenzata dalla variazione dei parametri idrodinamici connessa al cambiamento climatico.

1. INTRODUZIONE

Il Mar Piccolo è un bacino marino semichiuso che si estende per circa 20km², attorno al quale si sviluppa la città di Taranto; esso è suddiviso in due insenature minori (chiamate I Seno e II Seno) dal promontorio di Punta Penna. Il I Seno è in comunicazione con l'adiacente bacino del Mar Grande attraverso due canali, uno naturale (Porta Napoli) e uno artificiale (Canale Navigabile) realizzato alla fine dell'Ottocento nei depositi di calca-

renite del Pleistocene. Il II Seno, invece, è in comunicazione diretta solo con il I Seno. Dal punto di vista geologico, l'area è compresa tra il settore sud-occidentale dell'Avampaese Apulo e l'Avanfossa Bradanica orientale. Recentemente, Valenzano *et al.* (2018) hanno descritto il modello dell'evoluzione morfo-sedimentaria del bacino del Mar Piccolo. In particolare, l'evoluzione di questo settore costiero è indicata come il risultato di processi di erosione e deposizione in ambienti di transizione a bassa energia caratterizzati da un sistema di valli incise durante l'ultimo glaciale. Negli ultimi decenni, molti autori hanno evidenziato quanto le diverse attività antropiche abbiano inciso sulla salute dell'ecosistema marino e come gli equilibri ecologici siano stati fortemente modificati dalla pressione antropica connessa alle principali fonti di inquinamento rappresentate da industrie siderurgiche, petrolifere e cementiere, nonché da varie attività cantieristiche, fra le quali l'Arsenale Marittimo della Marina Militare (Cardellicchio *et al.*, 2016; Cotecchia *et al.* 2021). Per programmare qualsiasi attività di bonifica mirata ed efficiente è necessario comprendere il più possibile quali siano le sorgenti specifiche di ogni inquinante di cui si abbia traccia nel bacino del Mar Piccolo e soprattutto conoscere l'esatta geometria degli strati superficiali, per prevedere l'eventuale diffusione e circolazione degli inquinanti all'interno del bacino.

2. MATERIALI E METODI

Le indagini conoscitive richieste dal Commissario Straordinario "per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione di Taranto" hanno

Angela Rizzo^{(1,2)*}, Pietro Cotugno⁽³⁾, Antonella Di Leo⁽⁴⁾, Stefania Lisco^(1,2), Antonella Marsico^(1,2), Federica Massari⁽⁵⁾, Giovanni Scardino^(1,2)

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Bari)

⁽²⁾ Centro Interdipartimentale di Ricerca sulla Dinamica Costiera Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Bari)

⁽³⁾ Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Bari)

⁽⁴⁾ Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) Consiglio Nazionale delle Ricerche (Taranto)

⁽⁵⁾ Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Bari)

*E-mail: angela.rizzo@uniba.it

previsto la realizzazione di 19 sondaggi nel I Seno del Mar Piccolo. I carotaggi sono stati effettuati utilizzando *liner* di 150 cm. Dal *liner* più superficiale sono state ottenute tre sub-frazioni, ciascuna da 50 cm. Relativamente alle determinazioni analitiche, le analisi - effettuate facendo riferimento a metodologie internazionali - hanno previsto la determinazione della concentrazione di inquinanti inorganici ed organici. Al fine di comprendere il grado di contaminazione dei campioni analizzati, le concentrazioni degli inquinanti sono state confrontate sia con i limiti sito specifici stabiliti per il SIN di Taranto (ICRAM, 2004) che con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) identificate a livello nazionale per i suoli e sottosuoli inerenti i siti ad uso commerciale ed industriale (cfr. Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del d.lgs. 152/06 e ss.mm.ii.). Per quanto riguarda i composti organostannici (OT), i risultati ottenuti sono stati riferiti al valore d'intervento riportato da ISPRA per il SIN di Taranto relativo alla sommatoria del monobutilstagno (MBT), dibutilstagno (DBT) e tributilstagno (TBT) e, per il solo TBT, allo standard di qualità ambientale indicato nel d.lgs. n.172/2015.

3. RISULTATI E DISCUSSIONI

I risultati delle indagini hanno permesso di valutare la distribuzione degli inquinanti lungo tutte le carote disponibili. Relativamente ai metalli in traccia, i risultati analitici hanno mostrato che alcuni metalli (Hg, Pb, Cu, Zn) presentavano concentrazioni, generalmente, elevate nei primi 100 cm. Nella Fig. 1 (a, b), sono riportate le distribuzioni nei

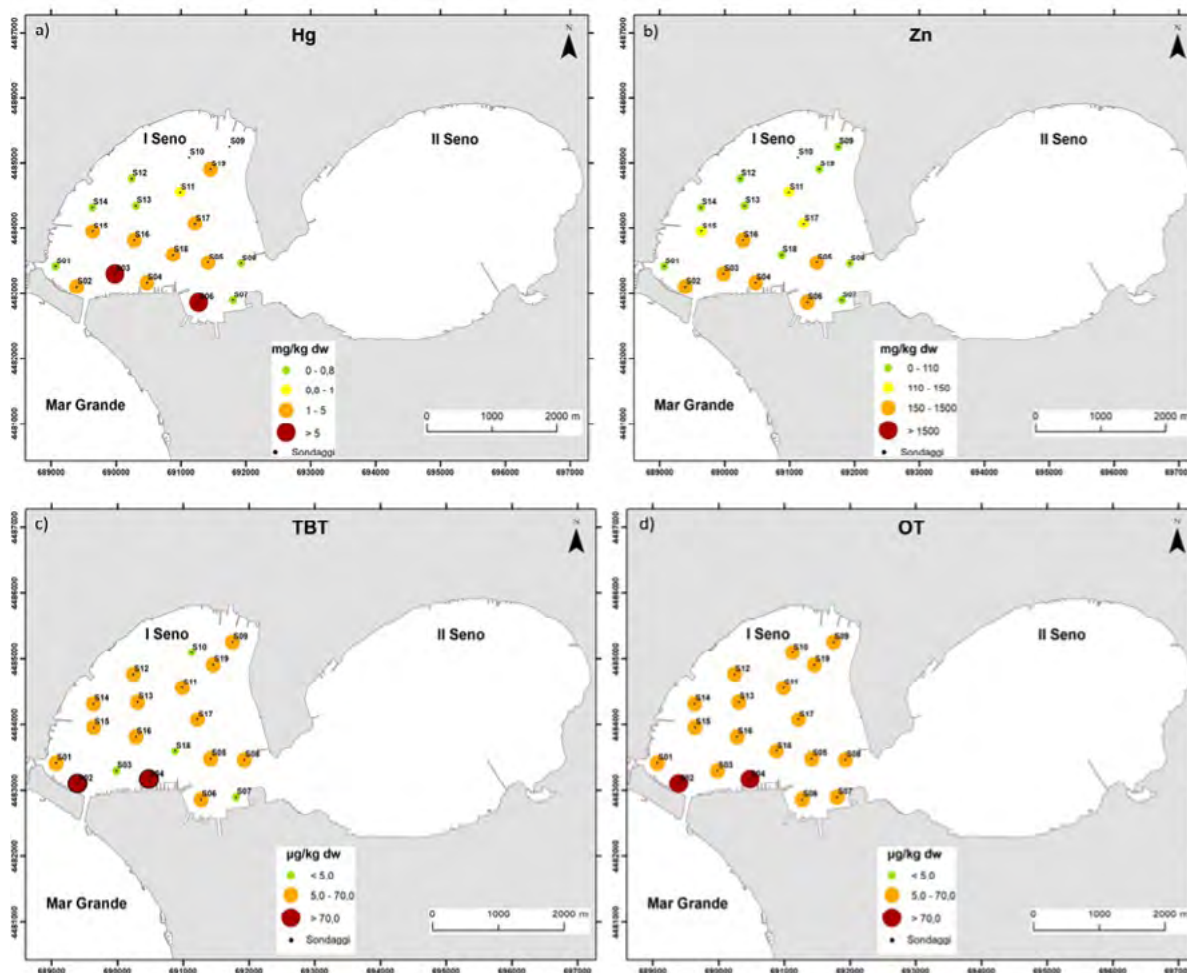


Figura 1. Distribuzione delle concentrazioni superficiali (0-0,50 m) di a) Hg, b) Zn, c) TBT, d) OT classificate secondo i limiti normativi riportati nelle rispettive legende

vari siti di campionamento di Hg e di Zn nello strato superficiale dei sedimenti (0,5 m), in funzione dei limiti normativi di riferimento (CSC e valori sito specifici). Dall'analisi dei risultati si evince che le aree più compromesse in termini di contaminazione di metalli sono localizzate nel settore centro meridionale del I Seno in particolare in corrispondenza: del sito S02, ubicato a sud-est della città vecchia di Taranto; dei siti S03, S04, S05 e S06, ubicati nell'area denominata area 170 ha, e del sito S16 localizzato al centro del bacino. Per quanto riguarda gli OT, in Fig. 1 (c, d) sono riportate le distribuzioni superficiali del TBT e della sommatoria dei singoli OT nei vari siti di campionamento. Anche in questo caso, i risultati analitici sono stati classificati in funzione dei valori normativi. Il limite del TBT è stato superato in quasi tutti i siti, ad esclusione dei siti S03, S07, S10 e S18. Inoltre, nei sedimenti superficiali dei siti S02 e S04, viene superato anche il limite stabilito dall'ISPRA relativo alla sommatoria degli OT. I risultati analitici dei campioni relativi agli strati successivi della carota dei sedimenti hanno mostrato che la contaminazione ha interessato, in alcuni casi, anche gli strati più profondi (almeno fino a 3 m dall'interfaccia

acqua-sedimento). Tale condizione può essere riconducibile a locali fenomeni di rimescolamento dei sedimenti più superficiali non consolidati, dovuti per lo più alle attività antropiche passate del bacino, i cui impatti sono evidenti anche dall'analisi dei dati morfobatimetrici (Massari *et al.*, 2021; Rizzo *et al.*, 2022). Si ritiene pertanto necessario individuare azioni di gestione volte a favorire un utilizzo sostenibile del settore costiero analizzato. Tale studio risulta, inoltre, propedeutico alla definizione di potenziali scenari di rischio ambientale connessi alla risospensione e alla diffusione dei contaminanti la cui entità potrebbe essere influenzata dalla variazione dei parametri idrodinamici connessi al cambiamento climatico.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

CARDELLICCHIO N., ANNICCHIARICO C., DI LEO A. *et al.* (2016), *The Mar Piccolo of Taranto: an interesting marine ecosystem for the environmental problems studies*. Environmental Science and Pollution Research International 23:12495-12501.

COTECCHIA F., VITONE C., SOLLECITO F. *et al.* (2021), A geo-chemo-mechanical study of a highly polluted marine system (Taranto, Italy) for the enhancement of the conceptual site model. Scientific Reports 11:4017.

MASSARI F., COTUGNO P., *et al.* (2021) *Mapping of Organotin compounds in sediments of Mar Piccolo (Taranto, Italy) using Gas Chromatography-Mass Spectrometry analysis and geochemical data*. International Workshop on Metrology for the Sea. Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), 2021, pp. 21-26.

RIZZO A., DE GIOIA F., DI LEO, A. *et al.* (2022). *Geo-Environmental Characterisation of High Contaminated Coastal Sites: The Analysis of Past Experiences in Taranto (Southern Italy) as a Key for Defining Operational Guidelines*. Land, 11(6), 878.

VALENZANO E., SCARDINO G., CIPRIANO G. *et al.* (2018), *Holocene morpho-sedimentary evolution of the Mar Piccolo basin (Taranto, Southern Italy)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 41:119-135.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il Commissario Straordinario "per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione di Taranto" (Dott.ssa Vera Corbelli) per la messa a disposizione dei dati acquisiti nell'ambito delle attività di caratterizzazione eseguite nel periodo 2015-2018. Inoltre, gli autori ringraziano il Prof. Angelo Tursi e il Dott. Vito Felice Uricchio, in qualità di Responsabili Scientifici dell'Accordo di Collaborazione, il Prof. Giuseppe Mastronuzzi e i Dott.ri Nicola Cardellicchio e Giuseppe Mascolo, in qualità di Responsabili Scientifici delle specifiche fasi di lavoro ("Fase G" e "Fase H").

Il monitoraggio delle plastiche nell'ambiente marino e costiero attraverso approcci di citizen science

Citizen science approach for the plastic monitoring in the marine and coastal environment

Giovanni Scardino^{(1,2)*}, Rocco Martella⁽³⁾, Nicola Romanelli⁽⁴⁾, Quirino Borraccesi⁽⁴⁾, Flavio Musolino⁽⁴⁾, Salvatore Zarcone⁽⁴⁾, Andrea Retucci⁽⁴⁾, Giulia Cipriano⁽⁵⁾, Angela Rizzo^(1,2)

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

⁽²⁾ Centro di ricerca sulla Dinamica Costiera, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

⁽³⁾ Istituto Statale "A. Righi" Taranto

⁽⁴⁾ Lega Navale Italiana

⁽⁵⁾ Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

*Email: giovanni.scardino@uniba.it

Parole chiave: inquinamento; polimeri artificiali; mobile app; monitoraggio; ambiente costiero

Key words: pollution; artificial polymers; mobile app; monitoring; coastal environment

ABSTRACT

L'inquinamento da plastiche è diventato uno dei maggiori problemi per le coste e per i mari del bacino del Mediterraneo, soprattutto considerando il continuo aumento della concentrazione e della distribuzione dei polimeri nelle matrici ambientali e nella catena trofica. Per caratterizzare l'origine, la distribuzione e la concentrazione delle plastiche nell'ambiente è richiesta una grande quantità di dati, i quali devono essere raccolti per aree molto estese in tempi brevi.

A tal proposito, i metodi innovativi basati su approcci di *citizen science* stanno trovando una diffusa applicazione, in quanto coinvolgono utenti con diversi profili. In diversi settori della ricerca, l'innovazione tecnologica ha permesso di applicare nuovi metodi per l'individuazione e il monitoraggio delle plastiche attraverso strumenti di uso comune come telefoni cellulari e fotocamere. In quest'ottica, le applicazioni digitali disponibili ai cellulari sono uno strumento facile e veloce per il monitoraggio e il tracciamento delle plastiche nel mare e lungo le coste, aumentando – quando opportunamente costruite – il numero dei dati e la loro significatività. In questo lavoro, viene mostrata l'implementazione di una applicazione su dispositivi cellulari attraverso la piattaforma iNaturalist.

L'applicazione è stata sviluppata per raccogliere foto georeferenziate delle plastiche nei mari e lungo le coste del Mediterraneo, raccogliendo dati in collaborazione con le sezioni della Lega Navale Italiana. I risultati sono stati comparati con il regime meteomarinico e con le caratteristiche fisiche dei sistemi costieri influenzati dall'accumulo di plastica, in modo da individuare i principali percorsi seguiti dai rifiuti di plastica e

determinare la loro distribuzione. L'approccio *citizen science* basato sull'uso di telefoni cellulari permette di ottenere osservazioni da differenti utenti in diretta connessione tra loro, raccogliendo una vasta gamma di dati in tempi brevi e su estese aree.

INTRODUZIONE

L'inquinamento da plastica sta minacciando i sistemi costieri e l'ambiente marino del Pianeta, determinando accumuli dei polimeri sempre più rilevanti nei sedimenti e, da questi, nella catena trofica.

Le più famose evidenze dell'inquinamento da plastica sono la presenza delle estese isole di rifiuti negli Oceani, le cosiddette *Garbage Patches*. Nel 1997, una campagna di campionamenti delle macro-plastiche lungo le coste delle Isole Hawaii e a Long Beach (California), ha fornito una stima della concentrazione di rifiuti di plastica uguale a circa 334,000 elementi/km² (Moore *et al.*, 2001). Questa evidenza fu correlata con la grande isola di plastica formatasi nel Pacifico (*Pacific Garbage Patch*), identificabile all'interno del *subtropical gyre* del Pacifico Settentrionale. Questo è uno dei vortici formati da correnti superficiali presenti negli Oceani, caratterizzati da una circolazione in senso orario e con una zona stabile nel loro centro. La zona stabile rappresenta un'area dove i materiali in sospensione possono addensarsi e persistere per lunghi periodi di tempo (Law *et al.*, 2010).

Esistono cinque principali zone di accumulo di questo tipo negli Oceani: una nell'Oceano Indiano, due nell'Oceano Atlantico, due nell'Oceano Pacifico. Le isole di plastica sono state individuate in corrispondenza dei centri stabili di ogni *gyre* negli Oceani. D'altro canto, alcune importanti evidenze di detriti

di plastica in sospensione sono state individuate anche nel Mar Mediterraneo (Pedrotti *et al.*, 2022). Studi recenti hanno rivelato che esiste una discrepanza fra la quantità di plastica riversata e la plastica effettivamente individuata in sospensione nei mari, evidenziando una lacuna sulla conoscenza dei processi responsabili della distribuzione e dell'accumulo (Suaria *et al.*, 2019). A differenza della circolazione delle correnti oceaniche, il Mediterraneo è caratterizzato da un'alta variabilità stagionale e da una circolazione condizionata dalla conformazione del bacino, per cui risulta difficile individuare aree stabili sulla superficie delle acque dove le plastiche possano addensarsi.

Al fine di avere una vasta gamma di dati su aree del Mediterraneo dove le condizioni meteomarine sono difficilmente prevedibili, un approccio di tipo *citizen science* risulta essere utile per l'individuazione di plastiche nell'ambiente marino e lungo le coste per estendere la capacità di raccolta del dato significativo rispetto a metodi altamente tecnologici (Cagnazzo *et al.*, 2019, 2021; Rizzo *et al.*, 2021) ma con capacità di rilievo fortemente locale. In quest'ottica, le applicazioni su telefoni cellulari per la collezione di foto georeferenziate permettono di ottenere di una grande quantità di informazioni in tempi brevi. In questo lavoro, una *mobile app* integrata con il dominio di *National Geographic* è stata sviluppata per la raccolta di foto di macro-plastiche in differenti aree del Mediterraneo, attraverso la collaborazione di diversi utenti delle sezioni della Lega Navale Italiana. Queste osservazioni, integrate con misure di campo e di laboratorio, risultano utili per una valutazione della distribuzione di plastica e di densità dei differenti polimeri individuati.



Figura 1. Applicazione iNaturalist con il progetto nauticAttiva; a) interfaccia del dispositivo mobile dove vengono riportate le osservazioni di nauticAttiva; b) localizzazione delle osservazioni (evidenziate dai quadrati in rosso) visualizzabili su un sistema informativo di rete

MONITORAGGIO DELLE PLASTICHE MEDIANTE APPLICAZIONE SU DISPOSITIVI CELLULARI

Per monitorare la distribuzione delle plastiche, è stata implementata un'applicazione per dispositivi cellulari con la piattaforma iNaturalist (dominio di *National Geographic*) per lo sviluppo di una base di raccolta data denominata *nauticAttiva*.

I dati principali sono costituiti dalle osservazioni, le quali consistono nelle foto degli elementi che l'utente individua in mare. L'applicazione permette di raccogliere una serie di foto georeferenziate e di classificare automaticamente gli oggetti individuati. La localizzazione, la data e l'ora di ogni osservazione vengono automaticamente assegnate al momento in cui viene eseguita un'osservazione attraverso il GPS e l'orologio del dispositivo cellulare. In caso di assenza del campo di rete mobile, come spesso avviene in mare aperto, l'osservazione viene messa in sospensione dal dispositivo per poi essere successivamente registrata automaticamente sul progetto con il ripristino della comunicazione di rete. Ad ogni osservazione è possibile inserire delle note e informazioni aggiuntive direttamente dal dispositivo mobile, in maniera da dettagliare gli elementi individuati con altre informazioni, come presenza di olii e detriti associati alle plastiche (Fig. 1).

L'applicazione è stata usata in via sperimentale da diversi utenti per la raccolta delle osservazioni con un sistema di condivisione comune, utile per la consultazione e l'elaborazione dei dati. Il dominio di iNaturalist permette di con-

sultare con sistemi informativi territoriali (GIS) tutte le osservazioni raccolte nel in *nauticAttiva* e di poter esportare le informazioni in formato testuale. Le informazioni possono essere elaborate nei sistemi GIS anche con altri dati di altre fonti, come correnti e ventosità al momento dell'osservazione registrati dai sistemi satellitari.

RISULTATI DEL MONITORAGGIO SULLE MACRO-PLASTICHE

Le osservazioni raccolte con l'app di iNaturalist hanno permesso di evidenziare la distribuzione dei detriti di plastica per differenti aree costiere. Ogni osservazione è stata esportata in ambiente GIS con le informazioni associate alla data e alla localizzazione. Le osservazioni hanno permesso di evidenziare innanzitutto le macro-plastiche primarie, le quali per definizione non sono state soggette a degradazione durante il loro trasporto dalla sorgente di produzione. Viceversa, le plastiche secondarie possono essere classificate dalle osservazioni solo se durante il loro trasporto non hanno subito degradazione e riduzione di volume tale che la loro dimensione non risulti inferiore a 5 mm. Per riconoscere i fattori condizionanti la distribuzione delle plastiche, i dati di vento e correnti da satellite sono stati elaborati in ambiente GIS per mostrare i vettori delle correnti superficiali in corrispondenza delle osservazioni. Le osservazioni sul tipo di polimeri hanno mostrato che una parte rilevante delle plastiche deriva da sorgenti industriali ubicate nell'entroterra, dalle quali i polimeri artificiali prodotti vengono riversa-

ti nell'area costiera e nei mari seguendo le vie di flusso dei corsi d'acqua. Altre fonti di immissione di plastiche sulle coste derivano dalle attività turistico-ricreative, le quali determinano accumulo di polimeri come filtri di sigarette, polistirolo, bottiglie e sacchetti di plastica. La deriva litorale e le correnti di fondo rappresentano mezzi di distribuzione delle plastiche, le quali possono arrivare a depositarsi anche nei sedimenti di alto fondale oppure possono essere ingerite dagli organismi marini, determinando un accumulo nella catena trofica.

L'attività di raccolta dati ha avuto inizio il mese di gennaio 2022 e per la fascia costiera pugliese i dati sono stati raccolti da marzo 2022 a giugno 2022. A partire da questa data sono stati raccolte circa 100 osservazioni e di queste circa il 70% è da considerarsi significativa, poiché le immagini permettono di identificare sia la plastica primaria e secondaria, e perché i dati di geolocalizzazione e dei caratteri meteorologici sono esaurienti e precisi. La loro disponibilità in aumento nel tempo costituisce una banca dati in continuo aggiornamento. I risultati che possono derivare da un monitoraggio condotto attraverso dispositivi cellulari sono utili per a) riconoscere le fonti di immissione in mare e lungo le coste; b) tracciare le rotte di distribuzione in mare e lungo la costa; c) definire strategie di intervento atte a ridurre le immissioni di plastiche nell'ambiente. Infine, applicazioni su dispositivi cellulari possono essere integrate con sistemi di intelligenza artificiale o tecniche di telerilevamento, che abbinata a modelli matematici permettono di prevedere le zone di accumulo delle plastiche nei sistemi costieri.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato condotto nell'ambito della convenzione tra Lega Navale Italiana e il Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro (responsabili scientifici Dott. Giovanni Scardino e Dott.ssa Angela Rizzo). Gli autori desiderano ringraziare l'Ammiraglio Donato Marzano, Presidente Nazionale della Lega Navale Italiana e il Prof. Angelo Tursi e il Prof. Giuseppe Mastronuzzi, componenti del comitato scientifico della Lega Navale Italiana, il CINCNV e il personale di bordo di Nave Galatea e Nave Aretusa.

Per le attività di raccolta dati, si desidera ringraziare il personale delle seguenti sezioni della Lega Navale: sezione LNI di Trani, sezione LNI di Mola di Bari, sezione LNI di Taranto, sezione LNI di Brindisi.

Un particolare ringraziamento alla Dott.ssa Lucia Pellegrino per quanto fatto per affermare la collaborazione fra la Lega Navale e l'Università di Bari

BIBLIOGRAFIA

- CAGNAZZO C., POTENTE E., REGNAULD H., ROSATO S., MASTRONUZZI G. (2021), *Autumnal Beach Litter Identification by mean of using Ground-based IR Thermography*. *Environments* 2021, 8.
- CAGNAZZO C., POTENTE E., ROSATO S., MASTRONUZZI G. (2019), *Geostatistics and structure from motion techniques for coastal pollution assessment along the Polignano coast (Southern Italy)*. *Geosciences*, 10, 28, 11pp.
- LAW, K.L., MORÉ-T-FERGUSON, S., MAXIMENKO, N.A., PROSKUROWSKI, G., PEACOCK, E.E., HAFNER, J., REDDY, C.M., (2010), *Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre*. *Science* 329, 1185–1188. doi:10.1126/science.1192321
- MOORE, C.J., MOORE, S.L., LEECASTER, M.K., WEISBERG, S.B., (2001), *A Comparison of Plastic and Plankton in the North Pacific Central Gyre*. *Marine Pollution Bulletin* 42, 1297–1300. doi:10.1016/S0025-326X(01)00114-X
- PEDROTTI, M.L., LOMBARD, F., BAUDENA, A., GALGANI, F., ELINEAU, A., PETIT, S., HENRY, M., TROUBLÉ, R., REVERDIN, G., SER-GIACOMI, E., KEDZIERSKI, M., BOSS, E., GORSKY, G., (2022), *An integrative assessment of the plastic debris load in the Mediterranean Sea*. *Science of The Total Environment* 155958. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.155958
- RIZZO A., RANGEL-BUITRAGO N., IMPEDOVO A., MASTRONUZZI G., SCARDINO, G., SCICCHITANO, G. (2021), *A rapid assessment of litter magnitudes and impacts along the Torre Guaceto marine protected area (Brindisi, Italy)*. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112987.
- SUARIA, G., AVIO, C.G., MINEO, A., LAT-

TIN, G.L., MAGALDI, M.G., BELMONTE, G., MOORE, C.J., REGOLI, F., ALIANI, S., (2016), *The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters*. *Scientific Reports* 6, 37551. doi:10.1038/srep37551

Biostimolazione dei microorganismi autoctoni per il risanamento di acque sotterranee contaminate da cromo esavalente

Biostimulation of native microorganisms for hexavalent chromium water remediation

Marina Tumolo^{(1)*}, Angela Volpe⁽¹⁾, Natalia Leone⁽¹⁾, Pietro Cotugno⁽²⁾, Domenico De Paola⁽³⁾, Daniela Losacco⁽¹⁾, Vito Locaputo⁽¹⁾, Maria Concetta de Pinto⁽⁴⁾, Vito Felice Uricchio⁽¹⁾, Valeria Ancona^{(1)*}

⁽¹⁾ Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bari

⁽²⁾ Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Bari, Bari

⁽³⁾ Istituto di Bioscienze e Biorisorse (IBBR), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bari

⁽⁴⁾ Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Bari, Bari

*Autori referenti

E-mail: marina.tumolo@ba.irsra.cnr.it
ancona@irsra.cnr.it

Parole chiave: biorimediazione falda, cromo esavalente
Key words: groundwater bioremediation, hexavalent chromium

ABSTRACT

La normativa italiana regolamenta diversamente le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) del cromo nelle acque, in relazione al suo stato ossidativo, tenendo conto delle diverse proprietà chimiche e tossicologiche che ne conseguono. In particolare, il cromo esavalente, è cento volte più tossico per i viventi e molto più solubile del cromo trivalente, che rappresenta l'altra forma stabile del metallo in ambiente acquatico. Il D.Lgs 152/2006 fissa, infatti, la CSC del Cr(VI) a $5 \mu\text{g L}^{-1}$, mentre è pari a $50 \mu\text{g L}^{-1}$ quella del cromo totale. Nei distretti produttivi industriali, la contaminazione delle acque sotterranee da Cr(VI) rappresenta una problematica molto diffusa su scala globale. Di fatti, sebbene in alcune aree geografiche possa verificarsi il contributo di fonti naturali, quali l'erosione di rocce ultramafiche, concentrazioni di Cr(VI) eccedenti i $70 \mu\text{g L}^{-1}$ sono per lo più imputabili allo smaltimento improprio di acque di processo e sottoprodotti derivanti dalle lavorazioni industriali che impiegano il Cr(VI). Ne costituiscono un esempio la produzione e lavorazione di materiali refrattari, acciaio inox, carta e pigmenti (Tumolo *et al.*, 2020) Cr(VI). Sfruttando la possibilità di convertire il Cr(VI) in Cr(III), sono state messe a punto numerose tecnologie per la bonifica delle acque sotterranee, sia di tipo chimico-fisico che biologico.

L'interesse verso queste ultime, in particolare quelle che coinvolgono i microorganismi nativi che popolano la falda acquifera contaminata, sta crescendo significativamente poiché in linea con la gestione sostenibile delle risorse naturali. I batteri sono organismi unicellulari

capaci di rispondere alle perturbazioni dell'ambiente causate dall'impatto delle attività antropiche, grazie alla loro plasticità metabolica. Tra le vie metaboliche, risultano di particolare interesse per i loro risvolti applicativi in tema di bonifiche ambientali, quei processi riduttivi che attraverso il trasferimento di elettroni possono mediare la conversione del Cr(VI) alla forma meno tossica Cr(III).

Tale trasferimento di elettroni mediato dai batteri può essere supportato fornendo al sistema substrati organici che agiscono come donatori di elettroni e supportano la proliferazione microbica (Ancona *et al.*, 2020; Pierro *et al.*, 2017; Rahman and Thomas, 2021). Nel presente lavoro, due diversi substrati organici, l'estratto di lievito (YE) ed il polioidrossibutirrato (PHB) sono stati testati a scala di microcosmo per valutare l'effetto di biostimolazione sui batteri coinvolti nel processo di biorisanamento.

I microcosmi sono stati allestiti utilizzando acqua di falda contaminata da circa $130 \mu\text{g L}^{-1}$ di Cr(VI) e suolo profondo, prelevati da un sito industriale ricadente nel territorio della Città di Barletta (Regione Puglia). Gli effetti dei due ammendanti sulla comunità microbica nativa sono stati studiati nei microcosmi YE e PHB, utilizzando come controllo una linea non ammendata (BIO). Inoltre, eventuali fenomeni di riduzione chimica del contaminante sono stati indagati utilizzando per ciascun trattamento una corrispondente linea sperimentale sterile (ABIO YE, ABIO PHB ed ABIO, rispettivamente). La sperimentazione durata 21 giorni ha previsto il monitoraggio dei parametri:

Cr(VI), concentrazione di DNA, nitrati, solfati, pH, redox, ossigeno disciolto. I risultati hanno rivelato una velocità di rimozione del Cr(VI) dalla fase acquosa fortemente influenzata dal tipo di ammendante utilizzato. In particolare, nei microcosmi YE è stata ottenuta la rimozione del 100% del Cr(VI) dalla fase acquosa in soli 7 giorni, procedendo quasi in parallelo rispetto all'aumento della proliferazione microbica, monitorata attraverso la concentrazione di DNA. Incoraggianti sono stati anche i risultati ottenuti per i microcosmi PHB in cui, al termine della sperimentazione, è stata osservata una rimozione del contaminante pari al 70%. Nessun processo di risanamento si è instaurato in assenza di ammendanti (Fig. 1).

Interessante è stato anche l'esito registrato nella linea sterile ABIO YE, dove la riduzione chimica dei composti organici ha consentito la rimozione di oltre il 60% del Cr(VI), raggiungendo però un *plateau* dopo circa 11 giorni (Fig. 2).

L'analisi statistica condotta ha, inoltre, permesso di evidenziare una significativa correlazione positiva tra la percentuale di contaminante rimosso e la concentrazione di DNA estratto dalla fase acquosa. Al contempo, una significativa correlazione negativa è emersa in relazione al nitrato, presumibilmente coinvolto nella riduzione indiretta del Cr(VI) a Cr(III). La sperimentazione condotta ha consentito di verificare che nel sito oggetto di studio sussistono le condizioni idonee alla proposta di un intervento di attenuazione naturale potenziata, prevedendo la biostimolazione dei microorganismi nativi con l'ammendante opportuno.

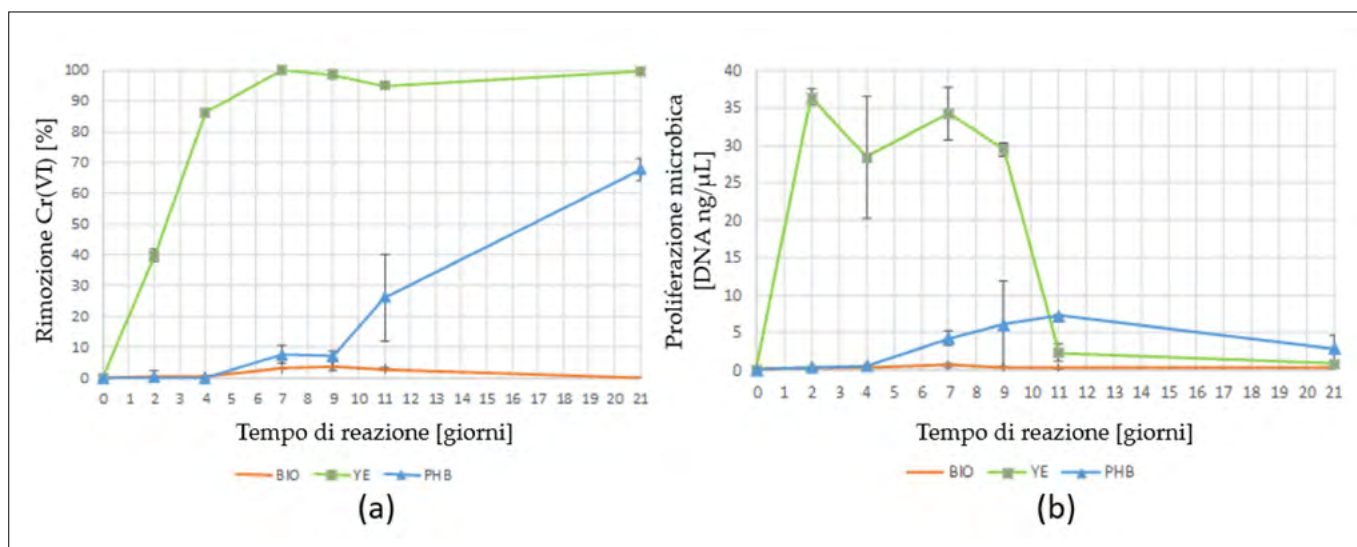


Figura 1. (a) Monitoraggio della rimozione del contaminante nei microcosmi vitali; (b) monitoraggio della proliferazione microbica attraverso la quantificazione del DNA estratto dalla fase acquosa dei microcosmi [immagine modificata da (Tumolo et al., 2022)]

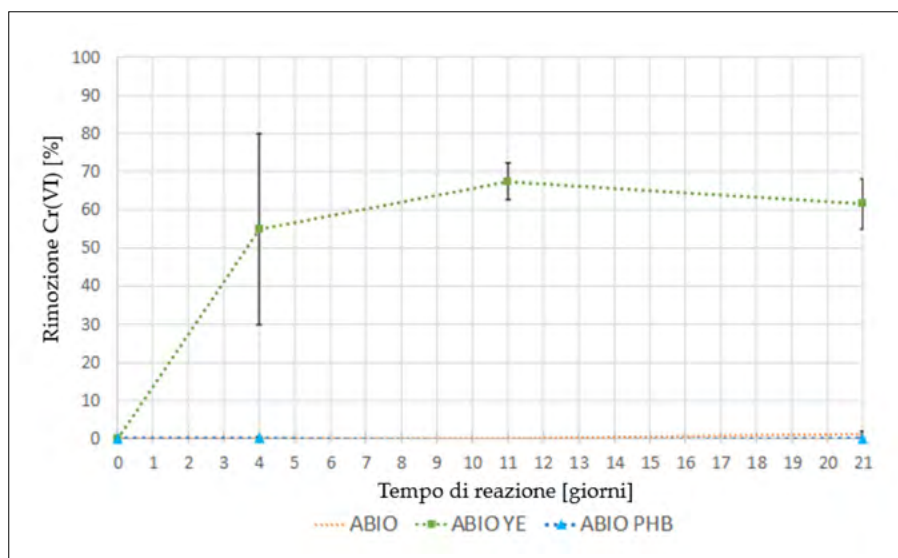


Figura 2. Monitoraggio della rimozione del contaminante nei microcosmi sterili

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato redatto nell'ambito del progetto "Analisi di fattibilità degli interventi di messa in sicurezza e bonifica, noti i profili degli inquinanti rilevati e delle relative misure di contenimento", Convenzione tra Comune di Barletta e CNR-IRSA di Bari del 08/02/2018.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ANCONA, V., CAMPANALE, C., TUMOLO, M., DE PAOLA, D., ARDITO, C., VOLPE, A., URICCHIO, V.F. (2020), *Enhancement of Chromium (VI) Reduction in Microcosms Amended with Lactate or Yeast Extract: A Laboratory-Scale Study*. IJERPH 17, 704. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030704>
- PIERRO, L., MATTURRO, B., ROSSETTI, S., SAGLIASCHI, M., SUCATO, S., ALES, E., BARTSCH, E., ARJMAND, F., PAPINI, M.P. (2017), *Polyhydroxyalkanoate as a slow-release carbon source for in situ bioremediation of contaminated aquifers: From laboratory investigation to pilot-scale testing in the field*. New Biotechnology 37, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.11.004>
- RAHMAN, Z., THOMAS, L. (2021), *Chemical-Assisted Microbially Mediated Chromium (Cr) (VI) Reduction Under the Influence of Various Electron Donors, Redox Mediators, and Other Additives: An Outlook on Enhanced Cr(VI) Removal*. Front. Microbiol. 11, 619766. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.619766>
- TUMOLO, M., ANCONA, V., DE PAOLA, D., LOSACCO, D., CAMPANALE, C., MASSARELLI, C., URICCHIO, V.F. (2020), *Chromium Pollution in European Water, Sources, Health Risk, and Remediation Strategies: An Overview*. IJERPH 17, 5438. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155438>
- TUMOLO, M., VOLPE, A., LEONE, N., COTUGNO, P., DE PAOLA, D., LOSACCO, D., LOCAPUTO, V., DE PINTO, M.C., URICCHIO, V.F., ANCONA, V. (2022), *Enhanced Natural Attenuation of Groundwater Cr(VI) Pollution Using Electron Donors: Yeast Extract vs. Polyhydroxybutyrate*. IJERPH 19, 9622. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159622>



ECO SUD AMBIENTE



L'AMBIENTE E' LA NOSTRA PROFESSIONE



Bonifica Amianto



Smaltimento Rifiuti



Consulenze Ambientali



Sanificazioni Ambientali



Bonifiche Siti Inquinanti



Nuove Coperture

Via Bruxelles, 84 - Soletto



TELEFONO
0836 42 76 12



EMAIL
info@ecosudambiente.it

0836 42 76 12

info@ecosudambiente.it



SITI CONTAMINATI DA IDROCARBURI I NOSTRI PRINCIPALI SERVIZI

**CAMPIONAMENTI ACQUE SUPERFICIALI, SOTTERRANEE E DI SCARICO,
GAS INTERSTIZIALI, TERRENO, EMISSIONI IN ATMOSFERA**

MONITORAGGI E MANUTENZIONE IMPIANTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA

REDAZIONE PIANI DI INDAGINE ED ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

ELABORAZIONE ANALISI DI RISCHIO

REDAZIONE DI SPECIFICHE PER TEST PILOTA E SUCCESSIVA INTERPRETAZIONE

REDAZIONE PROGETTI DI BONIFICA

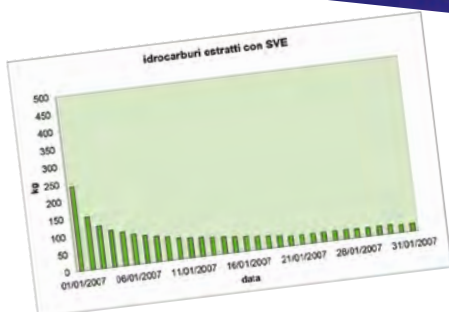
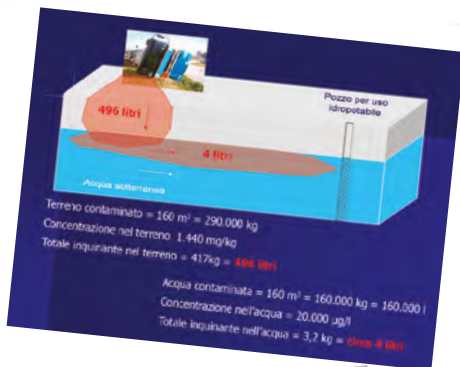
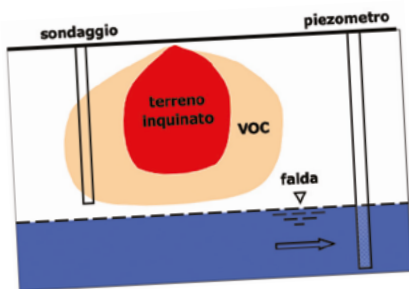
GESTIONE BONIFICHE IN SITO

DIREZIONE DI CANTIERE

RILIEVI TOPOGRAFICI

PROVE IDRAULICHE IN SITO

PERIZIE ASSICURATIVE



**PARMA
TRIESTE
BOLOGNA
MILANO
FERRARA
FIRENZE
PESCARA
PESARO**



UNITÀ LOCALI

**SISTIGOTIGIITS
FIELD GEOLOGIST**

ECOVIVA S.R.L.

**VIA CADUTI DI NASSIRIYA, 7 43126 PARMA (PR) ITALY
WWW.ECOVIVA-AMBIENTE.IT**

GECEO

Servizi Geologici & Indagini Sismiche

Geognostica e prove in sito



- › Sondaggi a carotaggio continuo ed a distruzione di nucleo con prove in foro
- › Indagini Ambientali
- › Prove penetrometriche
DPSH-CPT-CPTE-CPTU
- › Sondaggi e prelievo di campioni con tecnologia Geoprobe®
- › Prove di emungimento su pozzi e piezometri
- › Prove di carico su pali, micropali
- › Prove di trazione e a sfilamento

Geofisica e Geoelettrica



- › Sismica a rifrazione, riflessione
Down Hole, Cross Hole
- › MASW, SASW
- › Sismica passiva: REMI, HVSR
ESAC, SPAC
- › Analisi di risposta sismica locale
- › Geoelettrica SEV, SEO, FLV
- › Tomografia elettrica 2D e 3D
- › Rilievi Georadar
- › Log geofisici in foro

Monitoraggi



- › Monitoraggio frane e versanti (inclinometri estensimetri, ecc..)
- › Monitoraggi idrogeologici e strumentali (piezometri elettrici, misuratori di portata ecc..)
- › Monitoraggi ambientali (stazioni meteorologiche, sonde soil gas sensori fisico-chimici, campi elettromagnetici)
- › Monitoraggio strutturale (fessurimetri, clinometri, estensimetri, assensimetri, celle di carico ecc..)
- › Sistemi area velocity
- › Videospesioni di tubature e pozzi



**III SESSIONE
RISORSE
GEOLOGICHE**

SIGEA

Geologia e Ambiente Geologie und Umweltschutz

**GEOLOGIA APPLICATA, IDROGEOLOGIA,
VALUTAZIONI E SISTEMAZIONI GEOAMBIENTALI,
GEOMECCANICA CON RILIEVI IN PARETE
PIANI DEL PERICOLO**

STUDIO ASSOCIATO

Dott. Michele Nobile;
Dott. Lorenzo Cadrobbi
Dott. Stefano Paternoster;
Dott. Claudio Valle

Bolzano, via Kravogl 18
Tel. 0471/202125 fax
0471/051037
Email:
info@geologiaeambiente.it



Introduzione

Il Convegno, organizzato dalla SIGEA-APS per i suoi primi 30 anni di attività, ha previsto tre sessioni e una è stata dedicata alle tante risorse geologiche presenti sul territorio nazionale. La SIGEA-APS in questi anni, oltre ad interessarsi di problematiche riconducibili alla Geologia Ambientale, ha rivolto grande attenzione alle risorse geologiche fino a diventare un punto di riferimento a livello nazionale ed europeo.

I lavori della sessione sono 41 e di questi 7 sono stati presentati, con comunicazione orale, durante l'evento. Tra i lavori della sessione due illustrano l'importanza delle georisorse ed in particolare delle materie prime strategiche spiegando la loro importanza nell'ambito delle transizioni previste (Di Marco, Zarlenga). Si è parlato anche di energia geotermica, della storia, dei limiti dello sfruttamento e di quello che potrebbe essere l'impiego in futuro (Viti).

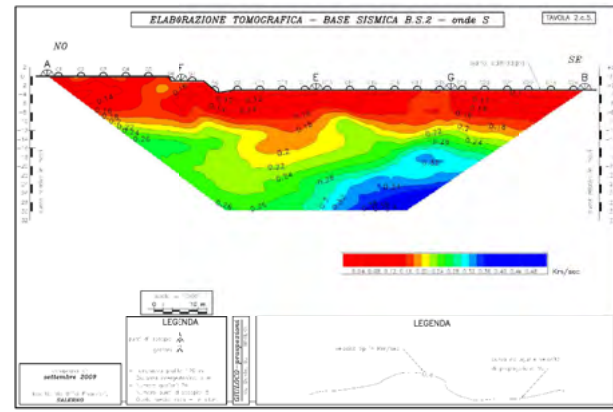
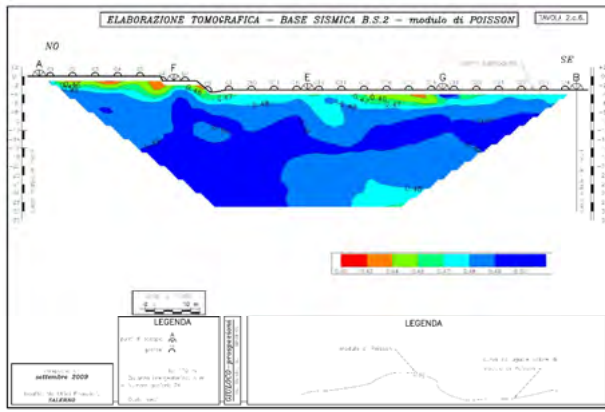
Diversi lavori hanno affrontato le problematiche relative alla protezione della risorsa acqua e ai rischi legati all'acqua. Sono presenti studi che caratterizzano e monitorano corpi idrici dando indicazioni quantitative sulla risorsa e di come sfruttarla in modo sostenibile, tenendo conto anche dei cambiamenti climatici e del rischio di desertificazione (D'Angelis, Belbusti *et al.*, Di Cunsolo *et al.*, Liso & Parise, Veneziano *et al.* e Musmeci & Falconi). Molti dei lavori presentati sono dedicati allo studio del patrimonio geologico e alla loro geoconservazione e valorizzazione. In particolare, sono state messe in risalto le problematiche riguardanti la messa in sicurezza dei geositi, che esprimono la geodiversità di un territorio, da parte delle regioni (Giovagnoli). Alcuni di questi lavori riportano lo studio dettagliato di geositi di grande interesse che potrebbero essere interessati ad azioni di valorizzazione per fini geoturistici (Caccavale *et al.*, Di Loreto *et al.*, Evangelista *et al.*, Falconi *et al.*, Faraone, Galeone, Alessandrini *et al.*, Licciardello & Oieni, Lucente *et al.*, Lucente, Ferretti & Mastroianni, Motta, Virgili & Martini). Non sono mancati contributi che mettono in evidenza come il patrimonio geologico può essere valorizzato e di conseguenza geoconservato, realizzando itinerari, anche in ambito urbano, che collegano geositi e non solo, (Fabbri & Lanzini, Bentivenga *et al.*, Bonomo *et al.*, Licciardello *et al.* e Massacci). Vi è un interessante lavoro sull'uso del GIS, dove l'autore sostiene come questo strumento sia oramai indispensabile per gestire e pianificare le risorse geoambientali (Ceraudo).

Sono state affrontate problematiche riguardanti le coste ed in particolare lo studio delle praterie di Posidonia e la necessità di avere Linee guida riguardante la Pianificazione Spaziale Marina (Modugno *et al.*). Il lavoro di D'Etto *et al.*, affronta l'argomento dell'erosione del suolo e il degrado che questo determina in un ambiente carsico. Vi è un lavoro che parla dei giacimenti di CO₂, della loro individuazione e sfruttamento nell'industrie alimentari, farmaceutiche, ecc. (Baldi). Un altro contributo illustra la storia dell'attività estrattiva del territorio romano, la situazione attuale e le prospettive future. Molta attenzione è stata rivolta al recupero di alcune cave dismesse e contestualmente è stata messa in primo piano la necessità di avere una pianificazione del territorio (Di Filippo). A parlare di geopolimeri, da utilizzare per il trattamento delle acque inquinate, sono Cofano *et al.* I geopolimeri, realizzati con un processo che non produce molta CO₂, riescono a rimuovere numerose sostanze presenti nelle acque inquinate, tra cui i metalli pesanti. Si è parlato anche di microplastiche presenti nelle falde acquifere in ambiente carsico e di come migliorare il loro monitoraggio (Maurano *et al.*). Ad esporre come estrarre risorse dai rifiuti prodotti in aree urbane, sono Serranti & Bonifazi. Il lavoro riporta alcuni metodi utilizzati per separare le risorse dai contaminanti. Inoltre, si è rivolta attenzione anche alle risorse naturali ed in particolare a quelle indispensabili per nutrire la sempre crescente popolazione mondiale, dando indicazioni su come trasformare il sistema agroalimentare così da avere una transizione sostenibile, tenendo conto della trasformazione dei paesaggi rurali e dei cambiamenti climatici in atto (Sonnino, Falconi).

Nella sessione che ho presieduto, sono stati presentati contributi interessanti e tra questi alcuni di grande interesse scientifico. Mi auguro che vengano a breve presentati i lavori estesi che aiutino i lettori ad approfondire gli argomenti trattati dai diversi Autori.

Ritengo che il modo migliore per festeggiare i 30 anni di attività della SIGEA-APS, sia stato quello di organizzare il Convegno del 10 e 11 ottobre scorso, perché è stata un'importante occasione di incontro e confronto tra colleghi/amici.

Mario Bentivenga



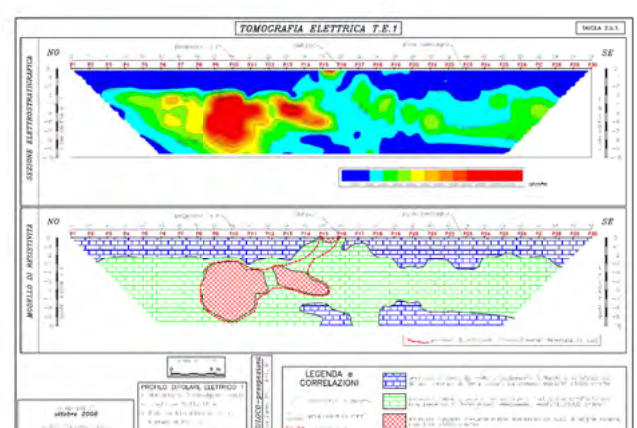
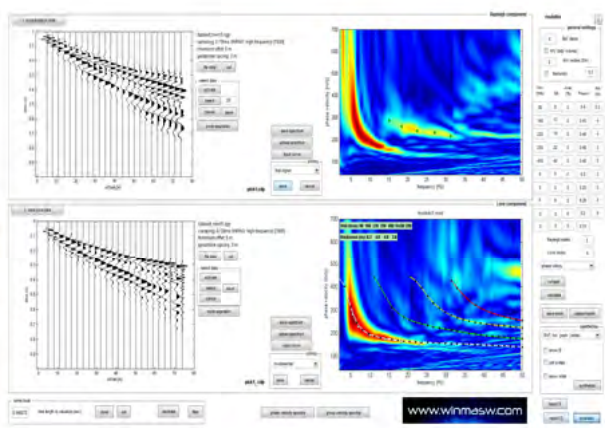
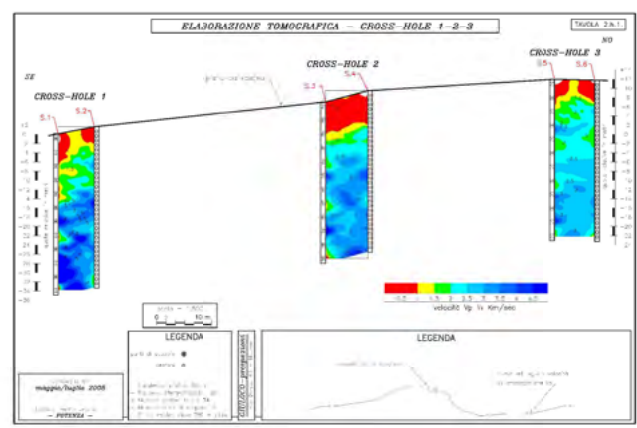
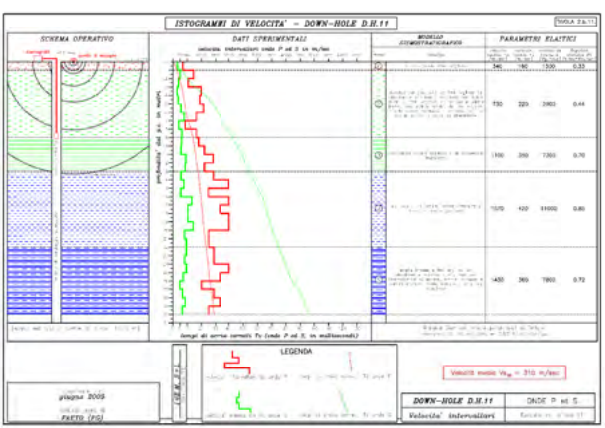
GIULOCO-prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

[iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. 84248] ☉ P. IVA IT 01249760776
 Sede: via De Sarnis, 14 ☉ 75100 Matera ☉ Tel. & Fax 0835.264522 ☉ Cell. 335.6204363
 Indirizzo e-mail: glocorotolo@gmail.com ☉ indirizzo WEB: <http://home.teletu.it/giuloco>

La GIULOCO-prospezioni opera nel settore delle indagini geognostiche con specializzazione nel campo della Geofisica Applicata da oltre 25 anni. Esegue interventi di supporto per studi geologico-tecnici inerenti tematiche ambientali, ingegneristiche, idrogeologiche finalizzate alla ricostruzione di sequenze stratigrafiche, individuazione di corpi sepolti, caratterizzazione geodinamica dei litotipi, individuazione di livelli acquiferi.

Operando in diverse regioni viene a contatto con contesti geologici differenti, accrescendo continuamente la propria esperienza applicativa potendo fornire così valide indicazioni geognostiche su un'ampia gamma di terreni. Le metodologie geofisiche applicate sono quelle della geosismica e della geoelettrica, con le seguenti tipologie d'indagine:

- Prospezione geosismica a rifrazione di superficie in onde P e S, con calcolo dei moduli dinamici e V_{seq} - V_{s30} e con elaborazione tomografica delle sezioni sismostratigrafiche (BASE SISMICA); software utilizzati IXRefrax v. 1.25 della Interpex Limited e Rayfract v. 4.02 della Intelligent Resources Inc.;
- Prospezione geosismica in foro in onde P e S, con calcolo dei moduli dinamici e V_{s30} (DOWN-HOLE e CROSS-HOLE), sia con tiri diretti che con elaborazione tomografica); software utilizzato IXRefrax v. 1.25 della Interpex Limited e Rayfract v. 4.02 della Intelligent Resources Inc.;
- Prospezione geosismica di superficie attiva in onde di Rayleigh, sia in componente verticale che radiale, e in onde di Love, con analisi congiunta, con calcolo di V_{seq} - V_{s30} (MASW); software utilizzato winMASW Academy 2018 della Eliosoft;
- Prospezione geosismica di superficie passiva, con metodologia REMI, ESAC e HVSr, anche in analisi congiunta con acquisizioni tipo MASW; software utilizzato winMASW Academy 2018 della Eliosoft;
- Prospezione geoelettrica di resistività con metodologia Schlumberger o Wenner (SONDAGGIO ELETTRICO VERTICALE); - prospezione geoelettrica di resistività e di caricabilità (polarizzazione indotta) 2D e 3D con metodologia Dipolo-Dipolo Assiale, Schlumberger, Wenner, Wenner-Schlumberger, Polo-Polo, Polo-Dipolo con elaborazione tomografica (PROFILO DI RESISTIVITÀ); software utilizzato EarthImager 2D/3D della AGI;
- Prospezione georadar GPR; eseguita con sistema radar Ris MF Hi-Mod I prodotto dalla I.D.S. - Ingegneria dei Sistemi S.p.A., con software di elaborazione GRED 3D;



Risorse geologiche e materie prime per le transizioni

Luigi Di Marco
Segretariato ASviS
E-mail: luigidimarco@yahoo.it

Geological resources and raw materials for transitions

Parole chiave: antropocene, transizione ecologica, Green Deal, transizione digitale
Key words: anthropocene, green transition, Green Deal, digital transformation

La proposta di dare il nome “antropocene” all’attuale era geologica, spinge a una presa di coscienza e alla responsabilizzazione della specie umana sapiens, rispetto a un destino futuro che dipenderà dalla sua volontà e capacità di scelta. Coinvolge il tema del diritto delle future generazioni, entrato recentemente in Costituzione con la modifica all’art.9 che introduce la tutela dell’ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi anche nell’interesse delle future generazioni, in pratica riprendendo dopo 50 anni il principio 1 della Dichiarazione di Stoccolma del 1972: le persone hanno il diritto fondamentale alla libertà, all’uguaglianza e a condizioni di vita adeguate, in un ambiente di qualità tale da consentire una vita di dignità e benessere, e hanno la solenne responsabilità di proteggere e migliorare l’ambiente per le generazioni presenti e future.

L’antropocene, nelle caratteristiche fisiche e geologiche del pianeta, così come anche negli scambi con la composizione chimica dell’atmosfera, è di fatto condizionato in maniera decisiva dai processi estrattivi e trasformativi delle risorse operati dalla nostra economia umana.

Il tema centrale che si pone è quello della domanda di materie prime per soddisfare i bisogni economici e sociali. I processi trasformativi umani della materia, dovranno nella prospettiva di uno sviluppo sostenibile che garantisca la preservazione di uno spazio operativo sicuro per l’umanità, devono rispettare i limiti planetari.

Il concetto di rispetto dei limiti planetari definito da William Steffen e Joahn Rockstrom del Centro di Resilienza di Stoccolma nel 2009 fa parte del quadro generale delle nostre politiche. A livello europeo, con l’ottavo programma quadro per l’ambiente al 2030 viene specificamente indicato l’obiettivo a lungo termine di vivere bene nel rispetto dei limiti del pianeta entro il 2050. Ciò si

attua in 6 macro-obiettivi indicati dal programma tra cui il progredire verso un’economia del benessere che restituisca al pianeta più di quanto prenda, e accelerare la transizione a un’economia circolare priva di sostanze tossiche, in cui la crescita è rigenerativa, le risorse sono utilizzate in modo efficiente e sostenibile e in cui è applicata la gerarchia dei rifiuti.

Lo stesso obiettivo è integrato nel nostro Piano per la Transizione Ecologica, che con altre parole dice il fine ultimo è di creare entro metà secolo un modello additivo e non sottrattivo di risorse.

La forza geologica della specie umana, è legata ad aspetti antropologici e culturali, i cui processi trasformativi della materia ne rappresentano sostanzialmente un effetto.

La geopolitica e la stessa finanza nell’antropocene possono essere osservate come determinanti geologiche, così come stiamo assistendo in questi giorni con la guerra in Ucraina e con la speculazione sui prezzi dell’energia. Non è una novità, ma una riprova. La consapevolezza degli effetti sul benessere umano e il destino futuro della specie sul pianeta dovrebbero dunque indurre scelte culturali trasformative che trasformino la geologia del pianeta. Con difficoltà, ma in parte ciò sta avvenendo.

Nell’antropocene, la transizione verde (o ecologica) per trasformare il nostro sistema economico in modo che i limiti planetari siano rispettati, implica una transizione antropologica. La solidarietà e la capacità di dare del nostro meglio come animale sociale, ne rappresentano un presupposto.

La transizione (o trasformazione) digitale, denominata nel quadro delle politiche europee come gemellare alla transizione verde deve rispettare anch’essa i limiti planetari, ed ha un senso e uno scopo umano e sociale se concepita per contribuire al rispetto dei limiti planetari.

Il nodo critico che si pone oggi è che le transizioni richiedono materia prima per la loro realizzazione. La valutazione degli impatti ambientali sul life-cycle si pongono come principio guida delle scelte, affinché le transizioni non devino dal loro scopo. La novità più recente è quella della valutazione del non nuocere all’ambiente introdotto come principio del Green Deal europeo, inserito nelle norme dei PNRR richiamando il quadro della tassonomia europea per gli investimenti sostenibili, ovvero il cosiddetto DNSH (do-not significant-harm), che utilizzato al meglio rappresenta una vera propria verifica tecnica di coerenza delle scelte ambientali rispetto agli obiettivi di sostenibilità.

L’art. 41 della Costituzione come in ultimo modificato, indica al primo comma che l’iniziativa economica privata, oltre a non potersi svolgere in contrasto all’utilità sociale, nel nuovo testo aggiunge che non potrà svolgersi in danno alla salute, all’ambiente. In “danno all’ambiente” richiama una corrispondenza di fatto con il principio non nuocere del Green Deal europeo e il DNSH, mentre il “danno alla salute” rafforza il principio costituzionale già sancito dall’art.32.

La conseguenza logica imporrebbe un DNSH per ogni investimento privato per rientrare nei principi costituzionali.

Un altro aspetto fondamentale è quello della disponibilità effettiva di queste risorse. Sulle materie prime critiche con l’Europa abbiamo avviato nel 2020 un piano d’azione ponendo come principio guida la circolarità nell’uso della materia, come anche la ricerca per la sostituzione nei prodotti di materie prime di più ampia disponibilità.

Per le materie prime si pongono anche le criticità geopolitiche. Prima ancora della guerra in Ucraina, con l’UE abbiamo abbracciato il paradigma dell’“autonomia strategica aperta” rinnovando la strategia industriale europea

appena adotta nel marzo 2020, dunque prima della pandemia di COVID-19. Il quadro richiede delle pianificazioni strategiche settoriali per verificare in che modo soddisfare i fabbisogni di materie prime, in relazione agli obiettivi specifici di settore. Non è di fatto possibile ridurre le emissioni del settore edilizio del 60% al 2030 (e del 100% entro al 2050), e incrementare la produzione rinnovabile del 45% al 2030 verso il 100% entro il 2050, senza consumo di materia.

In quest'ambito troviamo la valorizzazione della bioeconomia per le sue ampie potenzialità di sostituzione delle materie prime di fonte fossile e altre materie prime non rinnovabili. La bioeconomia per poter essere concretamente dalla parte della soluzione dovrà affrontare la conseguente pressione aggiuntiva sulle risorse naturali (suolo, acqua, inquinamento e perdita di biodiversità) entro i limiti dell'ecosistema, dunque rispettando il DNSH.

A livello di scambi commerciali si pone il problema di garantire una parità di regole tra paesi UE e non UE, affinché i nostri criteri ambientali europei (e anche sociali e di rispetto dei diritti umani) vengano osservati per tutti i beni venduti sul nostro mercato, per non bypassare gli obiettivi di transizione delocalizzando la nostra produzione e la nostra impronta ecologica, così consentendo anche una concorrenza sleale sul mercato. Sul tema è aperto il dibattito in merito alla proposta di direttiva europea sul dovere di diligenza delle imprese. In carenza di un obbligo valgono gli strumenti di controllo sulla supply chain e la certificazione su base volontaria.

Un aspetto non ancora adeguatamente esplorato e non coperto dall'attenzione politica sono le distorsioni di mercato che possono essere indotte dalla speculazione sul costo delle materie prime. Come indica l'accordo di Parigi i flussi finanziari devono divenire coerenti con uno sviluppo resiliente al clima. Ciò non può avvenire senza definire regole di sistema per l'attività finanziaria, che integrino e prevengano scelte speculative. In assenza di nuove regole sta di fatto che la speculazione continuerà a generare flussi finanziari incoerenti con gli obiettivi dell'accordo di Parigi, impedendone il conseguimento degli obiettivi. Il tema è di ampia complessità perché riguarda profondamente anche aspetti di equità e diritti. La letteratura scientifica in merito raccolta dall'IPCC e dall'IPBES mette in chiara evidenza che uno sviluppo climaticamente resiliente implica il perseguimento di

resilienza sociale come condizione imprescindibile, inclusa la riduzione delle diseguaglianze. Non c'è di fatto resilienza ambientale senza resilienza sociale.

Come preservare e trasformare le risorse geologiche, biologiche (se preferite abiotiche e biotiche) in un percorso di transizione che rispetti i limiti planetari, richiede volontà, visione sistemica, capacità, competenze.

La risorsa primigenia, la materia prima della materia prima di cui abbiamo assoluta necessità, è la passione, la volontà e la capacità di lavorare insieme, di sviluppare le competenze necessarie per un futuro migliore per l'umanità, di credere che un futuro migliore rientra nel campo delle nostre possibilità.

Se il pianeta ha dei limiti, come diceva Aurelio Peccei l'apprendimento non ha limiti.

Le competenze ampliano il campo delle possibilità. E possono ampliare gli scenari della realtà, rendendo realistico, quello che ancora non lo è.

Credo che questo sia il lavoro che ci attende.

Materie prime strategiche

Raw strategic materials

Francesco Zarlenga

Ex ENEA, Dipartimento Energia;

Attualmente: Bluegreen Holdings Ltd

Consultant

E-mail: francescozarlenga115@gmail.com

Parole chiave: Materie prime strategiche, Richiesta Industriale nazionale ed internazionale, possibilità minerarie in Italia e nel mondo

Key words: Raw Strategic Materials, National and International industrial request, Mining in Italy and in the world

Nel settore delle materie prime non energetiche già nel 2008 l'Unione Europea promuoveva una consultazione e un confronto internazionale, concretizzata nel 2010 con la presentazione di un rapporto redatto da un "working group" creato ad hoc e dalla MEMO/10/263. La disponibilità delle materie prime strategiche a prezzi competitivi era stata definita di importanza fondamentale per l'industria europea, il loro impiego è infatti strategico, essendo utilizzate in diversi settori. Si tratta di 41 elementi o gruppi di elementi fra i quali i seguenti 14 sono a maggiore rischio di approvvigionamento: antimonio, berillio, cobalto, spatofluoro, gallio, germanio, grafite, indio, magnesio, niobio, platinoidi (PGM = Platinum Group Metals), TR, tantalio e tungsteno. Dalle previsioni di allora emergeva che entro il 2030 la domanda sarebbe potuta triplicare rispetto a quella del 2006 e che il rischio maggiore, relativo alla loro fornitura, era legato al fatto che i maggiori produttori mondiali erano e sono tuttora un numero ristretto di paesi: Cina (antimonio, spatofluoro, gallio, germanio, grafite, indio, magnesio, terre rare e tungsteno), Russia (PGM), Repubblica democratica del Congo (cobalto e tantalio) e Brasile (niobio e tantalio). A questa concentrazione geografica della produzione si aggiungono in molti casi altri fattori aggravanti, quali il basso grado di sostituibilità ed i tassi ridotti di riciclaggio. Il Roskill Report già nel 2007 indicava che la Cina, che è attualmente il fornitore globale di TR, aveva già messo sotto stretto controllo l'attività mineraria, la produzione e l'export con l'obiettivo di massimizzare all'interno l'utilizzo di questa risorsa. Il risultato finale di questa politica è stato che negli ultimi anni si sono prodotti profondi cambiamenti nell'industria globale.

Nel 2020 l'UE produceva una comunicazione al Parlamento Europeo dal titolo: "Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability", in cui si sottolineava come l'accesso alle risorse fosse una questione strategica di sicurezza per l'ambizione dell'Europa di realizzare il Green

Deal. La nuova strategia industriale per l'Europa, propone di rafforzare l'autonomia strategica, avvertendo che la transizione dell'Europa verso la neutralità climatica potrebbe sostituire l'odierna dipendenza dai combustibili fossili con altre materie prime, molte delle quali provengono dall'estero e per le quali la concorrenza globale sta diventando sempre più feroce. L'autonomia strategica aperta dell'UE in questi settori dovrà pertanto continuare ad essere ancorata a un accesso diversificato e senza distorsioni ai mercati globali delle materie prime. Allo stesso tempo, e al fine di ridurre le dipendenze esterne e le pressioni ambientali, il problema di fondo del rapido aumento della domanda globale di risorse deve essere affrontato riducendo e riutilizzando i materiali attraverso il riciclaggio.

La crisi verificatasi di recente nel settore dei semiconduttori ha messo in crisi tutto il settore tecnologico. La situazione nasce come conseguenza della pandemia di COVID 19 che ha causato un'impennata nella domanda di smartphone, tablet e personal computer da utilizzare nello smartworking. Ma cosa sono i chips ed i microcips utilizzati in elettronica? Sono transistor utilizzati all'interno dei computer. La produzione di transistor in silicio ha permesso di renderli abbastanza piccoli da poter essere inseriti in un microchip. Va tuttavia evidenziato che nel

caso specifico dei microcips l'autosufficienza avrebbe costi altissimi. La presente situazione di interdipendenza a livello mondiale, permette di tenere più bassi i costi e quindi i prezzi dell'elettronica, che altrimenti crescerebbero almeno del 50-60% proprio a causa dei maggiori costi nel caso di una produzione più distribuita e parcellizzata". Va tuttavia evidenziato che in Italia, nel bergamasco, esiste un gruppo italo-francese che è un leader europeo nella produzione di wafer al silicio.

Le sempre scarse risorse minerarie italiane, connesse alla costituzione geologica del territorio, hanno determinato in Italia non solo la chiusura di società che operavano in campo minerario ma anche la fine della ricerca e dell'insegnamento dell'arte mineraria. Il sistema paese non ha più pertanto la capacità di intervento in questo settore strategico, avendo delegato in toto alle società di import/export la delicata materia dell'approvvigionamento delle materie prime strategiche (Zarlenga, 2011; 2011a e 2011b). Tuttavia se questa politica poteva considerarsi accettabile in una fase di tranquillità dei mercati, oggi non sembra più perseguibile. Va anche evidenziato come altri paesi, ove sono presenti società con capacità di accesso a fondi di investimento internazionali e/o alle varie borse internazionali stiano cercando di acquisire le concessioni minerarie ancora disponibili, soprattutto in Africa.



Figura 1. Mappa dell'Africa e zone d'influenza russa, cinese e francese per il controllo delle materie prime

Tabella 1. Principali utilizzi industriali delle materie prime strategiche

Elementi	Usi industriali
Antimonio	dispositivi a semiconduttore, come i diodi ed i rivelatori a infrarossi; Le leghe di antimonio sono anche usate in batterie, metalli a bassa frizione, tipi di metallo e guaine per cavi
Berillio	Leghe berillio-rame sono utilizzate nell'industria della difesa e aerospaziale. Diagnosi attraverso raggi X (è trasparente ai raggi X) e nella realizzazione di vario equipaggiamento per computer.
Cobalto	E' utilizzato per produrre superleghe ove è richiesta resistenza a condizioni estreme (motori a reazione o trapani ad alta velocità). Magneti al cobalto alnico e samario, elettrodi primari nelle batterie agli ioni di litio, al nichel cadmio e al nichel-metallo idruro. Catalizzatori al cobalto
Spatofluoro	è usato come agente fondente nella produzione dell'acciaio, nella realizzazione di vetri opalini, smalti per utensili da cucina. È la fonte primaria per la produzione di difluoro (F ₂) e fluoruro di idrogeno (HF) e quindi per la chimica del fluoro. inoltre fluoruro di calcio (CaF ₂) utilizzati per lenti di apparecchiature ottiche o contenitori di campioni di spettrometri
Gallio	Specchi brillanti. Il gallio si lega facilmente alla maggior parte dei metalli, quindi è usato per formare leghe. Le armi nucleari sfruttano una lega di gallio per stabilizzare le fomme allotrope del plutonio. Circuiti integrati analogici, dispositivi optoelettronici (diodi laser e diodi luminescenti). In forma di arsenide di gallio (GaAs), e è in grado di convertire elettricità in luce ed è usata nei diodi luminescenti (LED) per la visualizzazione elettronica e di orologi. In alcuni termometri a temperatura elevata.
Germanio	Come semiconduttore: transistori ed i circuiti integrati. Aumenta l'indice di rifrazione; tale vetro è usato in obiettivi a largo-angolo ed in dispositivi a infrarossi.
Grafene	batterie nanotecnologiche o anche supercapacitori per lo sviluppo di automobili ibride, cellulari di lunga durata o dispositivi flessibili. Da aggiungere a plastiche o materiali compositi per renderli più resistenti o elettricamente conduttivi. I materiali compositi utilizzano già additivi come fibre di carbonio o di vetro per questi scopi.
Indio	In leghe a bassa fusione e come piastra protettiva per i cuscinetti ed altre superfici metalliche. I fogli di indio sono all'interno dei reattori nucleari e come filtro chiaro in lampade a sodio a bassa pressione di vapore.
Magnesio	I composti di magnesio sono usati come refrattari nelle fornaci per la produzione di ferro e acciaio, dei metalli non ferrosi, di vetro e cemento. I composti del magnesio sono ampiamente usati anche in agricoltura.
Niobio	Produzione di leghe resistenti ad alte temperature e di acciai inossidabili speciali per i reattori nucleari, in Jet, missili, utensili per il taglio, condutture, super magneti ed in canne per saldatura.
Platinoidi	Industria aerospaziale, Industria chimica, Industria automobilistica, Industria elettronica, Odontoiatria, Industria farmaceutica, Strumenti chirurgici Manufacturing, gioielleria
Tantalio	Condensatori molto piccoli con alta capacità (telefoni cellulari e automobili). Chiodi ossei, protesi, staffe e viti mascellari sono realizzati in tantalio
Terre Rare	<ul style="list-style-type: none"> • Magneti permanenti (automobili elettriche e ibride per turbine eoliche [Pr, Nd, Dy, Tb]) • Batterie ricaricabili (veicoli ibridi, dispositivi elettronici e strumenti [La, Ce, Nd, Pr]) • Catalizzatori per auto (convertitori catalitici [La, Ce]) • Catalizzatori Fluid Cracking (FCC utilizzati nella raffinazione del petrolio greggio [La, Ce]) • Polveri lucidanti (lucidatura di vetri, lenti, chip di silicio, schermi e monitor [Ce]) • Additivi per il vetro (proprietà variabili del vetro [Ce, La]) • Fosfori (fosfori per LCD e TV a colori [Eu, Tb, Y]) • Trasporti e veicoli (motori elettrici di automobili ibride e veicoli elettrici; batterie; convertitori catalitici) • Aerospace and Defence (applicazioni elettroniche, satellitari, ottiche, radar e magnetiche; sistemi di precisione missilistica) • Health Care (magneti permanenti per i dispositivi di imaging medico, come la risonanza magnetica; moderne macchine chirurgiche, come quelle per ambulatori robotizzati) • Energia pulita (tecnologie energetiche avanzate, turbine eoliche, batterie per auto elettriche e luci ad alta efficienza energetica; fibra ottica; refrigerazione magnetica) • Elettronica (prodotti più veloci, più piccoli e più leggeri; display a colori; dispositivi di comunicazione e informatica; tecnologia intelligente) • Petrolchimica (raffinazione di petrolio greggio; leghe metalliche speciali) • Vetro e ceramica (produzione, composti lucidanti e additivi per il vetro)
Tungsteno	lampadine fluorescenti e filamenti di tubi a raggi catodici. elementi riscaldanti per forni elettrici utilizzati nelle fonderie. bersaglio del fascio di elettroni nei tubi a vuoto producendo raggi X per l'imaging medico e industriale. Il metallo puro è anche utilizzato per pesi da pesca senza piombo, pallini per fucili a piombo senza piombo, aste di saldatura e freccette ponderate ad alta tecnologia utilizzate per competizioni sportive. carburo di tungsteno incredibilmente duro. Questo materiale viene utilizzato in mazze da golf, punte da trapano, frese da taglio, punte da taglio al tornio, lame da taglio, mole da taglio, punte da fresare, ugelli tagliacuci a getto d'acqua e gusci di artiglieria perforanti.

Geotermia in Italia: storia, problemi e prospettive

Marcello Viti

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università degli Studi di Siena

E-mail: marcello.viti@unisi.it

Geothermal energy in Italy: history, problems and perspectives

Parole chiave: Geotermia, Fonti energetiche, Impatto ambientale, Italia
Key words: Geothermal industry, Energy sources, Environmental impact, Italy

Il tema della geotermia presenta aspetti di rilevante importanza per l'economia nazionale e di sicuro interesse per la comunità dei Geologi. Questa nota è dedicata all'analisi dell'industria geotermoelettrica, per fornire un quadro aggiornato sullo stato e le prospettive di sfruttamento delle zone geotermiche italiane.

Lungo la fascia tirrenica che va dalla Toscana meridionale alla Campania settentrionale, i processi magmatici plio-pleistocenici hanno determinato le condizioni per la formazione di diversificati depositi minerali e peculiari sistemi idrotermali (Peccerillo, 2005). Tali risorse, conosciute e sfruttate da tempi remoti hanno segnato la vita economica e sociale sino alla fine del secolo scorso. Mentre le attività minerarie tradizionali sono da tempo cessate, si è ampliata l'industria geotermoelettrica, che tuttavia insiste su due sole, ristrette aree della Toscana meridionale (Viti, 2019a).

Peraltro, le informazioni geologiche e geofisiche disponibili suggeriscono che tale industria ha ancora ampi margini di sviluppo, legati alla disponibilità ed alla qualità della risorsa geotermica, alla sostenibilità della produzione ed all'esigenza sempre più marcata di sostituire progressivamente i combustibili fossili con fonti energetiche rinnovabili e di minor impatto ambientale. Accanto alla produzione di energia elettrica, di non minore interesse appaiono gli usi diretti - civili, industriali ed agricoli - dei fluidi caldi e l'impiego del calore terrestre per la climatizzazione degli edifici (Viti, 2019b).

D'altra parte, tali potenzialità devono tener conto di possibili problemi come l'emissione di sostanze inquinanti o indesiderate (tra cui spicca l'anidride carbonica), i fenomeni di subsidenza del terreno e la sismicità indotta (Viti, 2020; 2021). A tal proposito, le conoscenze acquisite dopo decenni di ininterrotto sfruttamento mondiale della risorsa geotermica permettono di affermare che l'impatto ambientale può essere efficacemente contrastato avvalendosi delle

più moderne ed innovative tecnologie (Boden, 2017; Macchi e Astolfi, 2017).

In definitiva, è lecito ed auspicabile attendersi che gli interessi delle popolazioni coinvolte, degli enti locali (Comuni e Regioni in primo luogo), dello Stato e dei gestori della produzione possano convergere in modo da garantire uno sviluppo equilibrato delle aree geotermiche, anche e soprattutto al di fuori delle zone tradizionali di sfruttamento (Manzella et al., 2019; Viti, 2021).

BIBLIOGRAFIA

- BODEN, D.R. (2017), *Geologic Fundamentals of Geothermal Energy*. CRC Press-Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4987-0877-7.
- MACCHI E., ASTOLFI M. (Editors) (2017), *Organic Rankine Cycle (ORC) Power Systems. Technologies and Applications*. Woodhead Publishing - Elsevier Ltd., ISBN 978-0-08-100510-1.
- Manzella A., Allansdottir A., Pellizzone A. (Editors) (2019), *Geothermal Energy and Society*. Lecture Notes in Energy, Volume 67, Springer International Publishing AG, ISBN 978-3-319-78285-0.
- PECCERILLO A. (2005), *Plio-Quaternary Volcanism in Italy*. Petrology, Geochemistry, Geodynamics. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, ISBN 978-3-540-25885-8.
- VITI M. (2019a), *Geotermia in Toscana: nuove conoscenze ed innovazioni tecnologiche*. Il Geologo 108, 8-23 (www.geologitoscana.it).
- VITI M. (2019b), *L'impatto ambientale della geotermia in Toscana*. Il Geologo 110, 12-21 (www.geologitoscana.it).
- VITI M. (2020), *Termogeologia: la nuova frontiera della geotermia*. Il Geologo 111, 8-19 (www.geologitoscana.it).
- VITI M. (2021), *Geotermia in Italia. Aspetti geologici, tecnologici ed ambientali*. Geologia dell'Ambiente 2/2021, 25-32 (www.sigawe.it).

Geositi: importanti elementi della geodiversità di una regione, ancora lontani dall'essere tutelati

M. Cristina Giovagnoli
Servizio Geologico d'Italia - ISPRA
E-mail: cristina.giovagnoli@isprambiente.it

Geosites: important elements of a region's geodiversity, still far from being safeguarded

Parole chiave: geodiversità, geositi, tutela, legge regionale
Key words: geodiversity, geosites, protection, regional law

Il 6 ottobre 2022 è stata festeggiata la prima giornata internazionale della Geodiversità, istituita dalla Conferenza Generale dell'UNESCO poco meno di un anno fa. La giornata è stata istituita per divulgare la conoscenza della geodiversità e della sua importanza. Nelle motivazioni presentate dai promotori di questa giornata è stato tra l'altro sottolineato il ruolo importante in molti, se non in tutti i 17 "sustainable development goals" dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. La giornata ha l'obiettivo di ricordare alle nuove generazioni come la complessità del nostro pianeta non riguardi soltanto la componente biologica ma anche quella "non viva": dalle rocce al suolo, dai minerali ai fossili, dalle acque alle morfologie terrestri al paesaggio e ai processi che lo hanno determinato.

Se UNESCO sottolinea che geodiversità non significa necessariamente luoghi speciali come i siti del World Heritage è vero però che esistono siti che rappresentano in modo esemplare, con estrema chiarezza, caratteristiche o eventi geologici. Questi siti rappresentano la chiave per l'interpretazione dell'evoluzione geologica di aree o intere regioni e sono chiamati geositi. I geositi sono espressione della geodiversità di un territorio e il loro insieme ne costituisce il patrimonio geologico. Il riconoscimento della loro importanza è però relativamente recente e in Europa il concetto di patrimonio geologico viene introdotto ufficialmente per la prima volta nel 1991, nella "Dichiarazione internazionale dei diritti della Memoria della Terra" (Digne des Bains, Francia). Nel 2004 il "Manifesto europeo sul patrimonio geologico e la geodiversità" (Consiglio d'Europa) riconosce la ricchezza geologica e geomorfologica dell'Europa, ne evidenzia le opportunità didattiche e turistiche e afferma la

necessità di conservare e tramandare il patrimonio geologico alle generazioni future. In Italia una cultura scientifica intorno al patrimonio geologico si sviluppa a partire dai primi anni novanta ad opera di alcune Università. Successivamente alcune società scientifiche come SIGEA e ProGEO collaborano con il Servizio Geologico d'Italia alla redazione di una scheda per la raccolta delle informazioni sui geositi che diventerà lo strumento per un primo censimento dei geositi, sia pure realizzato sostanzialmente su base bibliografica.

Oggi il Servizio Geologico gestisce l'Inventario Nazionale dei Geositi italiani, le cui schede descrittive sono raccolte in un geodatabase consultabile sul sito web dell'ISPRA (<http://sgi.isprambiente.it/geositiweb/>).

Se la conoscenza del patrimonio geologico è andata aumentando nel corso degli ultimi vent'anni e molti studi a livello internazionale sono oggi finalizzati alla conoscenza e alla condivisione dei criteri di riconoscimento dei geositi e alla loro gestione in geodatabase, la

protezione del patrimonio geologico è obiettivo ancora lontano da raggiungere, non soltanto in Italia.

Attualmente la migliore protezione di un geosito si rivela la protezione indiretta che si può assicurare sviluppando uno specifico interesse nella popolazione per un bene del quale sente la proprietà. A questo andrebbe aggiunta una continua frequentazione del sito da parte di visitatori e ricercatori, progettata e portata a buon fine attraverso la scelta di uno sviluppo mirato di attività che prevedano una attiva e continua frequentazione del sito.

Ciò non di meno la tutela del patrimonio geologico andrebbe esercitata anche con strumenti legislativi che non sono ad oggi disponibili.

La normativa nazionale attualmente in vigore non fa riferimento, nello specifico, alla tutela e gestione dei geositi, ma gli strumenti legislativi applicabili al patrimonio geologico sono da ricercare nell'ampia categoria di leggi e decreti che disciplinano l'istituzione di parchi e riserve (legge 394/91), la tutela del



Figura 1. Distribuzione geositi in Italia in accordo con i dati dell'Inventario ISPRA (dicembre 2021)

Figura 2. Homepage Inventario Nazionale dei Geositi (sgi.isprambiente.it/geositiweb/)

suolo, l'elaborazione di piani territoriali e/o paesaggistici (Legge N. 42/2004). Il Codice Urbani ha indiscutibilmente il merito di aver costretto le amministrazioni locali ad interessarsi del patrimonio geologico, fino a quel momento estraneo alle loro attività e ad attivarsi sul territorio, in alcuni casi dando inizio a progetti di studio e riconoscimento del patrimonio geologico locale di alta qualità e a produrre inventari locali. Queste attività hanno avuto inoltre l'importante risultato di sollecitare l'interesse alla protezione e valorizzazione dei geositi riconosciuti e questo ha spinto a legiferare in questa direzione.

La regione Emilia-Romagna è stata la prima a dotarsi di una legge, nel 2006 ("Norme per la conservazione e la geodiversità dell'Emilia Romagna e delle at-

tività ad esse collegate"). Nel 2009 prima la regione Liguria (legge regionale N.39: "Norme per la valorizzazione della geodiversità, dei geositi e delle aree carsiche in Liguria"), poi la regione Puglia (legge N.33/2009, "Tutela e valorizzazione del patrimonio geologico e ipogeo") si sono a loro volta dotate di una legge per la tutela del patrimonio geologico. Le tre leggi, che hanno molte parti in comune, in modo particolare quelle della Liguria e della Puglia, istituiscono i catasti regionali di geositi e grotte.

Nel 2012 la regione Siciliana pubblica la legge: "Norme per il riconoscimento, la catalogazione e la tutela dei geositi in Sicilia" che non è però una legge per la tutela della geodiversità ma nella quale viene istituito il catalogo dei geositi regionali. Sono invece leggi

che prevedono la tutela della geodiversità quelle della regione Basilicata, legge N.32, pubblicata il 3 agosto 2015, "Conservazione e valorizzazione del patrimonio geologico" e quella dell'anno successivo della regione Friuli Venezia Giulia, legge regionale N. 15 del 14 ottobre 2016 "Disposizioni per la tutela e la valorizzazione della geodiversità, del patrimonio geologico, speleologico e delle aree carsiche".

La consapevolezza dell'importanza della conservazione dell'ambiente naturale è andata in questi ultimi anni aumentando, parallelamente allo sviluppo di una maggiore responsabilità nei confronti dell'ambiente. La componente geologica del paesaggio è stata però lungamente, ed erroneamente, considerata, forse per la sua staticità, meno bisognosa di attenzione. In realtà la sua protezione è fondamentale per almeno due motivi: - che la componente geologica, abiotica, è strettamente legata alla componente biotica; - che i beni geologici sono beni non rinnovabili. Un elemento geologico, formatosi in milioni di anni, che racconta la storia geologica del nostro pianeta, una volta distrutto non è più riproducibile. La salvaguardia del patrimonio geologico è quindi fondamentale e la sua valorizzazione, ad esempio trasformando il bene in una risorsa, favorisce quella protezione partecipata di cui si è già detto sopra.

Divulgare una cultura geologica, oggi ancora poco diffusa, dovrebbe essere la prima delle iniziative da intraprendere. L'interazione tra la geologia e la società ne ha influenzato l'evoluzione, gli insediamenti, le attività produttive, eppure questo legame è ancora in gran parte misconosciuto ed invece soltanto attraverso la conoscenza e la consapevolezza è possibile tutelare e conservare.

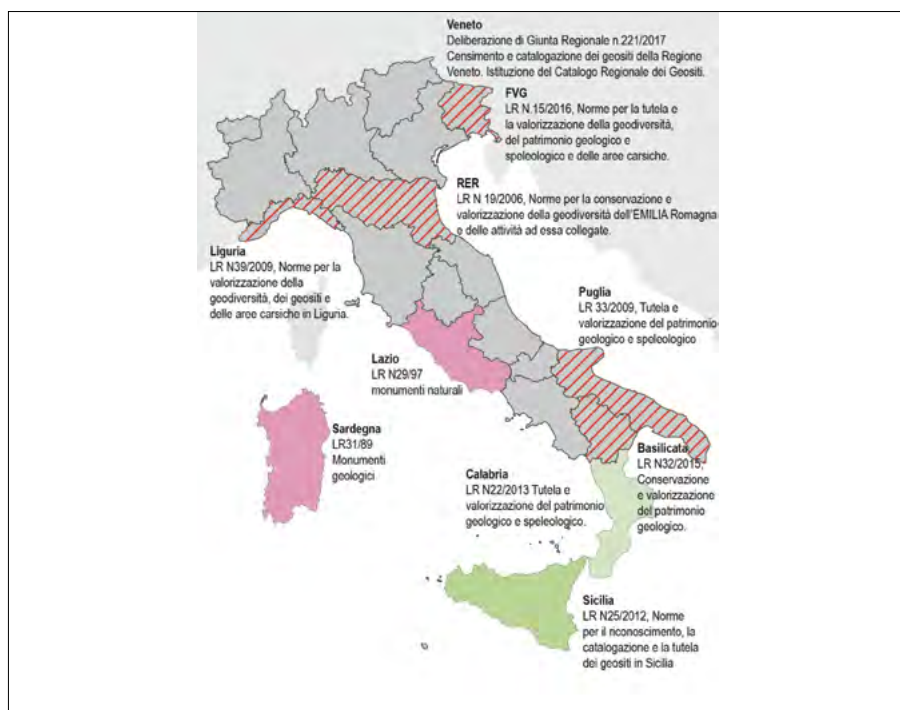


Figura 3. Quadro riassuntivo leggi regionali sul patrimonio geologico

Proteggere le acque, proteggersi dalle acque

Geoenvironmental Resources

Parole chiave: proteggere, proteggersi dalle acque

Key words: protect, protect yourself from the waters

Nulla, come l'acqua, contiene la vita, monitora le condizioni dell'atmosfera, rileva lo stato ecologico del pianeta e la nostra impronta sulla natura. Noi la osserviamo, ma in realtà è l'acqua che da sempre osserva noi, ed è nell'acqua che si rispecchia tutto e riflette ciò che siamo, nel bene e soprattutto nel male: l'efficacia della macchina amministrativa, il rispetto della legalità, i valori comuni, il decoro urbano, l'orgoglio civico, le emozioni di uno spettacolo naturale senza fine.

L'Italia, a nostra insaputa, è il territorio delle più copiose, favolose e legendarie acque. L'acqua ha fatto la nostra storia, ha plasmato la geografia del territorio modellando paesaggi unici, ha permesso di fondare civiltà e città universali.

In Italia, infatti, piove come in nessun altro Paese, in media 305 miliardi di metri cubi all'anno. E da sempre, ogni generazione di italiani, ha dovuto difendersi anche dalle acque. La natura dell'Italia, nata dalle primordiali acque dell'Oceano Mare come la più giovane terra della Terra, fa sì che conviviamo, in superficie, con la più giovane geologia e con la più ricca idrologia e purtroppo con le più folli espansioni urbanistiche che hanno innescato rischi a non finire. Non esiste un altro Paese dove, in appena sette decenni, dagli anni Cinquanta del Novecento ad oggi, in un flash della nostra storia, è stato triplicato il consumo dei suoli più fragili, e senza cautele né difese, passando dal 2.3% del costruito all'8.3% di oggi, come dimostra l'Ispra, con la saga dell'abusivismo e la vergogna di tre condoni edilizi.

Pochi hanno fatto e fanno i conti con un altro dato clamoroso: l'essere beneficiati da una media di 305 miliardi di m³ l'anno di acqua piovana, una dotazione record, superiore a quella di tutti gli altri Paesi dell'Unione e di Paesi che nell'immaginario sono considerati piovosissimi (Inghilterra, Germania o Francia). Queste quantità ci vedono detentori anche del record europeo di corsi d'acqua: ben

7.494, di varia lunghezza e dimensione, con 1.242 fiumi e tutti con una gamma di problemi da gestire poiché sono hanno un brutto carattere torrentizio, facili a fuoriuscire dai loro alvei con piogge battenti. Abbiamo poi 347 laghi e 538 dighe con altrettanti laghi artificiali e oltre 20.000 piccoli specchi d'acqua, e l'acqua alimenta 1.053 falde che sotto i nostri monti custodiscono ampi serbatoi di risorsa purissima. E l'acqua è ancora in stagni e persino in paludi relitte scrigni di biodiversità a perenne ricordo di quando acquitrini e foreste pluviali occupavano quasi l'intera pianura nazionale costiera e interna.

Dovremmo proteggerla, la nostra risorsa principale, ma siamo colpiti dall'autolesionistica assuefazione a sprechi, abusi, a livelli inaccettabili di inquinamento, a manomissioni di percorsi e intombamenti. Non facciamo più caso ai crimini commessi contro la sua purezza, la sua bellezza, la sua libertà. Eppure, ogni goccia d'acqua, soprattutto in questi tempi di eccezione, andrebbe invece protetta con ogni mezzo, e ogni abuso andrebbe scovato e punito a furor di popolo.

L'indifferenza peraltro ci vede in buon compagnia. Nel tempo fosco dei cambiamenti climatici, nonostante il 71% del pianeta sia l'azzurro dell'acqua, e nonostante l'acqua sia la prima frontiera di sconvolgenti mutamenti climatici, i "potenti" della Terra non le dedicano un G20 o un G7, ma nemmeno un capitolo adeguato negli Accordi sul Clima nelle Conference of the Parties della Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici. Nonostante l'acqua sia la nostra principale alleata nella battaglia climatica producendo oltre il 50% di ossigeno e assorbendo un terzo dell'anidride carbonica, e regolando il clima con correnti e maree, è lei la grande assente nella visione globale degli equilibri climatici del pianeta.

E anche nelle nostre fasi di siccità, come in quella durissima di questo 2022, è riemerso il paradosso che fa di tante nostre crisi idriche soprattutto crisi di

spreco e di infrastrutture idriche e non solo di scarsità di risorsa. Le sempre più prolungate siccità italiane ci sbattono in faccia le insopportabili condizioni di gestione idrica, specie nel Mezzogiorno. L'acqua, pur essendo strettamente dipendente dalle infrastrutture idriche, è da troppo tempo ai margini dei nostri investimenti pubblici, come dimostra anche il caso clamoroso del PNRR che destina all'acqua neanche il 2% del totale dei 235 miliardi da investire, come se fosse un bene da non tutelare e da gestire senza costi.

Nel frattempo, una scia di disinteresse per inquinamenti di fiumi e laghi da scarichi urbani di stampo medievale hanno prodotto finora ben 4 procedure di infrazione per la mancata o inadeguata attuazione della direttiva europea sul trattamento delle acque reflue. La depurazione è assente o insufficiente ancora in 939 agglomerati urbani, cioè in circa 2500 Comuni, con almeno un terzo di italiani non ancora allacciati a un depuratore o addirittura a una rete fognaria.

Se questa condizione non cambia, è difficile assicurare la tutela della risorsa. È un problema che non può essere scaricato sulle spalle delle prossime generazioni.

Servirebbero investimenti pubblici adeguati che sono una necessità naturale per una risorsa pubblica. Soprattutto oggi di fronte ai primi spaventosi sintomi della crisi climatica in atto. Subiamo ormai siccità estreme e anche l'Italia del Nord diventa periodicamente come l'Italia assoluta del Sud. Fare i conti con i cambiamenti climatici che stanno accelerando gli estremi dell'acqua - siccità e alluvioni -, è un obbligo. Occorrono strategie e politiche, piani di opere e interventi. A partire dalla realizzazione di almeno altri 2.000 piccoli e medi invasi per immagazzinare acque di pioggia e di fiume, da utilizzare dove e quando serve. E bisogna sapersi difendersi dagli effetti estremi dell'acqua.

Tante impressionanti immagini di devastazioni sono sotto i nostri occhi, e mostrano la realtà drammatica di

una Italia da sempre sfregiata da stati di emergenze, da situazioni di panico e terrore da Paese hot spot di affetti climatici per condizioni geografiche e orografiche, esposto più di altri al rischio massimo per la disperante assenza di opere e interventi di manutenzione, prevenzione, difese.

L'Italia è ormai terra di sempre più frequenti violenti uragani come cicloni tropicali, di piogge "esplosive" e alluvioni-lampo con il corredo di micidiali frane, della novità dei distacchi dai ghiacciai in fusione, di furiosi incendi, di trombe d'aria e mareggiate, e dove i giorni di siccità sono passati negli ultimi venti anni da una media di 40 a 150. La Protezione Civile conta oltre un evento estremo ogni santo giorno dall'inizio dell'anno, con il terrificante raddoppio sul 2021, il che indica per i climatologi una progressione ormai "ordinaria".

Questo 2022 è l'anno più caldo di sempre, per sei mesi prigioniero di "gabbie di calore" premature e perduranti, con un luglio che ha fatto toccare i 2,26 gradi sopra la media. Ma questa anomalia climatica fa vittime e danni enormi, circa 7 miliardi di euro persi in agricoltura e allevamento, altri miliardi e disagi persi per crisi idropotabile. E favorisce incendi dolosi e colposi innescati da terroristi dei roghi (da giugno a luglio ben 1.950 che hanno incenerito 27.883 ettari, con costi stimati in bonifiche per oltre 10.000 euro ad ettaro). E boschi ridotti in cenere favoriscono il dissesto idrogeologico.

L'urbanizzazione italiana che ha visto edificare suoli con ritmi unici tra i Paesi dell'Unione Europea, ha urbanizzato anche aree fragili, alluvionali e franose aumentando così l'esposizione ai rischi. Aver triplicato nei soli 70 anni il costruito, in molti casi fuori dalle pianificazioni dei piani regolatori, ha comportato negli sviluppi urbani la scomparsa del reticolo idraulico e l'intombamento di corsi d'acqua. Una stima vede oltre 20.000 km di rii, torrenti e fiumi intubati sotto strade e edifici cittadini in sezioni di gallerie anche del tutto inadeguate a contenerne le fasi di piena. La progressiva riduzione, fino alla scomparsa, di cure e manutenzioni di territori montani e collinari e in fasce prospicienti alle aree urbane, favorisce ulteriori stati di pericoli incombenti. E la "giovane" geologia dei nostri suoli spesso sabbiosi e argillosi e quindi incoerenti rendono la nostra Penisola naturalmente "vocata" ai rischi idrogeologici.

Basta uno sguardo sull'intera superficie nazionale. Risulta estesa per

302.073 km², e di questi, 125.790 km² sono rilievi collinari (41,6%) e 106.276 km² sono rilievi montuosi (35%), e la pianura ha una superficie di soli 70.007 km² (23,2%). L'altitudine media è di 337 metri sul livello del mare. Con un sottosuolo profondo tettonicamente attivo e con la presenza di vulcani lungo la dorsale tirrenica ormai spenti da oltre 10.000 anni (Monte Amiata, Vulcini, Cimini, Vico, Sabatini, Isole Pontine, Roccamonfina, Vulture), di altri in una lunga fase di riposo (Colli Albani, Campi Flegrei, Ischia, Vesuvio, Salina, Lipari, Vulcano, Pantelleria, il vulcano sottomarino Marsili nelle profondità tra il golfo di Napoli e le Eolie il più esteso del continente), e di altri tuttora attivi (Etna, Stromboli).

Questo insieme di peculiarità ci rende molto esposti. Le rilevazioni dell'Ispra e le cartografie delle Autorità di bacino distrettuali mostrano ad alto rischio idrogeologico il 12,6% della popolazione nazionale, il 14,1% delle industrie e dei servizi e il 21,1% dei beni culturali. Il 94% dei comuni italiani ha almeno una porzione del proprio territorio classificata nelle classi ad elevata pericolosità con una popolazione di oltre 7 milioni di abitanti.

Nonostante l'elevata rischiosità, aumentano però continuamente il consumo di suolo e la superficie nazionale urbanizzata potenzialmente soggetta a frane e alluvioni. L'incremento verificato nel quinquennio 2017-2021 risulta rispettivamente maggiore del 4% per l'esposizione alle frane e del 19% per l'esposizione alle alluvioni. Dal dopoguerra ad oggi, lo Stato spende oltre 3.5 miliardi di euro in media all'anno per far fronte ai soli danni da dissesto idrogeologico. Inseguiamo ogni emergenza mentre servirebbe il lavoro costante per la protezione delle acque e per la prevenzione dai rischi prodotti dalle acque.

Sistemi GIS per la pianificazione delle Risorse Geoambientali

Simonetta Ceraudo
 Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio
 E-mail: presidente@geologilazio.it

GIS systems for the planning of Geoenvironmental Resources

Parole chiave: Sistemi GIS, pianificazione, risorse geoambientali
 Key words: GIS systems, planning, Geoenvironmental Resources

I Sistemi Informativi Geografici (Geographic Information System, GIS) hanno rappresentato e rappresentano una vera rivoluzione nella gestione e nella pianificazione delle Risorse Geoambientali: nel loro utilizzo sostenibile, nella tutela e nella valorizzazione.

Acqua, materiali lapidei, giacimenti minerali, paesaggi e geositi, fonti energetiche rinnovabili e non, sono risorse di primaria importanza che prevedono la possibilità di generare informazioni con una componente spaziale/geografica e, grazie a questa componente, la tecnologia GIS è diventata uno strumento essenziale per qualsiasi pianificazione o processo decisionale.

Le figure professionali preposte ad operare sul territorio nella gestione delle Risorse Geoambientali, come il Geologo, hannolagranderesponsabilitààgarantireilcorrettousochediquesterisorsevieneffatto, edèper questo che uno strumento come il GIS diventa un prezioso alleato, vista la grande mole di layer informativi e/o informazioni geolocalizzate disponibili oggi, informazioni dinamiche che variano continuamente nello spazio e nel tempo e che quindi hanno la necessità di essere continuamente aggiornate.

Il GIS è un sistema complesso al quale concorrono diverse componenti che operano in sinergia e che possiamo individuare nell'hardware, nel software e nella componente umana di alta qualifica professionale; il sistema, così predisposto, viene utilizzato per l'acquisizione, l'elaborazione, l'archiviazione, l'analisi e la distribuzione dei dati geolocalizzati.

L'innovazione è data dalla possibilità di utilizzare, simultaneamente ed in maniera integrata, dati di diversa origine: dati raster, dati vettoriali e geodatabase relazionali.

La vera difficoltà nella realizzazione di un sistema di questo tipo risulta essere sicuramente il recupero e la preparazione dei dati di base, per i quali occorre



GAZZETTA UFFICIALE
 DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA Roma - Lunedì, 27 febbraio 2012 SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00184 ROMA
 AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 1027 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-65001 - LIBRERIA DELLO STATO
 PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

AVVISO AGLI ABBONATI

Si avvisano i Signori abbonati che a partire dall'anno 2012 sono state apportate alcune variazioni alle condizioni di abbonamento, nello specifico per quanto riguarda la decorrenza e la tipologia degli stessi. Preghiamo pertanto i Signori abbonati di consultare il testo completo dell'avviso riportato in quarta di copertina.

N. 37

**PRESIDENZA
 DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI**

DECRETO 10 novembre 2011.
Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale.

DECRETO 10 novembre 2011.
Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici.

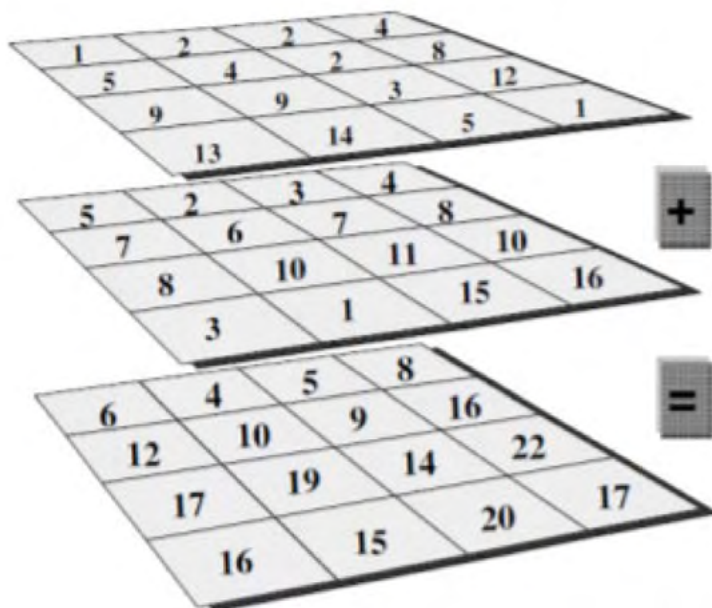
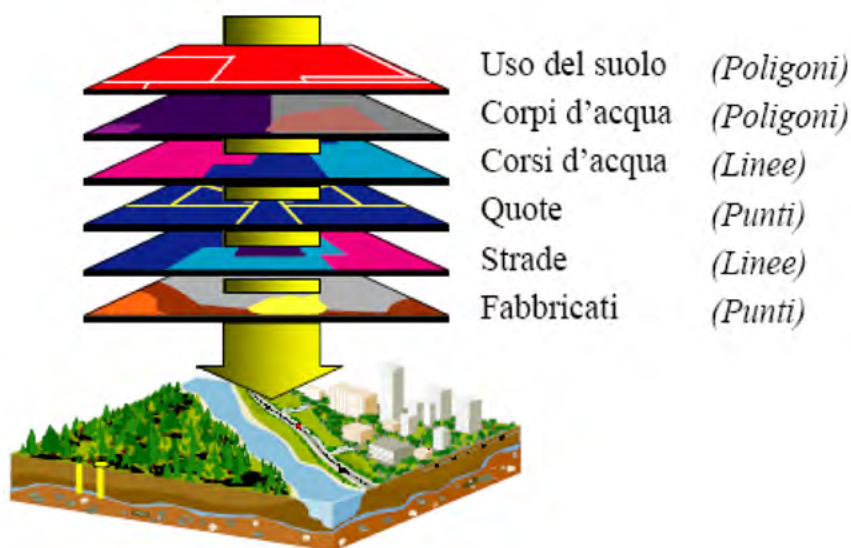
DECRETO 10 novembre 2011.
Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso.

DECRETO 10 novembre 2011.
Regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio di ortofoto digitali alla scala nominale 1:10000.

Art. 2.

Sistema di Riferimento Geodetico Nazionale

1. A decorrere dalla data di pubblicazione sulla *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana del presente decreto, il Sistema di riferimento geodetico nazionale adottato dalle amministrazioni italiane è costituito dalla realizzazione ETRF2000 - all'epoca 2008.0 - del Sistema di riferimento geodetico europeo ETRS89, ottenuta nell'anno 2009 dall'Istituto Geografico Militare, mediante l'individuazione delle stazioni permanenti l'acquisizione dei dati ed il calcolo della Rete Dinamica Nazionale.



avere approfondita esperienza e ottima capacità di analisi, progettazione e realizzazione.

Le piattaforme GIS utilizzabili (ArcGIS e qGIS tra le principali) consentono proprio di integrare, nei progetti da affrontare, le differenti tipologie di dati geospaziali (raster, vettoriali, nuvole di punti, geodatabase, ecc.) ed in diversi formati, rappresentandoli in un'unica interfaccia di visualizzazione per un efficiente processamento, analisi, presentazione e condivisione del dato.

Il progredire delle tecniche ha consentito, inoltre, di sviluppare e perfezionare le modalità operative, soprattutto per quei progetti con una grandissima mole di dati di diversa tipologia e di diversa provenienza.

Inoltre, l'evoluzione continuativa di questi sistemi, permette oggi di lavorare, non solo condotti in locale, ma anche tramite la consultazione di WMS (Web Map Service), l'utilizzo di WCS (Web Coverage Service) e WFS (Web Feature Service), attraverso il trasferimento delle singole entità geospaziali e quindi l'accesso diretto all'informazione territoriale, con la possibilità di analizzare e processare direttamente i dati territoriali provenienti da fonti diverse, con servizi messi a disposizione da remoto e/o con webGIS.

L'integrazione delle informazioni geospaziali (ossia di tipo posizionale, topologico e geometrico) con i relativi geodatabase relazionali ha permesso, inoltre, di sviluppare una grande capacità di analisi e di sviluppo di tecniche di elaborazione sofisticate, di studio della correlazione geospaziale dei dati, della stima, validazione e simulazione di superfici in 2D e 3D e di analisi geostatistica per la modellazione e la definizione e predisposizione di modelli interpretativi per determinate Risorse Geoambientali.

L'integrazione dei dati può riguardare anche dati aventi sistemi di riferimento geografici con datum differenti quali Roma40, ED50 e ETRF2000, ma anche sistemi di coordinate catastali, in questo caso si può operare utilizzando algoritmi di trasformazione al fine di procedere con l'armonizzazione delle informazioni, in particolare per quanto riguarda la componente geografica.

Per i progetti che prevedono lo studio e la predisposizione di una grande quantità di dati geospaziali, acquisiti anche attraverso diverse tecnologie, occorre rispettare quanto previsto dal Codice dell'Amministrazione Digitale (CAD) e dalle linee guida tecniche emanate dall'AgID (Agenzia per l'Italia Digita-



ca aggiornata e di dettaglio (tipo ortofoto e/o immagini satellitari), sia con sopralluoghi mirati attraverso i quali si possono acquisire ulteriori informazioni sempre più di dettaglio, sempre geocalizzate, che andranno ad arricchire il geodatabase risultato di tutte le iterazioni effettuate.

A completamento dello studio si potrà poi procedere con l'identificazione, sempre tramite strumenti GIS, dei punti di osservazione, relativi ai siti individuati, con la predisposizione dell'algoritmo di calcolo per l'individuazione delle aree coinvolte dall'analisi di visibilità anche per gli studi di inserimento paesistico.

Infine, avendo a disposizione modelli 3D di dettaglio, coerenti con la realtà dei siti, si potrà procedere con le valutazioni preliminari per il calcolo dei volumi di estrazione e del materiale utile, sia di quello di scarto.

le). In particolare, per i dati territoriali/geografici, occorre considerare gli atti normativi del 10/11/2011, emanati dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, con i quali sono stati definiti, tra gli altri, l'adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale (ETRF2000) ed il profilo nazionale di metadati basato sugli Standard ISO, nonché le regole tecniche definite nell'ambito della Direttiva INSPIRE; infatti, al fine di rendere tali metadati interoperabili, tra i cataloghi delle diverse entità fruitrici, è di fondamentale importanza che il rilascio dei dati geospaziali sia accompagnato sempre da un insieme minimo di informazioni a carattere generale, redatto secondo regole standard.

Infiniti sono gli ambiti di utilizzo dei sistemi GIS, un esempio significativo della interoperabilità del sistema può essere rappresentato, ad esempio, dall'individuazione di siti idonei all'attività estrattiva nell'ambito dei progetti preliminari di viabilità stradale.

Questo esempio è emblematico, in quanto si può avviare lo studio lavorando, inizialmente, su layer informativi già esistenti: geodatabase della litologia, geodatabase delle aree a vincolo, geodatabase della rete stradale, geodatabase delle informazioni catastali, etc., tutti dati per i quali occorre verificare e/o effettuare, preliminarmente, un corretto georiferimento e/o la corretta attribuzione dei sistemi di riferimento geografico, questo al fine di avere tutti i livelli perfettamente sovrapposti gli uni agli

altri, così che ogni punto combaci con il suo corrispondente su un altro livello.

Su tutti i livelli informativi di interesse si può quindi operare andando a creare delle matrici, e riclassificando e trasformando il dato in GRID, attribuendo diversi valori numerici (simbolici) di classe con punteggi crescenti in relazione all'importanza, per la finalità del progetto, dell'informazione presente. Nella riclassificazione si può quindi assegnare un valore numerico ad un'opinione o ad una classe rappresentativa del layer; all'informazione più idonea all'individuazione delle aree di interesse viene così dato il valore più alto, ad esempio: punteggio 5 alla litologia di interesse e 0 a quella da scartare, punteggio 5 alle aree prive di vincolo e 0 a quelle sottoposte a vincolo, etc.

Una volta normalizzati i valori relativi ai diversi criteri scelti, si procede con la loro aggregazione in unico GRID, sempre tramite strumenti interni al GIS (MapAlgebra), aggregazione che consente di avere come risultato un GRID finale, somma di tutti i parziali: i valori attribuiti alle singole celle esprimono infatti la somma algebrica eseguita tra le corrispondenti celle dei diversi GRID di input.

I valori più alti presenti nel GRID FINALE saranno rappresentativi dei siti più idonei all'attività estrattiva.

Successivamente, su questi siti tendenzialmente "idonei" si potrà procedere sia con attività di fotointerpretazione, utilizzando in sovrapposizione i livelli sopra citati ed una base ortofotografica

Nutrire il pianeta senza esaurirne le risorse

Andrea Sonnino

FIDAF – Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali

E-mail: an.sonnino@gmail.com

Feeding the planet without impairing its resources

Parole chiave: sicurezza alimentare, sostenibilità, innovazione, sistemi agroalimentari
Key words: food security, sustainability, innovation, food and agriculture systems

Il sistema produttivo agricolo mondiale riesce oggi a soddisfare la domanda globale di alimenti, ma consuma le risorse naturali su cui si basa – terra, clima, fertilità del suolo, acqua, energia e biodiversità – ad un ritmo spesso superiore alla loro capacità naturale di rigenerazione e non è quindi sostenibile nel lungo termine. La prevista espansione quali-quantitativa della domanda mondiale di alimenti, quantificata dalla FAO nel 50% rispetto al dato del 2013, esacerberà ulteriormente la scarsità di terra coltivabile e delle altre risorse naturali su cui si basa la produzione agricola. Nell'attuale contesto di erosione delle risorse naturali e di cambiamento climatico, nutrire la crescente popolazione mondiale e ridurre la povertà senza compromettere le fonti di sostentamento delle generazioni future rappresenta quindi una sfida di dimensioni e natura senza precedenti per il genere umano. I sistemi agroalimentari giocano infatti un ruolo chiave per il raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 – in particolare dell'Obiettivo n. 2 “Porre fine alla fame, realizzare la sicurezza alimentare e una migliore nutrizione e promuovere l'agricoltura sostenibile” – e i traguardi stabiliti dall'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici. È quindi necessaria una trasformazione radicale dei sistemi agroalimentari che li converta da importante fattore del degrado ambientale a componente decisivo della transizione verso la sostenibilità.

La strategia di trasformazione dei sistemi agroalimentari deve adottare un approccio *sistemico* ed integrare pertanto interventi di transizione verso la sostenibilità dei sistemi produttivi con la promozione di diete sostenibili. Questa strategia adotta quindi una visione generale equilibrata, che considera la sostenibilità come responsabilità condivisa di tutti gli attori e tiene conto anche degli aspetti di equità sociale dei sistemi agroalimentari.

Tale trasformazione può essere realizzata solo per mezzo della genera-

zione di una cospicua mole di nuova conoscenza e della efficiente traduzione di questa conoscenza in innovazione dei sistemi agroalimentari. I sistemi agroalimentari sono intrinsecamente complessi, e dinamici, e intimamente connessi con ambiente e salute umana. L'innovazione non può più quindi essere diretta esclusivamente all'aumento della produttività dei fattori a livello di azienda, ma deve essere finalizzata allo stesso tempo alla conservazione o all'incremento della base di risorse naturali a livello di territorio e al miglioramento del valore nutrizionale delle diete. È quindi necessario che l'indagine scientifica non sia focalizzata sullo studio delle componenti dei sistemi agroalimentari, ma consideri le interazioni all'interno dei sistemi stessi, nonché le connessioni tra i sistemi agroalimentari, la conservazione dell'ambiente e il benessere della popolazione, al fine di individuare i migliori compromessi possibili tra esigenze spesso divergenti quando non opposte.

I maggiori fattori di trasformazione dei sistemi agroalimentari passano attraverso la riconfigurazione dei loro quattro principali assi di interrelazione:

- *Asse ambientale*: interfaccia tra sistema agroalimentare e ambiente, che tende a migliorare i servizi ecosistemici e la resilienza degli agroecosistemi e include la gestione delle risorse naturali a livello di azienda, di territorio, di paesaggio, l'ottimizzazione della gestione naturali e delle risorse non rinnovabili e la minimizzazione dei rifiuti mediante la riduzione di perdite e di sprechi alimentari e l'applicazione dei principi dell'economia circolare;
- *Asse socio-economico*: interfaccia tra gli attori delle filiere alimentari nelle fasi che collegano produzione e consumo, che tende a promuovere la trasformazione rurale e comprende equità di trattamento per tutti lavoratori, equità di genere, equità economica e di livello di vita (educazione, assistenza, sicurezza, ecc.)

per tutti gli operatori della filiera e riequilibrio dei rapporti città – campagna (inurbamento, spopolamento delle aree interne, agricoltura urbana, città diffuse);

- *Asse tecnologico*: interfaccia tra scienza e società, che tende a promuovere innovazione socialmente solida e condivisa e comporta il miglioramento dell'efficienza produttiva (intensificazione sostenibile della produzione agricola, l'identificazione dei compromessi più convenienti tra interessi divergenti o opposti, e la diminuzione del gap tecnologico tra Paesi, tra zone all'interno di ogni Paese, tra piccoli e grandi operatori, tra operatori di pianura e di montagna);
- *Asse nutrizionale*: interfaccia tra sistema agroalimentare, nutrizione e salute dei consumatori, che tende a promuovere diete sostenibili e racchiude la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti, la qualità nutrizionale degli alimenti, la consapevolezza di consumatori e la diversificazione delle diete.

In conclusione, occorre produrre di più (sia quantitativamente che qualitativamente) con meno risorse, per consumi più accorti, eliminando perdite, sprechi e cattivi usi. Lo sviluppo di sistemi agroalimentari sostenibili sottintende un cambiamento culturale assai profondo che si basa sull'ampliamento delle conoscenze e sulla interazione tra tutti gli attori del sistema. Il rafforzamento dei sistemi di innovazione in agricoltura deve permettere il coinvolgimento di tutti i portatori di interesse e la promozione di riflessione ed apprendimento collettivi, in modo da integrare saperi tradizionali e acquisizioni scientifiche avanzate e trasformare le conoscenze in valore economico, sociale e ambientale.

BIBLIOGRAFIA

FAO (2017), *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Rome. ISBN 978-92-5-109551-5. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>

- REN WANG, SONNINO A., MEYBECK A. (2019), *Research and Innovation*. In: CLAYTON CAMPANHOLA SHIVAJI PANDEY (Editors) *Sustainable Food and Agriculture: An Integrated Approach*. Chapter 44, pp 491 - 507. 1st Edition, FAO, Rome and Elsevier, Amsterdam, ISBN: 9780128121344.
- SONNINO A. (2018), *Towards Sustainable Food and Agriculture System*. Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL *Memorie di Scienze Fisiche e Naturali* 136°, Vol. XLII, Parte II, Tomo I, pp. 103-114. <http://media.accademixl.it/memorie/S5-VXLII-P2-2018/sonnino103-114tomoI.pdf>
- SONNINO A. (2020), *La sostenibilità dei sistemi agroalimentari si fonda su conoscenza ed innovazione. I tempi della terra*, 5: 35-41. https://www.researchgate.net/publication/341277289_La_sostenibilita_dei_sistemi_agroalimentari_si_fonda_su_conoscenza_ed_innovazione
- SONNINO A., BACCHETTA L. (2018), *Il campo nel piatto – Coltivare la qualità per il gusto, per la salute, per la convenienza agronomica, per l'ambiente*. Informat Edizioni, Roma. ISBN: 978-88.6027-121-5.
- SONNINO A., STEFANOVA M. (2018), *Rural transformation, innovation and sustainable agro-food systems*. *Energia, Ambiente e Innovazione*, 1: 138-143. DOI 10.12910/EAI2018-023. <http://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/EAI/anno-2018/n-1-gennaio-marzo/rural-transformation-innovation-and-sustainable-agro-food-systems>.



Soluzioni per il Monitoraggio
**Idrologico, Meteorologico,
Geotecnico e Strutturale**



Soluzioni integrate per
l'**Allertamento Multirischio**
e la Sicurezza di cantiere



Progettazione tecnologica
conforme alle **linee
guida SNPA**



Implementazione di **sistemi
informativi** per la gestione
di infrastrutture complesse

WEATHER

Meteorologia e Glaciologia
Agrometeorologia
Eventi meteorologici estremi
Incendi boschivi



HYDRO

Bacini e reticoli idrografici
Automazione derivazioni idrauliche
Agricoltura e Irrigazione di precisione
Opere di difesa idraulica



EARLY WARNING



Opere di mitigazione e difesa
Allertamento multirischio

Sicurezza di cantiere
Allagamento sottopassi

BUILDING

Ponti, tunnel e grandi opere
Autostrade e ferrovie
Cave, miniere e discariche
Monumenti e opere d'arte

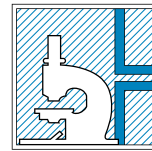


GEO

Dissesti di versante
Subsidenze e sprofondamenti
Opere di consolidamento
Mud e Debris flow



ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE
**Laboratori Ambientali
 e di Ricerca dal 1982**



L.A.V.

L.A.V. SRL - Via Nuova Circonvallazione 57/S Rimini - T. 0541.777213 - www.lavrimini.com



SUOLI, TERRE E ROCCE DA SCAVO



SEDIMENTI MARINI



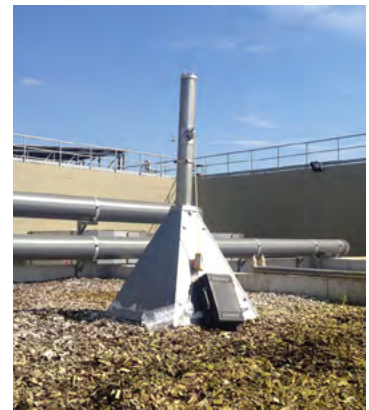
LABORATORIO MOBILE



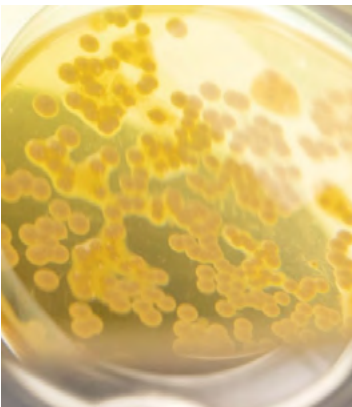
EMISSIONI CONVOGLIATE IN ATMOSFERA



RIFIUTI



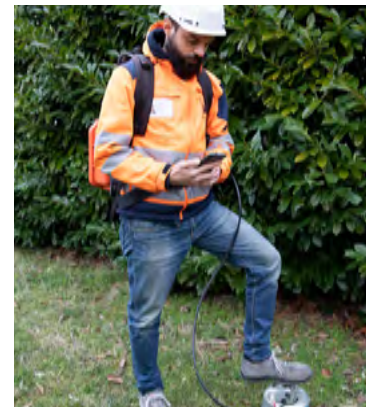
OLFATTOMETRIE



**MONITORAGGI AMBIENTALI E PERSONALI
 (AGENTI CHIMICI, FISICI, MICROBIOLOGICI)**



**ACQUE SOTTERRANEE, ACQUE POTABILI,
 ACQUE SUPERFICIALI**



CAMERA D'ACCUMULO



LEAK TEST



CAMPIONAMENTO ED ANALISI SGS



FLUX CHAMBER (METODO ACCREDITATO) - BREVETTO L.A.V.

Laboratorio qualificato ad effettuare analisi sull'Amianto ai sensi del D.M.14/5/96, Regione E.R.

Monitoraggio ventennale in telemisura del dato qualitativo dell'acquifero del Terminio-Tuoro (Parco Regionale dei Monti Picentini - Campania)

Twenty-year remote measurement monitoring of the qualitative and quantitative data of the Terminio-Tuoro aquifer (Monti Picentini Regional Park - Campania)

Parole chiave: inquinamento, sovrasfruttamento, monitoraggio, acque sotterranee, Campania

Key words: pollution, overfishing, monitoring, groundwater, Campania

RIASSUNTO

L'inquinamento delle risorse idriche si avverte sempre più manifestando, man mano che i controlli si fanno più sistematici e approfonditi. La realizzazione di insediamenti antropici e di centri industriali in comprensori ad elevata vulnerabilità, prescelti generalmente sulla base di criteri socio-economici e non ambientali, hanno elevato il grado di rischio all'inquinamento. Inoltre, l'aumento nel tempo della domanda idrica ha comportato un consistente sfruttamento degli acquiferi.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, il bilancio idrico è in negativo crescente, come dimostra il costante e sensibile abbassamento della superficie piezometrica degli acquiferi in questi ultimi decenni; ciò è imputabile da un lato al forte aumento degli emungimenti con prelievi per scopi idropotabili, industriali ed agricoli, dall'altro alla diminuita infiltrazione efficace dovuta alla sensibile riduzione delle aree permeabili a seguito dell'intensa urbanizzazione ed anche al diminuito afflusso meteorico. Pertanto, si rende sempre più opportuna l'esigenza di ricorrere a sistemi più efficaci per il monitoraggio dei fenomeni di sovrasfruttamento degli acquiferi destinati al consumo umano. Dall'anno 2000, il massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro, di notevolissima potenzialità idrica è controllato attraverso l'installazione di una rete di monitoraggio che acquisisce i dati idrogeologici e meteorologici in tempo reale. Ad oltre un ventennio

dalla installazione di tale sistema di monitoraggio nel Parco Regionale dei Monti Picentini sono state elaborate alcune analisi di carattere idrogeologico, tra cui la redazione del bilancio idrologico dell'idrostruttura. Inoltre, l'acquisizione del dato qualitativo in tempo reale ha permesso di rilevare nelle acque agenti inquinanti con conseguente temporanea esclusione della fonte idrica dall'acquedotto.

La circolazione idrica sotterranea del Monte Terminio-Tuoro è condizionata, oltre che dall'andamento planaltimetrico della cintura impermeabile, dalla presenza di discontinuità tettoniche distensive e compressive, nonché da un fenomeno carsico particolarmente sviluppato.

I recapiti principali della falda di base sono ubicati lungo il margine Nord-orientale (sorgenti di Cassano



Figura 1. Veduta panoramica di Monte Terminio-Tuoro (Irpinia-Campania)

Il Monte Terminio-Tuoro (circa 140 km²) è costituito prevalentemente da calcari, calcari detritici, organogeni e calcari dolomitici del Cretaceo, nonché da dolomie triassico-giurassiche, appartenenti all'unità stratigrafico-strutturale Monti Picentini-Taburno (Fig. 1).

Irpino (Fig. 2) e Baiardo), settentrionale (sorgenti di Sorbo Serpico-Salza Irpina) e occidentale (sorgenti di Acquaro-Pelosi ed Urcioli) del massiccio carbonatico.

Questi importanti gruppi sorgivi erogano complessivamente una portata media annua pari a oltre 5 m³/sec., a cui

Antonio Aquino⁽¹⁾, Sabino Aquino⁽²⁾, Michele Ginolfi⁽²⁾, Renato Somma^(3,4), Alfredo Trocciola⁽⁵⁾

(1) MIUR Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca
Email: ing.antonioaquino@gmail.com

(2) Università Telematica PEGASO. Napoli

(3) INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Napoli

(4) CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche - Napoli

(5) ENEA Agenzia Nazionale per le Nuove tecnologie, l'Energia e lo sviluppo economico sostenibile - Portici (NA)

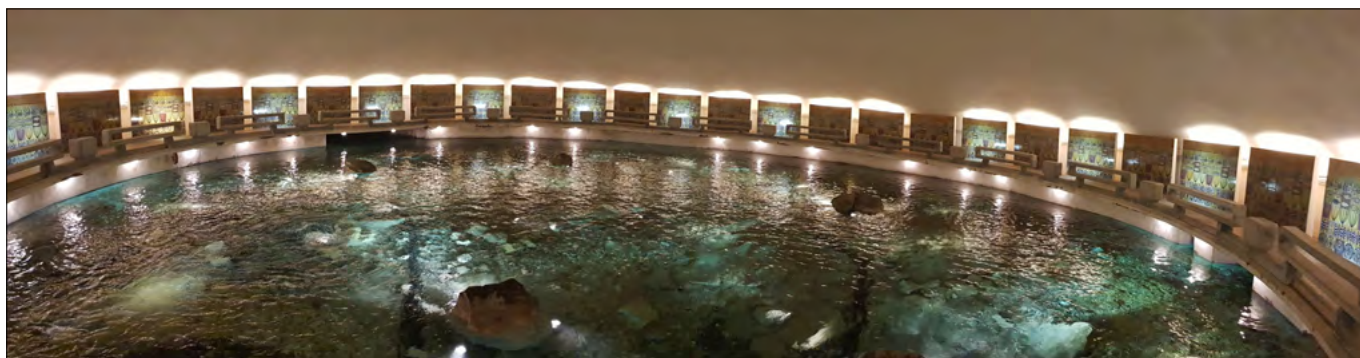


Figura 2. Sorgente "Pollentina" – Cassano Irpino (Av)

Tabella 1. Dati del bilancio idrologico del massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro

Entrate (Turc) 10 ⁶ m ³ /a	Entrate (Thornthwaite) 10 ⁶ m ³ /a	Uscite 10 ⁶ m ³ /a
229,06	214,01	197,80

corrispondono rendimenti dell'ordine di circa 40 l/sec·Km², nettamente superiori a quelli degli altri massicci dell'Appennino meridionale. La risorsa idrica sotterranea è totalmente utilizzata a scopo potabile. Essa, oltre ad approvvigionare le diverse province della Campania (Napoli, Avellino e Benevento), contribuisce a soddisfare il fabbisogno idrico di parte della regione Puglia e di alcuni territori della Basilicata (Aquino S. *et alii*, 2006).

Dal punto di vista chimico-fisico, le acque sotterranee del Monte Terminio-Tuoro sono classificabili come bicarbonato-alcaline ed alcalino-terrose (Celico *et alii*, 2001). Attraverso i numerosi dati meteorologici ricevuti dalla rete di monitoraggio, utilizzando le leggi di correlazione intercorrenti tra le precipitazioni le temperature e la quota altimetrica, con le formule per il calcolo dell'evapotraspirazione reale (Turc, 1961) e potenziale (Thornthwaite & Mather, 1955) è stato redatto un bilancio idrico dell'idrostruttura carbonatica i cui risultati sono riportati nella tabella 1.

Il sistema di monitoraggio, attraverso le sonde che rilevano l'ossigeno disciolto, il pH, il Potenziale Redox, la Conducibilità elettrica, permette di rilevare in tempo reale, eventuali agenti inquinanti nelle acque da destinare al consumo umano. In definitiva, l'acquifero è controllato da oltre venti anni da un sistema di monitoraggio che, nel tempo, assicurerà una sempre più efficiente gestione finalizzata a garantire il giusto fabbisogno idrico, minimizzando nel contempo gli effetti negativi indotti dalla distribuzione dei prelievi.

La valorizzazione dei parchi naturali e dei geositi dell'Irpinia per lo sviluppo turistico del territorio

Antonio Aquino

Ingegnere Civile per l'Ambiente e il Territorio - MIUR

E-mail: ing.antonioaquino@gmail.com

The enhancement of the natural parks and geosites of Irpinia for the tourist development of the area

Parole chiave: conoscenza, conservazione, beni naturali

Key words: knowledge, storage, natural assets

RIASSUNTO

Nell'ambito dei programmi rivolti alla conoscenza e alla valorizzazione del territorio, è cresciuta sempre più la sensibilità nei confronti del problema della conservazione e della tutela dei beni naturali.

In particolare, la conoscenza del patrimonio naturalistico e paesaggistico a livello locale, rappresenta uno strumento importantissimo e insostituibile ai fini delle complesse strategie di pianificazione, gestione, tutela e valorizzazione delle risorse naturali, e nella ricerca scientifica e nelle attività di educazione ambientale. Inoltre, i siti di particolare pregio naturalistico e ambientale, pos-

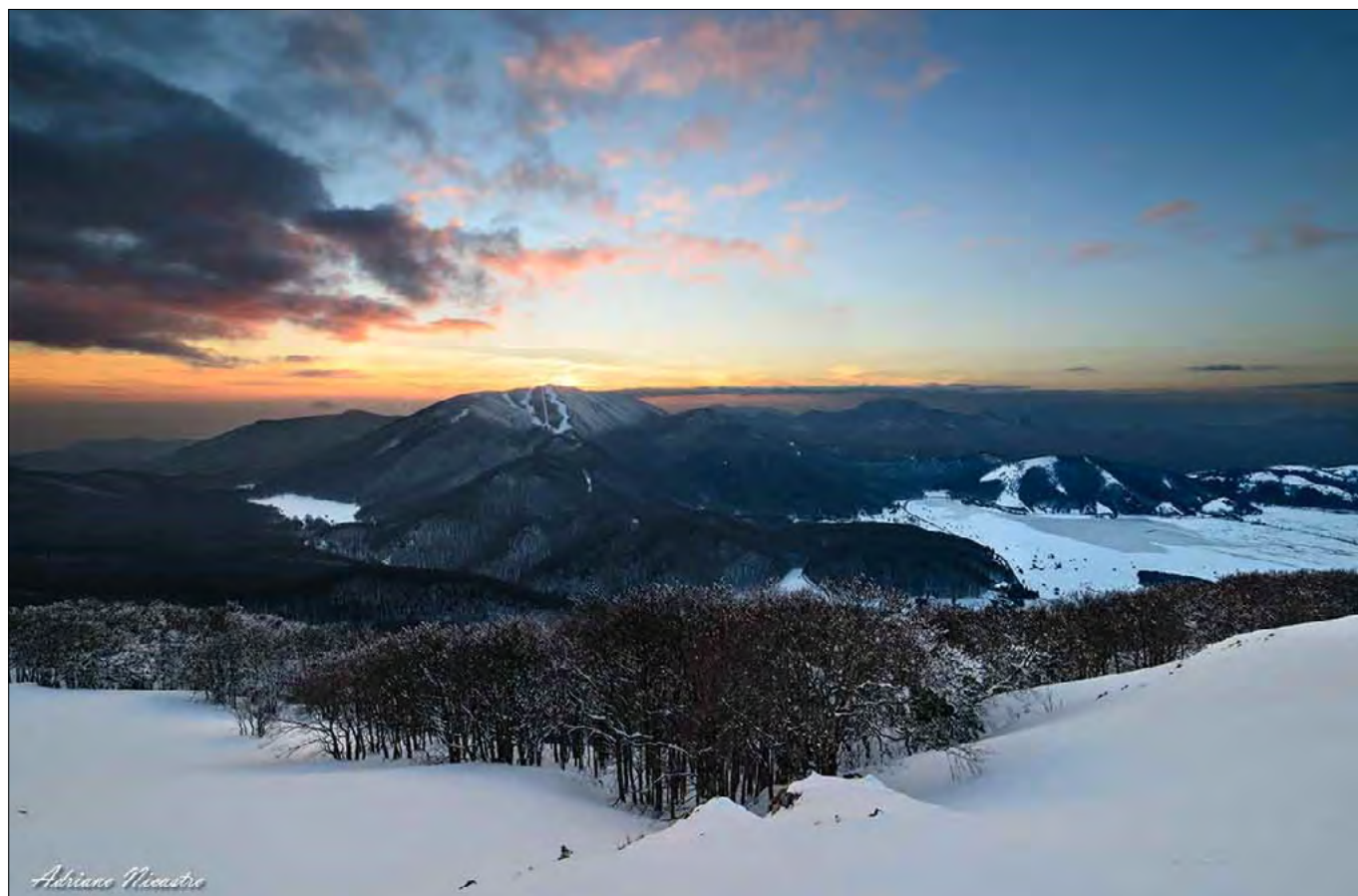
sono costituire un notevole volano per lo sviluppo turistico dei comprensori in cui insistono. Per tali finalità occorre valorizzare le "Perle naturali e ambientali" che l'Irpinia offre.

A tal proposito si evidenzia che in Irpinia sono presenti il Parco Regionale dei Monti Picentini e il Parco Regionale del Partenio. Inoltre, sia l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) che la Regione Campania (Progetto CAR.G.), hanno provveduto al censimento di tutti quei luoghi ove sono conservate importanti testimonianze della storia dell'evoluzione geologica del territorio. L'elemento fondamentale di questo

patrimonio naturale è costituito da quei siti, dove è possibile osservare particolari elementi d'interesse naturale (sequenze stratigrafiche, esposizioni di fossili, minerali, particolari elementi morfologici del paesaggio ecc...) ovvero quei luoghi ai quali è possibile attribuire la definizione di "geo-sito".

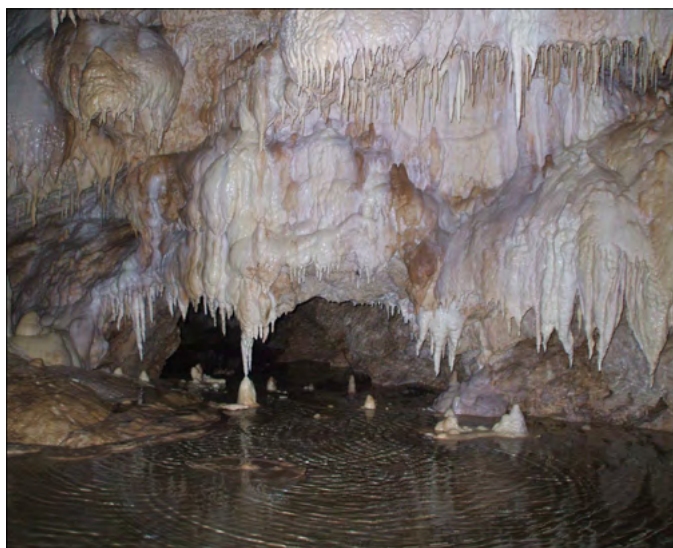
PARCO REGIONALE DEI MONTI PICENTINI

Il Parco Regionale dei Monti Picentini con una estensione di sessantatremila ettari è il più grande dei parchi regionali della Campania. Trenta sono i territori comunali che lo costituiscono di cui diciassette della



Adriano Nicastro

Monte Cervialto - Lago Laceno - Bagnoli Irpino (Av)



Grotte del Caliendo Bagnoli I (Av)



Le Mefiti - Valle D'ansanto Rocca S.F.(Av)



Campo Maggiore - Summonte (Av)



Anfiteatro Romano - Avella (Av)

Provincia di Avellino e tredici della Provincia di Salerno. È difficile indicare un posto, una località, da privilegiare.

Il visitatore può scegliere di compiere un itinerario storico-artistico e immergersi nell'incredibile panorama architettonico offerto dai tanti feudi e castelli arroccati su rupi scoscese e visitare le innumerevoli e incantevoli chiese e complessi ecclesiastici. Altrimenti immergersi in uno dei tanti sentieri presenti nell'area protetta, attraversando estesi e incontaminati boschi per poi visitare meravigliose grotte carsiche come quelle del Caliendo in agro di Bagnoli Iripino (Av).

Particolari condizioni idrogeologiche rendono la catena montuosa dei Picentini il più importante dei serbatoi naturali idrici sotterranei, presenti nell'intero Appennino Meridionale.

Allo stato, sono destinate al consumo umano per circa tredicimila litri al secondo, le acque delle sorgenti del Serino, quelle di Cassano Iripino, di Caposele e tante altre che quotidianamente soddisfano le esigenze idropotabili di una popolazione complessiva di oltre due milioni di persone residenti in Puglia, nel

Napoletano, nel Salernitano, in Irpinia e nel Sannio (Aquino S. *et alii* 2006).

PARCO REGIONALE DEL PARTENIO

Il Parco Regione del Partenio è costituito da una dorsale montuosa lunga circa trenta chilometri e può essere raggiunto, in poco tempo dagli abitanti che risiedono nei numerosi e addensati centri abitati che si dislocano nelle aree vallive e pedemontane della predetta dorsale montuosa ivi compresa la città di Napoli.

In questo parco sono presenti importanti complessi biogeografici dell'Appennino Meridionale con emergenze geologiche-naturalistiche e una diversità di paesaggi che presentano un alto grado di integrità e conservazione oltre ad un notevole indice di biodiversità sia vegetazionale che faunistico (Carpino F. & Capasso S., 2008).

Nell'area del Partenio è anche presente un notevole patrimonio storico-archeologico testimoniato da resti di epoca romana, come ad esempio l'anfiteatro romano di Avella e da pregevoli complessi monastici e santuari

in primis Montevergine con oltre un milione e mezzo di visitatori in un anno.

BIBLIOGRAFIA

AQUINO S., GIULIVO I. (2001), *La Piana del Dragone: Un lembo di territorio da proteggere*. Irpinia Illustrata, E. Sellino Editore. Anno II, n. 2 Sett. 2001.

AQUINO S. (2005), *Il ruolo del Parco Regionale dei Monti Picentini nello sviluppo sostenibile*. Irpinia Illustrata, E Sellino Editore. Anno V, n. 2 Aprile (2005).

AQUINO S. (2005), *Pianificazione e gestione del Parco Regionale dei Monti Picentini (Campania)*. Economia Irpina. Anno XLIII n. 1-2 gennaio-giugno (2005).

AQUINO S., ALLOCCA V., ESPOSITO L., & CELICO P. (2006), *Le risorse idriche della provincia di Avellino (Appennino Meridionale)*. Editore da: Arti Grafiche Cinque s.r.l., Avellino.

AQUINO S., GIULIVO I. (2007), *La Grotta di Caliendo: Un esempio di valorizzazione del patrimonio naturale del Parco Regionale dei Monti Picentini* - Acqua & Territorio n. 14 ottobre 2007.

AQUINO S., ESPOSITO L., & VALLETTA M. (2008), *La rete dei "Sentieri Intelligenti" Nel Parco Regionale dei Monti Picentini: una infrastruttura per l'educazione ambientale e lo sviluppo turistico*. Associazione Italiana di Geologia e Turismo. Notiziario n. 1 maggio 2008.

I giacimenti naturali di CO₂ in Italia

Antonio Maria Baldi
Geologo SGG - Siena
E-mail: baldi@sgg.it

Natural CO₂ deposits in Italy

Parole chiave: CO₂, giacimenti, pozzi, termalismo
Key words: CO₂, deposits, wells, thermalism

La CO₂ è un ossido acido (anidride) formato da un atomo di carbonio legato a due atomi di ossigeno. L'associazione internazionale chimica (IUPAC) classifica tale molecola come "diossido di carbonio" ma correntemente si usano anche i termini di "biossido di carbonio" ed "anidride carbonica". Attualmente il termine "anidride carbonica" viene usata costantemente nella "vulgata" e negli ultimi anni ha assunto anche un significato "sinistro" essendo ritenuto l'incremento di tale gas nell'atmosfera uno dei principali responsabili delle mutazioni climatiche in corso sulla superficie terrestre.

L'Anidride Carbonica (CO₂) o diossido di carbonio, si origina per via naturale negli strati profondi della crosta terrestre e raggiunge la superficie a mezzo di strutture tettoniche e faglie originando delle manifestazioni naturali, generalmente denominate "mofete".

La captazione di tale gas naturale è regolamentata dalla normativa mineraria e numerose sono state in passato le concessioni minerarie per captare questo gas. Di fatto i giacimenti di anidride carbonica presentano un comportamento dissimilare rispetto a quello degli altri gas fossili essendo dei "giacimenti rigenerabili". Le opere di captazione sono rivolte al prelievo del surplus naturale.

Il primo ad avere l'intuizione dell'esistenza dell'anidride carbonica fu, nel 1638, Jean Baqtiste Van Helmont, un belga che è unanimemente ritenuto il fondatore della chimica pneumatologica a lui si deve anche l'introduzione della parola "gas" (Fig. 1). Intuì che l'atmosfera è un insieme di gas distinti e che il "gas silvestre", originato dalla decomposizione organica, era appunto presente nell'aria; si rese conto che il "gas silvestre" ottenuto dalla combustione del carbone era lo stesso prodotto della fermentazione del mosto, che rendeva irrespirabile l'aria nelle cantine sotterranee. Il gas sprigionato è rappresentativo dell'oggetto iniziale ed intuì che tutti i corpi solidi possono essere convertiti in gas introducendo così il concetto di "stato".



Figura 1. Monumento a Jean Baqtiste Van Helmont in Bruxelles

In Italia sono attualmente presenti circa 10 concessioni minerarie di CO₂ di cui tre in chiusura ed otto in Toscana; alla captazione è sempre associato un impianto di arricchimento che, separando una percentuale minima di altri gas associati, consente la commercializzazione del gas "in purezza" allo stato liquido. L'interesse per il minerale di origine naturale è elevato essendo utilizzato in ambito alimentare (effervescenza, lievitazione, bibite gassate, conservazione degli alimenti in atmosfera modificata, ecc.) e farmaceutico (freddo, laser medicali, ecc.).

Questi impieghi sono alternativi a quelli della CO₂ di sintesi chimica degli idrocarburi che trovano un vasto impiego nella surgelazione, nel ghiaccio secco, nella siderurgia, ed in numerosi altri usi quali: giubbotti gonfiabili e salvagenti, estintori, sabbatura criogenica, ecc. La produzione italiana di CO₂ naturale assomma, in termini di prodotto arricchito in 20 tons/ora e non soddisfa le richieste del mercato; pertanto il nostro paese è, da sempre, un importatore di tale gas.

L'origine della CO₂ naturale dal sottosuolo è da ricondursi sostanzialmente a due provenienze: il metamorfismo regionale nei livelli degli scisti calcarei del Paleozoico e dall'idratazione dei gessi presenti alla base della "serie toscana" che costituisce altresì l'origine di molte sorgenti termali. La risalita in superfi-

cie dell'anidride carbonica è legata alla pressione del giacimento sotterraneo, all'acqua termale e ad altri gas presenti, nei "giacimenti secchi in percentuali minime: acido solfidrico, metano, azoto, elio, idrogeno, ecc. .

In ragione dell'origine del giacimento minerario si possono distinguere i seguenti elementi:

1. ORIGINE TETTONICA O GEOTERMICA: Legata a particolari linee tettoniche a carattere disgiuntivo recente con rigetti modesti (anche dell'ordine del metro):
 - Vie preferenziali di risalita;
 - Possono esserci dei serbatoi superficiali di migrazione.
2. ORIGINE TERMALE: Legata all'idratazione dei gessi ed a lineazioni attraverso le quali la CO₂ spinge in superficie anche l'acqua termale:
 - Serbatoio termale profondo;
 - Vie preferenziali di risalita dei fluidi termali (acqua + CO₂).
3. MISTA: tettonica e termale
 - Vie preferenziali di risalita;
 - Serbatoio termale profondo;
 - Possono esserci dei serbatoi superficiali di migrazione

In realtà l'origine dell'anidride carbonica è altresì evidenziata dalla concentrazione e/o presenza, nella frazione residuale che viene separata nell'impianto di arricchimento, di alcuni elementi minori

Questi giacimenti gassosi presentano per loro natura delle singolari peculiarità, alcune delle quali già richiamate in precedenza: trattandosi di gas rigenerabile sono sempre presenti nella struttura mineraria dei "camini" la cui funzione era ed è quella di scaricare nell'atmosfera la porzione rigenerabile. In tutte le strutture mineralizzate sono infatti presenti delle sorgenti solfuree fredde, delle "mofete" recintate da muri al fine di impedire l'intrusione di esseri viventi in zone caratterizzate dalla carenza di ossigeno (Fig. 2).



Figura 2. Mofeta il Bossoleto a Rapolano Terme: trattasi di una conca circolare di circa 80 metri di diametro ove diverse aperture sul terreno emettono CO_2 (a destra); la concentrazione di CO_2 è elevatissima ed i palloncini bianchi, ripieni di aria, indicano il livello di saturazione su cui galleggiano essendo questi più leggeri dell'atmosfera circostante saturata in CO_2 (a sinistra)

L'altra peculiarità significativa è rappresentata dalla saturazione in anidride carbonica di strati di terreno superficiali, dotati di una certa permeabilità, che danno origine a serbatoi secondari di migrazione generalmente oggetto di coltivazione mineraria essendo questi, specie in passato, intercettabili con perforazioni non eccessivamente profonde (qualche centinaio di metri).

La coltivazione dei giacimenti viene attuata quasi esclusivamente con la perforazione di pozzi che consentono di captare il gas in pressione contenendo i costi energetici per la liquefazione presso l'impianto di arricchimento. Solo in un giacimento la captazione del gas che fuoriesce naturalmente dal terreno è praticata con una "cupoletta" che recu-

pera tutto il minerale fluente a pressione atmosferica.

La perforazione dei pozzi minerali richiede particolari procedure ed attenzioni onde contenere la pressione del gas; le cementazioni delle tubazioni di rivestimento del pozzo, devono risultare idonee a mantenere nel tempo l'efficienza per impedire pericolose fuoriuscite laterali. Tale buona efficienza evita l'infiltrazione del gas in altri strati più superficiali non mineralizzati impedendo così la risalita, verso la superficie, della mineralizzazione profonda.

Particolare attenzione deve essere posta, durante l'avanzamento della perforazione alla densità ed alla circolazione del fango onde evitare perdite improvvise con l'intercettazione di cavità e/o fratture. In questi casi si realizza l'eruzione del pozzo con l'espulsione e la proiezione del fango di perforazione (Fig. 3). Il recupero delle condizioni di sicurezza (atmosfera alterata ed irrespirabile, ricaduta di elementi detritici lapidei, ecc.) avviene generalmente dopo un certo lasso di tempo con il pompaggio di ingenti quantità di fango pesante addizionato con intasanti. Tale azione di "acquietamento" può compromettere, in ragione alle caratteristiche della via di filtrazione del gas, la produzione futura del pozzo.

Terminato l'avanzamento della perforazione occorre procedere con il completamento del pozzo con l'esecuzione di logs geofisici per individuare con esattezza gli orizzonti mineralizzati da filtrare con le tubazioni di rivestimento. Questi logs permettono altresì di posizionare correttamente le cementazioni onde garantire, in riferimento alla pressione statica del pozzo, la tenuta superficiale dello stesso.

Conclusa questa delicata fase costruttiva occorre installare all'interno

del pozzo la tubazione di produzione del gas (tubing); alla definizione della sua profondità ottimale si perviene a mezzo di una specifica elaborazione disponendo di molteplici e specifici parametri, oppure sulla base di tentativi empirici.



Figura 3. Perforazione di un pozzo minerario per CO_2 : eruzione incontrollata con l'espulsione e la proiezione del fango

Caratteri idrologici ed idrogeologici dell'Alto corso del T. Sentino (Provincia di Perugia, Ancona e Pesaro-Urbino): indagini preliminari per una valutazione delle risorse idriche utilizzabili secondo criteri di sostenibilità

Hydrological and hydrogeological features of upper Sentino river watershed (Marche-Umbria): preliminary surveys and assessment of water resources

Parole chiave: deflusso superficiale, acquiferi carbonatici
Key words: Runoff, carbonatic aquifers

L'area oggetto di studio, idrograficamente ricompresa nell'alto bacino del T. Sentino, rappresenta il settore di attraversamento da parte del suddetto corso d'acqua della Dorsale Umbro-Marchigiana (Massici del M. Catria e del M. Cucco, dorsale del M. Roma-M. Strega), che localmente presenta quote comprese tra i 1000 ed i 1700 m slm, cfr. Fig. 1). Sotto il profilo idrogeologico e climatico l'area è caratterizzata dalla presenza di importanti acquiferi carbonatici, in un contesto pluviometrico caratterizzato da precipitazioni di significativa entità (1200 -1600 mm/anno) ed afflussi efficaci altrettanto rilevanti (sino a 900-1000 mm/anno).

Da diversi anni il gestore dei servizi idrici ha implementato un sistema di misurazione delle portate del corso d'acqua mediante installazione e gestione di un idrometrografo fisso e svolgimento di periodiche misure a guado, tarando la curva portate /livelli alla confluenza T. Sentino-T. Riofreddo (loc. S. Emiliano). Nel presente studio (2019-2022) è stato sviluppato un adeguato livello di conoscenza, sia della geomorfologia che della geologia di superficie e di quella profonda, mediante la esecuzione di indagini dirette ed indirette, unitamente ad una serie di osservazioni e misure idrometriche e fisico-chimiche delle acque fluenti e di falda, nonché di caratterizzazione

idrologico-idraulica del bacino (Consorzio Gorgovivo, 2022).

Il quadro idrogeologico ricostruito su basi idrometriche fa rilevare come circa la metà del deflusso superficiale medio annuo del T. Sentino misurato negli anni 2013-2020 alla sezione di S. Emiliano (S = 57 Km²) abbia origine sorgiva, derivante in massima parte dagli acquiferi della Maiolica e del Calcare Massiccio, con portate che da circa 900 l/s in media annua arrivano a circa 200 l/s in fase di magra ordinaria. Di tale portata circa 600 l/s sono originati nel tratto compreso tra Valdorbica e S. Emiliano. Si evidenzia pertanto la funzione del T. Sentino come importante asse drenante per le acque sotterranee, che riemergono attraverso scaturigini diffuse provenienti dai versanti e «sorgenti lineari» in alveo. Il quadro è quindi coerente con quanto derivato dagli autori (Boni C. *et al.*, 1986, De Rosa *et al.*, 1990, Caprari e Nanni, 1999, Farina D. 2013), che in precedenza hanno adottato un analogo approccio di indagine quantitativa.

Parallelamente, lo studio idrologico-idraulico del bacino, sviluppato principalmente mediante procedure consolidate (ad es. metodo del *Curve Number*, formulazioni di Giandotti-Giambetti) e la implementazione di codici di calcolo per la ricostruzione degli idrogrammi di piena ([Massimo Belbusti^{\(1\)}, Michele Romagnoli^{\(2\)}, Daniele Farina^{\(3\)}, Giacomo Furlani^{\(4\)}, Luca De Angelis^{\(5\)}, Carlo Brentari^{\(6\)}](https://www.mike-</p>
</div>
<div data-bbox=)

(1) Ingegnere, Viva Servizi Spa

(2) Ingegnere, Consorzio Gorgovivo

(3) Geologo, libero professionista, PhD

(4) ingegnere, Idraulica&Ambiente srl

(5) Ingegnere, studio Tecmin

(6) Geologo, SWS-Systra Spa

E-mail: farinadaniele61@gmail.com

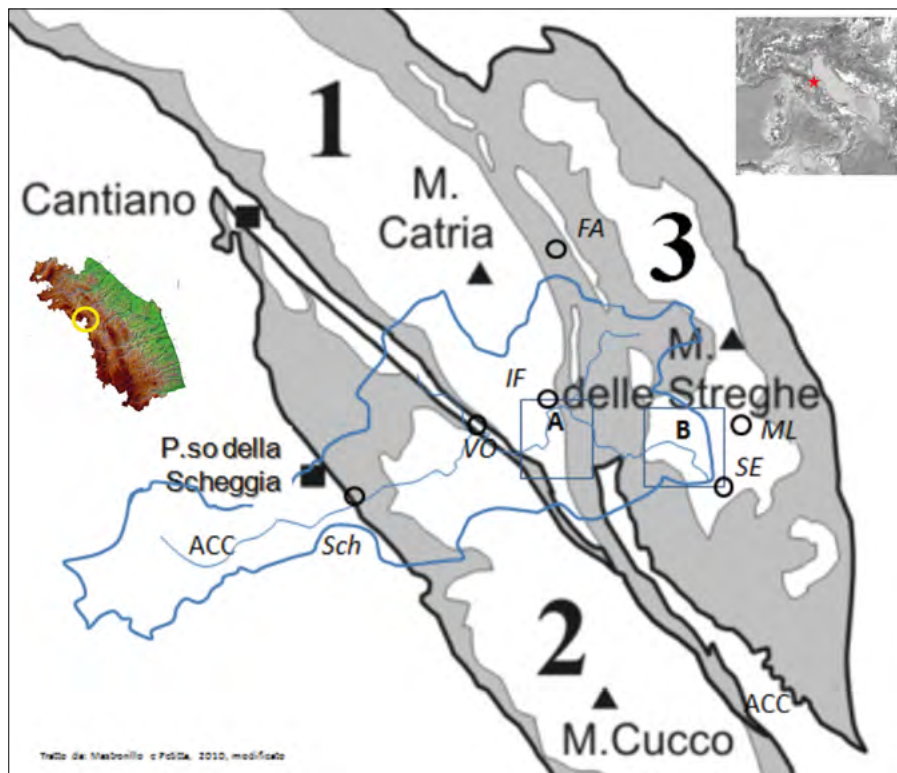
[poweredbydhi.com/](https://www.poweredbydhi.com/)), ha confermato l'aspetto non secondario del rischio idraulico, che nel passato recente ha interessato, in particolare, l'abitato di Isola Fossara, coerentemente con quanto emerge dagli studi e valutazioni svolte in sede di pianificazione urbanistica alla scala comunale. (Ferro V., 2013, <https://www.hec.usace.army.mil>).

A livello quantitativo le portate al colmo di piena, con tempo di ritorno $T_r = 500$ anni hanno evidenziato con la formulazione di Giandotti-Giambetti valori compresi tra 244 m³/s alla sezione di Isola Fossara (monte) e oltre 309 m³/s alla sezione di S. Emiliano (valle), a cui non corrispondono, in particolare a monte, sezioni idrauliche sufficienti allo smaltimento delle piene.

Inoltre, a livello geomorfologico lo studio fa emergere, aldilà di quanto desumibile dalle cartografie P.A.I ed IFFI, la presenza di alcune situazioni di potenziale instabilità, sia di tipo gravitativo che idraulico, anche connesse a fenomeni di tipo *debris-flow*.

Nella fase finale del lavoro è stato affrontato l'aspetto prettamente ambientale e vincolistico, legato in particolare sul versante umbro, alla presenza del Parco Regionale del M. Cucco.

Da tale indagine è scaturita una valutazione complessiva che in un certo senso individua la "vocazionalità" idrologico/idrogeologica del bacino studia-



CARTA DELLE IDROSTRUTTURE

1. ANTICLINALE DI M.CATRIA-M.PETRANO-M.NERONE
2. ANTICLINALE DI M.CUCCO-M.MOTETTE.- M.FORCELLO
3. ANTICLINALE DI. M. DELLA STREGA - M. ROMA

- ACQUIFERI CALCAREI (C.Massiccio-Maiolica)
- ACQUIFERI CALCAREO-MARNOSI (Scaglia Rossa e Bianca)

ACC TERRENI MARNOSI ED ARENACEI a BASSA PERMEABILITA' dell' alto bacino del T.Sentino e sinclinale di Pascelupo: (Sc.Cinerea-Bisciario-Schlier/F.ne Marnoso-Arenacea)

- A: AREA DI MONTE (ISOLA FOSSARA)
- B: AREA DI VALLE (S.EMILIANO)

Sch: Scheggia; VO: Valdorbis; IF: Isola Fossara; SE: S. Emiliano; ML: Montelaag; FA: F. Avellana

Figura 1. Inquadramento idrogeologico del bacino del T. Sentino chiuso alla sezione di S.Emiliano (SE)

to, rispetto a scenari di utilizzo delle risorse idriche, tenuto conto del contesto e dei vincoli fisico-geologici ed ambientali del territorio studiato, rispetto a due distinte opzioni: a) derivazione di acque superficiali, mediante opere di ritenuta (invasi di varia volumetria e producibilità idrica); b) derivazione di acque profonde mediante pozzi, eventualmente integrate ad un impianto di ricarica artificiale mediante realizzazione di briglie/traverse.

Dalla valutazione delle potenziali opzioni di utilizzo, sia nei termini della fattibilità tecnico-economica, che sostenibilità in termini ambientali, vincoli-

stici e sociali, (operata secondo criteri preliminari allo studio di impatto ambientale) è emerso l'indirizzo di approfondire la opzione "acque profonde".

Tale soluzione è caratterizzata da un lato, dalla minima invasività ed impatto su un ambiente che presenta aspetti di pregio nonché dal basso profilo di rischio idrogeologico; dall'altro è connotato dal grado di incertezza legato alla ricerca diretta in ambito carbonatico. Un aspetto significativo, come noto, riguarda l'aspetto della relazione tra prelievi da falda ed influenza sulle acque superficiali, tema che già in fase preliminare ha comportato la esecuzione di

indagini mirate e la predisposizione di dotazioni di monitoraggio specifiche (ad es. piezometri multipli).

Tenuto conto dei significativi risultati ottenuti, è in corso di elaborazione un programma di studi ed analisi approfondite, finalizzate alla determinazione diretta della consistenza e qualità delle acque di falda utilizzabili nell'area di indagine.

BIBLIOGRAFIA

- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986), *Schema idrogeologico dell'Italia Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 991-1012.
- CAPRARI M. & NANNI T. (1999), *Idrogeologia della dorsale carbonatica del M. Catria - M. Nerone (Appennino umbro-marchigiano settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 118, 563-584.
- CONSORZIO GORGOVIVO (2022), *Studio di fattibilità per la costruzione di un invaso artificiale lungo la valle del Torrente Sentino nei Comuni di Sassoferrato (AN) e/o Scheggia Pascelupo (PG)*.
- DE ROSA F. FARINA D. GERBONI R. LA TORRACA F. SALVADORI P. (1990), *Hydro-metric and hydrochemical study of karstic aquifer discharge into gaining streams" (Appennino Umbro Marchigiano, Italy) V° Colloque International d'Hydrologie en pays calcaire et en milieu fissure' - Neuchatel, 1990*.
- FARINA D. (2013), *Analisi idrogeologica e valutazione delle risorse idropotabili della Provincia di Pesaro-Urbino utilizzabili secondo criteri di sostenibilità ambientale* Tesi di Dottorato Ciclo XXVI Dipartimento di Scienze della Terra della Vita e dell'Ambiente Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo".

SITOGRAFIA

- <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm/cn-tables>
- <https://www.mikepoweredbydhi.com/>

L'itinerario di Muro Lucano, in Basilicata: tra geologia, archeologia e archeologia industriale

Muro Lucano itinerary in Basilicata: between geology, archaeology and industrial archaeology

Parole chiave: Itinerario, Patrimonio geologico, archeologia, archeologia industriale, diga San Pietro, Muro Lucano, Basilicata, Italia meridionale
Key words: Geoheritage, archaeology, industrial archaeology, San Pietro dam, Muro Lucano, Basilicata, Southern Italy

RIASSUNTO

Il lavoro si pone l'obiettivo di studiare il patrimonio geologico presente nell'area di Muro Lucano, caratterizzata da una elevata geodiversità. Il panorama delle località di interesse geologico è stato ampliato con i siti di interesse archeologico e archeologico-industriale, come la diga di San Pietro e tutte le strutture ad essa annessi. È stato condotto un rilevamento geologico dell'area di interesse, che ricade nel dominio della Catena (Appennino meridionale) e ospita estesi affioramenti di calcari della Piattaforma Appenninica. Sono inoltre presenti terreni sabbioso-arenacei Plio-Pleistocenici e depositi sabbioso-conglomeratici del Quaternario. A nord del paese di Muro Lucano affiorano litologie ascrivibili al Flysch di Castelvetere Miocenico.

La ricerca bibliografica e il lavoro di campagna hanno permesso di individuare e studiare i siti di maggiore interesse, uniti poi in un geo-itinerario. La proposta di un percorso vuole rappresentare il primo passo per promuovere azioni più focalizzate sulla geoconservazione e sulla valorizzazione del patrimonio geologico locale. Tra gli obiettivi del lavoro vi è anche quello di stimolare i cittadini ad essere sempre più consapevoli e, allo stesso tempo, custodi della ricchezza del loro territorio. L'auspicio, infine, è che in futuro la valorizzazione del territorio vada avanti con lo studio di altri siti, proponendo nuovi itinerari e implementando la progettualità, così da attrarre sempre di più visitatori interessati a un turismo sostenibile (geoturismo).

INTRODUZIONE

La Basilicata è una regione ricca di geodiversità e di aree protette. Per que-

sto, nel 2015, si è dotata di uno strumento normativo (L. R. n. 32/2015) che garantisce la tutela e lo sviluppo del patrimonio geologico. La legge è stata promossa dall'Università degli Studi della Basilicata, dalla SIGEA e dall'Ordine dei Geologi di Basilicata, con il contributo di associazioni ambientaliste locali.

Il territorio di Muro Lucano (PZ) ha un ricco patrimonio geologico, composto da diversi geositi (Wimbledon, 1996a, b), ai quali si associa un ampio patrimonio archeologico e archeologico industriale.

Il lavoro ha il duplice obiettivo di promuovere le particolarità presenti nell'area urbana e periurbana e di rendere i cittadini di Muro Lucano custodi del loro territorio aumentandone la consapevolezza verso il patrimonio locale (Geremia *et al.*, 2015; Carcavilla *et al.* 2009; Henriques *et al.* 2011). Per mettere meglio in evidenza le particolarità geologiche, archeologiche e archeologi-

Mario Bentivenga^(1,2), Antonio Nappi⁽¹⁾, Giammarco Guidetti⁽²⁾, Salvatore Lucente⁽²⁾, Salvatore Oliveto⁽³⁾, J. Giuseppe Guerra⁽⁴⁾, Antonio Minervino⁽⁵⁾, Donato Palma⁽⁶⁾, Giacomo Prosser^(1,2)

(1) Università degli Studi della Basilicata

(2) Spin off Accademico ExtraGEO (Unibas)

(3) Ministero dell'Istruzione - MIUR

(4) Archeologo specializzato

(5) CNR-IMAA

(6) Ufficio Difesa del Suolo, Geologia e Attività Estrattive, Regione Basilicata

E-mail: mario.bentivenga@gmail.com

co-industriali presenti a Muro Lucano, è stato realizzato un itinerario geoturistico che li collega tra di loro.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'abitato di Muro Lucano ricade nella porzione assiale dell'Appennino meridionale, una catena a pieghe e sovrascorrimenti costituitasi a partire dal Miocene attraverso la sovrapposizione tettonica di unità alloctone a vergenza NE (Shiner *et al.*, 2004; Patacca & Scandone, 2007; Doglioni *et al.*, 1994; Gueguen *et al.*, 1998). L'area rilevata (Fig. 1) ha un'estensione di circa 16 km², una quota media di circa 870 m s.l.m. e si presenta come una tipica valle tettonica orientata NW-SE. L'abitato nasce su un substrato di calcari appartenenti alla Piattaforma Appenninica - Unità Tettonica dei Monti della Maddalena, dove un'elevata fratturazione ha dato luogo ad acquiferi importanti.

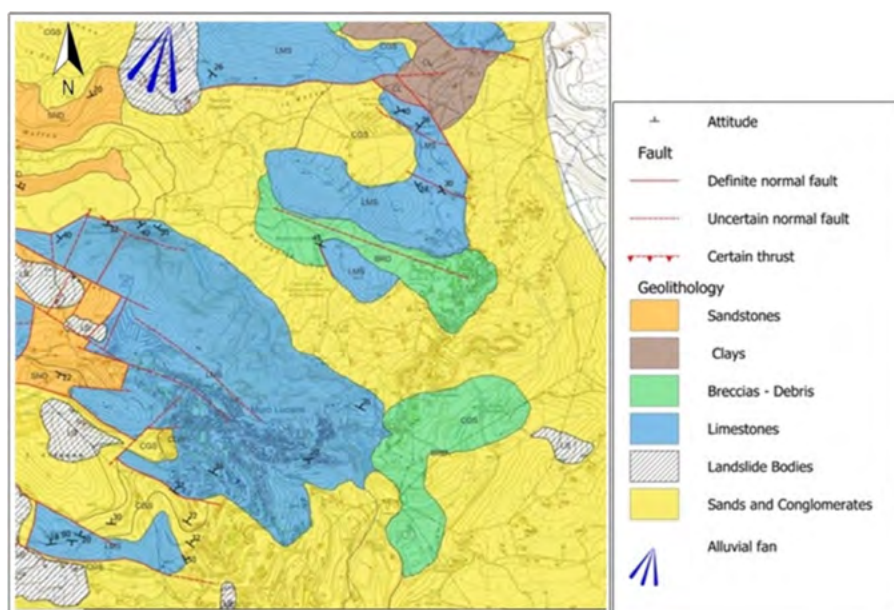


Figura 1. Carta geolitologica dell'area di Muro Lucano

Nelle aree perimetrali del paese affiorano le Argille Varicolori (Oligocene), il Flysch di Castelvetero (Miocene) e – più diffusamente – le unità sabbioso-arenacee del Bacino di Ariano Irpino (Plio-Pleistocene), poste in discordanza su unità pre-pleioceniche. Depositi argilloso-sabbiosi sono invece più comuni nel bacino idrografico a monte della diga di San Pietro, non più in esercizio.

La morfologia dell'area è molto influenzata dalle litologie affioranti e dalle strutture tettoniche. Per questo è stata realizzata una carta geomorfologica di dettaglio. Ai piedi delle pareti calcaree più acclivi sono ben evidenti coni di detrito mentre le principali aree in frana sono associate alle Argille Varicolori. Nella porzione sud-orientale dell'area, in corrispondenza dei depositi sabbioso-arenacei del Bacino di Ariano Irpino, si hanno pendenze blande che hanno facilitato il loro uso agricolo. Lo spinto carsismo ipogeo comporta un limitato sviluppo della rete di drenaggio superficiale peraltro già fortemente condizionata dalla tettonica (gomiti fluviali, allineamento dei corsi d'acqua alle principali discontinuità ecc.).

Diverse sono le valli incise, che a volte danno luogo a forre, come quella scavata nei calcari dal torrente S. Pietro nei pressi di Monte Giano, a Nord di Muro Lucano. Lungo le pareti subverticali di questa gola, è possibile osservare diverse cavità carsiche. Non mancano inoltre morfologie carsiche epigee come *karren*, vaschette di corrosione, doline e piani carsici.

È stato infine eseguito un rilevamento strutturale di dettaglio che ha portato a identificare diverse discontinuità tettoniche. Le faglie affioranti hanno prevalentemente andamento appenninico e anti-appenninico, con presenza sporadica di lineamenti N120°. Nei settori settentrionali dell'area di studio, sono presenti faglie normali a basso angolo (LANF) orientate circa E-W.

ITINERARIO

L'area urbana orientale di Muro Lucano riunisce siti di interesse geologico,

archeologico e archeologico-industriale. Questa pluralità ha ispirato la proposta di un itinerario geoturistico, da realizzare utilizzando le tecniche più innovative (Rodrigues, 2012; Fermeli *et al.*, 2015; Pescatore *et al.*, 2019; Lucente *et al.*, 2022), che unisce 5 siti di seguito descritti (Fig. 2).

STOP 1 – MUSEO ARCHEOLOGICO NAZIONALE DI MURO LUCANO

Il Museo è ospitato nel Seminario Vescovile, che è parte del complesso monumentale costituito dalla Cattedrale, dall'Episcopio e dalla Curia, alla quale si affianca il Castello medievale che sovrasta l'antico borgo. Il percorso museale è organizzato in cinque sezioni allestite su tre piani e raccoglie numerose attestazioni archeologiche reperite nell'area.

STOP 2 – LE RIPE E I MULINI AD ACQUA

Il sentiero delle Ripe è una delle strade più antiche di Muro Lucano. Scavato nella roccia calcarea dal torrente Rescio e databile al IX secolo, si apre a un'altitudine di 530 m s.l.m. in corrispondenza dell'acropoli, dove all'inizio dell'XI secolo erano già presenti la diocesi e presidi militari, attraversa l'antico centro storico e termina nel quartiere sede del primo insediamento: il Pianello. Diversi mulini ad acqua si trovano sul percorso. Il loro uso era finalizzato alla macinazione dei cereali e alla lavorazione della lana.

STOP 3 – PRIMO INSEDIAMENTO URBANO "IL PIANELLO" E IL PONTE NITTI

Muro sorse a breve distanza da Numistro, antico *oppidum* romano identificabile nella località Raia S. Basile-Torrano (Patroni, 1897; Ranaldi, 1976). Alla fine del IX secolo, Numistro fu distrutta e gli abitanti si dispersero nel territorio circostante formando una decina di nuclei insediativi la cui toponomastica richiama un'impronta medievale (Martuscelli, 1896). Il sito più antico coincide con il rione il Pianello, edificato su calcari giurassici. Il versante

si presenta con una forma concava plasmata da precedenti movimenti gravitativi a cui la disposizione delle case del borgo si sono adattate. Al fine di avere un migliore collegamento tra il centro urbano di Muro Lucano e la frazione di Capodigiano, nel 1918, fu realizzato il Ponte Nitti o "Ponte Pianello": primo manufatto in cemento armato realizzato in Basilicata che andò a sostituire il piccolo ponte medievale sito ad una quota più bassa. La spalla del ponte, nei pressi de "Il Pianello" interessa i calcari mesozoici, mentre nella parte opposta la struttura si ancora nelle brecce quaternarie. La luce dell'arco parabolico è di 40 m e, tra il piano stradale ed il fondo del sottostante burrone, vi è un'altezza di ben 105 m.

STOP 4 – GOLA DEL TORRENTE PASCOONE

Il fosso del torrente Pascone borda a nord e ad est l'abitato di Muro Lucano e si pone come raccordo tra i vari stop. I versanti più incisi del tratto settentrionale espongono una buona parte della sequenza carbonatica, mentre il tratto più meridionale serba numerosi scori suggestivi, da cui è possibile osservare tutti gli elementi di interesse geologico e geo-archeologico, ad eccezione dello sbarramento. Dal fosso si individuano anche diversi ordini di terrazzamenti artificiali, realizzati in epoche e con tecniche diverse.

STOP 5 – "DIGA SAN PIETRO", CONDOTTA FORZATA, TORRE PIEZOMETRICA E CENTRALE IDROELETTRICA

La diga S. Pietro di Muro Lucano, a nord del paese, fu voluta dall'On. Francesco Saverio Nitti, allora Ministro dell'Agricoltura (1911-1914), per fini irrigui e idroelettrici (Nardiello, 2010). Lo sbarramento in cemento armato – alto 53,5 m e con una capacità d'invaso di 10 milioni di m³ – interrompe il torrente San Pietro prima di attraversare la gola nei calcari ed è tutt'oggi ben conservato. La camera di manovra, a valle dello sbarramento, è stata scavata interamente nei calcari mesozoici, per



Figura 2. Da sinistra: Ponte Nitti; Diga di S. Pietro; turbine all'interno della centrale idroelettrica

alloggiare all'interno la condotta forzata (Marangella *et al.*, 2008). L'impianto idraulico comprendeva uno sfioratore, due scarichi profondi, la condotta forzata dell'acqua del lago e la centrale idroelettrica. Lungo la condotta forzata, si rilevano fratture aperte anche di decine di centimetri, caratterizzate da crolli o riempimenti di materiale argilloso proveniente dall'alto. All'interesse geologico si aggiunge quello legato all'insediamento in galleria di diverse specie animali quali chiroterteri ed altre specie troglobie.

Nella parte sud-orientale della diga fu realizzata la torre piezometrica in cemento armato di 45 m di altezza. L'opera serviva a ridurre la pressione dell'acqua che dall'invaso raggiungeva la centrale idroelettrica. La diga ha funzionato dal 1920 al 1970, anno in cui furono rilevate perdite idrauliche ingenti dovute a un substrato geologico non sufficientemente impermeabile.

CONCLUSIONI

Il lavoro mira a sensibilizzare in primis gli abitanti di Muro Lucano sul valore del proprio territorio così da renderli custodi consapevoli della geodiversità locale e della loro storia. Tale obiettivo può configurarsi come prima opera di geoconservazione, che costituirà un fertile substrato per future azioni di valorizzazione sostenibile del territorio di Muro Lucano. Il percorso di sviluppo auspicato ben si inserisce nel solco tracciato dalla letteratura scientifica degli ultimi anni, che amplia la divulgazione in ambito geologico verso tematiche affini e disciplinarmente contigue, beneficiando di nuovi metodi. Tra i tanti utilizzati per la valorizzazione di un territorio, vi è quello di realizzare un itinerario facilmente percorribile e reso attrattivo dall'adozione di tecniche innovative.

BIBLIOGRAFIA

- CARCAVILLA L., DURÁN J.J., GARCÍA-CORTÉS Á. & LÓPEZ-MARTÍNEZ J. (2009), *Geological heritage and geoconservation in Spain: past, present, and future*. *Geoheritage*, 1(2), 75-91.
- DOGLIONI C., HARABAGLIA P., MARTINELLI G., MONGELLI F. & ZITO G. (1996), *A geodynamic model of the Southern Apennines accretionary prism*. *Terra Nova*, 8(6), 540-547.
- FERMELI G., MELÉNDEZ HEVIA G., KOUTSOVELI A., DERMITZAKIS M., CALONGE A., STEININGER F., ... & DI PATTI C. (2015), *Geoscience teaching and student interest in secondary schools—preliminary results from an interest research in Greece, Spain and Italy*. *Geoheritage*, 7(1), 13-24.
- GEREMIA F., BENTIVENGA M., PALLADINO G. (2015), *Environmental Geology Applied to Geoconservation in the Interaction Between geosites and linear infrastructures in South-Eastern Italy*. *Geoheritage*, Doi:10.1007/s12371-015-0145-0.
- GUEGUEN E., DOGLIONI C. & FERNANDEZ M. (1998), *On the post-25 Ma geodynamic evolution of the western Mediterranean*. *Tectonophysics*, 298(1-3), 259-269.
- HENRIQUES M.H., REIS R.P., BRILHA J. & MOTA T. (2011), *Geoconservation as an emerging geoscience*. *Geoheritage* 3:117-128. doi:10.1007/s12371-011-0039-8.
- LUCENTE S., BENTIVENGA M., CANTARELLI V., PROSSER G., RIZZO G., SOLDI G., BAGGI I. G., GUIDETTI G. (2022), *Divulgazione delle Scienze Geologiche attraverso i geositi: l'esempio del progetto "Geoscuola" in Basilicata*. *Geologia dell'Ambiente* 1/2022.
- MARANGELLA A., INDELLI G., MASTRANGELO M., MICCOLI A., PARISE M. & VALDES S.M. (2008), *La condotta forzata della diga sul Torrente S. Pietro (Muro Lucano, Basilicata)*. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, 2008, 478-483.
- MARTUSCELLI L. (1896), *Numistrone e Muro Lucano*. Note, appunti e ricordi storici.
- NARDIELLO A. (2010), *Diga di ritenuta e centrale idroelettrica di muro lucano: ipotesi di recupero*. Consiglio Regionale della Basilicata, p. 207.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2007), *Geology of the Southern Apennines*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, vol. 7, pp. 75-119, 2007.
- PATRONI G. (1897), *Muro Lucano - Avanzi del recinto pelasgico a Raia S. Basile, ove si pone la sede dell'antica Numistrone*. *NSc* 1897: 183-184.
- PESCATORE E., BENTIVENGA M., GIANO S. I. & SIERVO V. (2019), *Geomorphosites: versatile tools in geoheritage cultural dissemination*. *Geoheritage*, 11(4), 1583-1601.
- RANALDI F. (1976), *Le antichità di Baragiano*. *Lucania Democratica* 1976, pp. 21-27.
- RODRIGUES J. (2012), *Pedagogical Geosciences tools to explain Naturtejo Geopark in both non-formal and formal environments*. In *Libro de Ponencias II Conferencia del Proyecto Geoschools: "Geología y Sociedad: Alfabetización Geocientífica"*. *Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza (Vol. 10)*.
- SHINER P., BECCACINI A. & MAZZOLI S. (2004), *Thin-skinned versus thick-skinned structural models for Apulian carbonate reservoirs: constraints from the Val d'Agri Fields, S Apennines, Italy*. *Marine and Petroleum Geology*, 21(7), 805-827.
- WIMBLETON, W.A.P. (1996a), *National site selection, a stop on the way to a European Geosite list*. *Proceedings of the Special Symposium "Geological Heritage in SouthEast Europe"*, May 1995. *Geologica Balcanica* 26: 15-27
- WIMBLETON, W.A.P. (1996b), *Geosites a new conservation initiative*. *Episodes*, 19: 87-88.

Itinerari geoturistici: l'esempio delle Piccole Dolomiti Lucane (Basilicata)

Geoturistic trails: the example of Piccole Dolomiti Lucane (Basilicata)

Parole chiave: geosito, georisorse, borghi caratteristici, valorizzazione, appennino meridionale

Key words: geosite, georesources, characteristic villages, valorization, southern Apennine

INTRODUZIONE

Lo sviluppo di civiltà e culture è da sempre strettamente connesso alla natura del luogo in cui esse hanno origine. Gli aspetti geologici, legati sia al paesaggio che alle georisorse, hanno svolto un ruolo determinante in tutti gli ambiti della vita dell'uomo. Per tale ragione, conoscere il territorio, in tutte le sue componenti biotiche ed abiotiche, rappresenta una tappa fondamentale nella conoscenza culturale e sociale del passato e nella interpretazione e progettazione del futuro. Il bisogno di avere un contatto reale con la natura ha ispirato da sempre grandi pensatori oltre che grandi scienziati e studiosi: camminare, esplorare il nostro territorio attraverso percorsi geologici integrati risponde a pieno alle esigenze di fruizione e conoscenza del territorio (Palladino *et al.*, 2013; Bentivenga *et al.*, 2019). Da questo bisogno e da quello di tutelare e valorizzare le risorse naturali, nasce il progetto "Sentieri di Pietra" volto a diffondere la conoscenza del patrimonio geologico del Parco Regionale Gallipoli Cognato Piccole Dolomiti Lucane (Basilicata). Si è inteso valorizzare alcuni geositi, tramite il censimento e la proposta di alcuni itinerari geologici, opportunamente segnalati e descritti, sia mediante supporti digitali che cartellonistica in loco. Inoltre, il patrimonio geologico di un territorio, inteso come l'insieme delle peculiarità geologiche e archeologiche, contribuisce in maniera incisiva alla qualità estetica ed ecologica del paesaggio, rappresentandone una parte fondamentale del patrimonio naturale. Il progetto "Sentieri di Pietra" ha promosso una gestione consapevole attraverso una profonda conoscenza del territorio dal punto di vista geologico, geomorfologico e geo-archeologico. In tale ottica sono stati descritti sei geositi e promossi percorsi di lunghezza differente, con partenza dai punti di maggiore interesse geologico, con produzione di materiali descrittivi e fotografici sia

cartacei che online (Sentieri di Pietra, 2019). L'obiettivo del presente lavoro sarà quello di descrivere in dettaglio uno dei geositi individuati nell'area del Parco e l'itinerario che lo attraversa. In particolare, verrà riportato, come esempio, il geosito G6 - Piccole Dolomiti Lucane e l'itinerario geologico ad esso connesso.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

Il Parco Regionale Gallipoli Cognato - Piccole Dolomiti Lucane si estende per 27.027 ettari al centro del territorio della Basilicata, a cavallo delle due province lucane, Matera, nei territori dei comuni di Accettura, Calciano ed Oliveto Lucano, e Potenza, nei territori di Castelmezzano e Pietrapertosa. Esso si colloca tra la valle del Fiume Basento e la Valle del Torrente Sauro, comprende i territori delle comunità montane dell'Alto e Medio Basento e della Collina Materana che presentano importanti caratteri naturalistici, storici ed etno-antropologici. Molto suggestive sono le vette delle Piccole Dolomiti di Castelmezzano e Pietrapertosa che rappresentano un importante geosito di interesse nazionale. Da un punto di vista geologico l'area del Parco ricade principalmente all'interno dei domini della catena appenninica e una piccola

Agnese Emanuela Bonomo⁽¹⁾, Mario Bentivenga⁽¹⁾, Giammarco Guidetti⁽²⁾, Salvatore Lucente⁽²⁾, Antonio Minervino Amodio⁽³⁾, Eva Pescatore⁽¹⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze - Università degli Studi della Basilicata

⁽²⁾ Spin-Off - ExtraGEO

⁽³⁾ ISPC - CNR - Tito (PZ)

E-mail: agneseemanuela.bonomo@gmail.com

parte all'interno dell'avanfossa bradanica (Fig. 1). L'area protetta, dal punto di vista geologico, rappresenta la porzione più superficiale del prisma di accrezione neogenico-quadernario associato a una zona di subduzione vergente verso ovest. È caratterizzata da una struttura a pieghe e sovrascorrimenti dislocata da faglie ad alto angolo trascorrenti ed estensionali (Mostardini & Merlini, 1986; Menardi Noguera & Rea, 2000). Gli abitati di Pietrapertosa e Castelmezzano sono ubicati all'interno del dominio della catena appenninica e sono interessati dalle unità lagonegresi, formate da una porzione inferiore calcareo-silico-marnosa, separata tettonicamente da quella superiore argillosa-calcareo-arenacea, e dalle unità dei flysch miocenici (Formazione di Gorgoglione) (Selli, 1962), rappresentate da depositi silicoclastici depositatisi in bacini di piggy-back o trust-top, sul fronte dell'orogene (Cocco *et al.*, 1972; Pescatore, 1992; Loiacono, 1993).

IL GEOSITO (G6) - LE PICCOLE DOLOMITI LUCANE

L'areale comprendente il Geosito G6 è il più esteso e comprende i borghi di Castelmezzano, Pietrapertosa e parte della lunga dorsale montuosa che collega i due paesi (Fig. 2a). I due borghi sono disposti uno di fronte all'altro separati

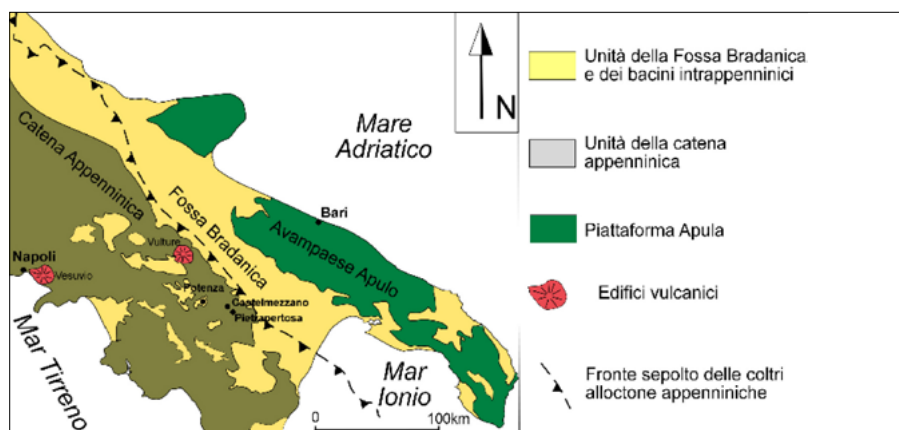


Figura 1. Schema geologico dell'Italia meridionale con localizzazione del Parco Regionale di Gallipoli Cognato - Piccole Dolomiti Lucane (Basilicata)

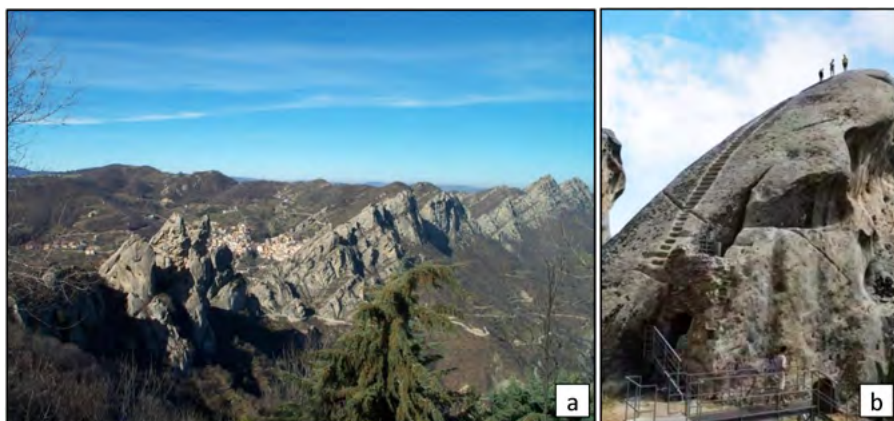


Figura 2. a) Vista panoramica delle Piccole Dolomiti lucane; b) gradinata scavata nella roccia che consentiva l'accesso al punto di vedetta più alto del borgo di Castelmezzano

dalla profonda gola, scavata dal Torrente Rio di Caperino, affluente del Basento. Le Piccole Dolomiti Lucane presentano un paesaggio dominato da affioramenti della successione sedimentaria miocenica della Formazione di Gorgoglione, costituita da un'alternanza di arenarie, peliti e conglomerati, organizzata in banconi e strati, fortemente inclinati a causa delle deformazioni subite da questa porzione della catena appenninica. La Formazione di Gorgoglione è suddivisibile, dal basso verso l'alto, tre membri: membro arenaceo-argilloso; membro arenaceo-conglomeratico; membro pelitico. I due paesi sono stati edificati all'interno dei banconi conglomeratici del membro arenaceo-conglomeratico.

Da un punto di vista storico i due borghi sono accomunati da diversi tratti comuni tra cui le origini e le dominazioni. Entrambi hanno avuto origini tra il VI ed il V secolo a.C. quando i coloni greci penetrarono nella valle del Basento. Castelmezzano nacque con il nome di Maudoro e successivamente venne occupato prima dai saraceni (X sec. d.C.) e poi dai normanni (XI – XIII sec. d.C.) che vi costruirono un castello, da cui il borgo prese il nome di *Castrum Medianum*, e di cui rimangono le mura e parte della gradinata scavata nella roccia che consentiva l'accesso al punto di vedetta più alto (Fig. 2b). Le origini di Pietrapertosa sono incerte, ma le teorie

più accreditate fanno risalire al IV secolo a.C. la presenza di una fortificazione. A partire dal X secolo d.C. anche questo borgo fortificato fu occupato dai Saraceni e successivamente dai Normanni che ne ampliarono la fortezza. Oggi, dell'antico fortilizio sono conservate parte delle mura perimetrali, un torrione di avvistamento e alcuni alloggiamenti scavati nella roccia. La particolarità di Pietrapertosa è che si mostra ancora come borgo dalla fisionomia medievale soprattutto nella parte più antica, alle pendici del Castello, dove sono presenti strade strette e vicoli ciechi che conservano, ancora oggi, l'antico nome saraceno di "Arabat".

L'ITINERARIO

L'itinerario unisce gli abitati di Castelmezzano e Pietrapertosa con la Sede del parco, lungo strada asfaltata della lunghezza rispettivamente di 23 e 18 km (Fig. 3a). La conformazione del territorio è legata all'azione modellatrice degli agenti atmosferici e lungo gli itinerari proposti è possibile osservare diversi affioramenti rocciosi riferibili ai diversi membri della Formazione di Gorgoglione e morfologie particolari: a grande scala si distinguono i paesaggi morfologicamente più aspri legati alle litologie conglomeratiche ed arenacee, da quelli più dolci legati alle litologie argillose. Le forme più aspre richiamano, a sca-

la minore, l'aspetto delle Dolomiti del Trentino Alto-Adige, da questo il nome di Piccole Dolomiti Lucane. Sempre all'azione erosiva degli agenti atmosferici sono dovute alcune singolari sculture naturali dalle sembianze zoomorfe ed antropomorfe (Fig. 3b). Molto frequenti e caratteristiche sono anche le strutture erosive alveolari, legate all'erosione eolica.

CONCLUSIONI

Il geosito, di interesse nazionale, delle Piccole Dolomiti Lucane è tra i più conosciuti in Basilicata, grazie alla presenza dell'attrattore turistico "Il Volo dell'Angelo", che lo ha reso famoso anche all'estero. La realizzazione di diversi itinerari è finalizzata ad ampliare l'offerta culturale e turistica dell'area per cercare di rendere il visitatore, interessato agli aspetti geologico-naturalistici e storici, più propenso ad approfondire la conoscenza dei luoghi del Parco rendendo le Piccole Dolomiti Lucane sede, non più di turismo mordi e fuggi, ma di esplorazioni lente che permetta al visitatore di scoprire realmente i tesori di questo territorio.

BIBLIOGRAFIA

- COCCO E., CRAVERO E., ORTOLANI F., PESCATORE T., RUSSO M., SGROSSO I. & TORRE M. (1972), *Les faciès sédimentaires du Basin Iripinien (Italie Meridionale)*. Atti dell'Accademia Pontaniana, Napoli, 21, 1–13.
- LOIACONO F. (1993), *Geometrie e caratteri deposizionali dei corpi arenacei nella successione stratigrafica del Flysch di Gorgoglione (Miocene superiore, Appennino meridionale)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 112, 909–922.
- MENARDI NOGUERA A. & REA G. (2000), *Deep structure of the Campanian-lucanian Arc (Southern Apennine, Italy)*. Tectonophysics, 324, 239–265.
- MOSTARDINI F. & MERLINI S. (1986), *Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 177–202.
- PESCATORE T. (1992), *La sedimentazione miocenica nell'Appennino campano-lucano*. Mem. Soc. geol. it., 41, 37–46.
- SELLI R. (1962), *Il Paleocene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 3, 129–143.
- "Sentieri di Pietra" – cod. 2018-AMB-00107 (2019), *Ass. di Volont. Prot Civile Val d'Agri e l'Università della Basilicata*. Fondazione con il Sud.
- BENTIVENGA M., CAVALCANTE F., MASTRONUZZI G., PALLADINO G., PROSSER G. (2019), *Geoheritage: the Foundation for Sustainable Geotourism*. Geoheritage J., DOI:10.1007/s12371-019-00422-w.
- PALLADINO G., PROSSER G., BENTIVENGA M. (2013), *The geological itinerary of Sasso di Castalda: a journey into the geological history of the Southern Apennine thrust-belt (Basilicata-Southern Italy)*. Geoheritage. DOI 10.1007/s12371-012-0073-1.

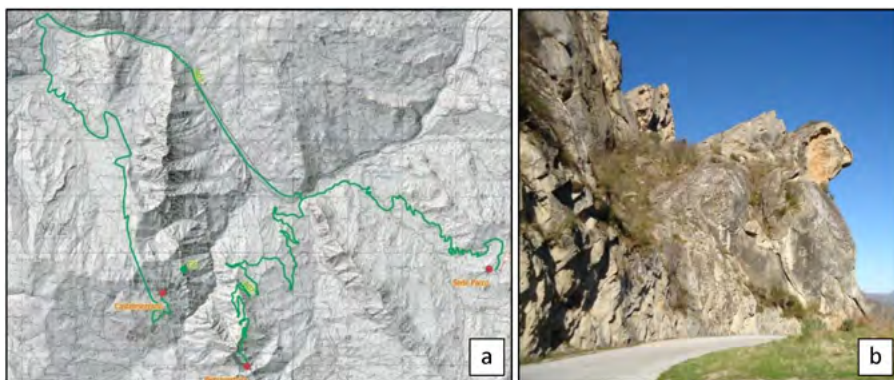


Figura 3. a) Tracciato dell'itinerario geoturistico; b) sculture zoomorfe naturali-civetta, Castelmezzano

Valorizzazione geoturistica di antichi ipogei dell'agro nolano (Campania, Napoli)

Geoturistic enhancement of ancient hypogeous of the agro nolano (Naples, Italy)

Gianfranco Caccavale

Geologo, libero professionista, Dottore di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali, Università degli Studi di Napoli Federico II, con Studio Geologico a Casamarciano (NA)

Domenico Calcaterra

Ordinario di Geologia Applicata, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli

Massimo Ramondini

Aggregato di Indagini e Monitoraggio Geotecnico, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli

E-mail:

gianfrancocaccavale@giordanobrunonola.edu.it

Parole chiave: tufo grigio campano, cavità e grotte sotterranee, geoturismo
Key words: Campanian Ignimbrite, underground cavities and cellars, geoturism

Anord-est della metropoli partenopea, nel lembo di pianura che si interpone tra il Vesuvio e l'Appennino meridionale, conosciuto sin dall'antichità come "Ager Nolanus", la facies zeolitizzata dell'Ignimbrite Campana fu oggetto di un intenso sfruttamento in sotterraneo per la realizzazione di edifici monumentali o di strutture abitative. La coltivazione di questo materiale litoide iniziata nel secolo XVIII e, terminata nella prima metà del XX secolo, ha lasciato nel sottosuolo cavità antropiche variamente estese dalle quali si accedeva attraverso una diffusa serie di condotti verticali, ma il cui collasso è causa sovente di dissesti superficiali e profondi. Una

particolare attenzione merita una cinquantina di profonde grotte realizzate strettamente a ridosso di antichi edifici nobiliari di Casamarciano, Tufino, Comiziano, Cicciano e Roccarainola (Figura 1), che si raggiungono percorrendo singolari discenderie approfondite nella formazione di tufo fino alla quota di camminamento, illuminate e ventilate da pozzi protetti in superficie con sistemi diversi. Il sistema di cavatura è stato a navata generando un sistema di camere di apprezzabili dimensioni. La sezione di questi ambienti è diffusamente parabolica nelle più recenti (XX sec) e trapezoidale nelle più antiche (XVIII-XIX sec.), le altezze variano dai 4 a 12 m e le larghezze non sono superiori a 12 m,

elementi che rimandano ad una cavatura e parametrizzazione dipendente dal contesto litostrati-grafico dei luoghi e dalla qualità del materiale litoide. Questi ipogei erano destinati alla conservazione di un antico vino autoctono (Verrotico) coesistendo nei locali al piano terra vasche di fermentazione e torchi in legno e, in profondità, enormi botti collocate su muretti in pietra di tufo e funzionali alle operazioni di travaso di un "prezioso nettare".

Ulteriori impieghi documentati di questi ipogei sono per la solforazione delle ciliegie e la raccolta di acqua piovana. Nell'ambito di un'analisi sistemica a più ampio raggio finalizzata a definire l'impatto geostatico di queste

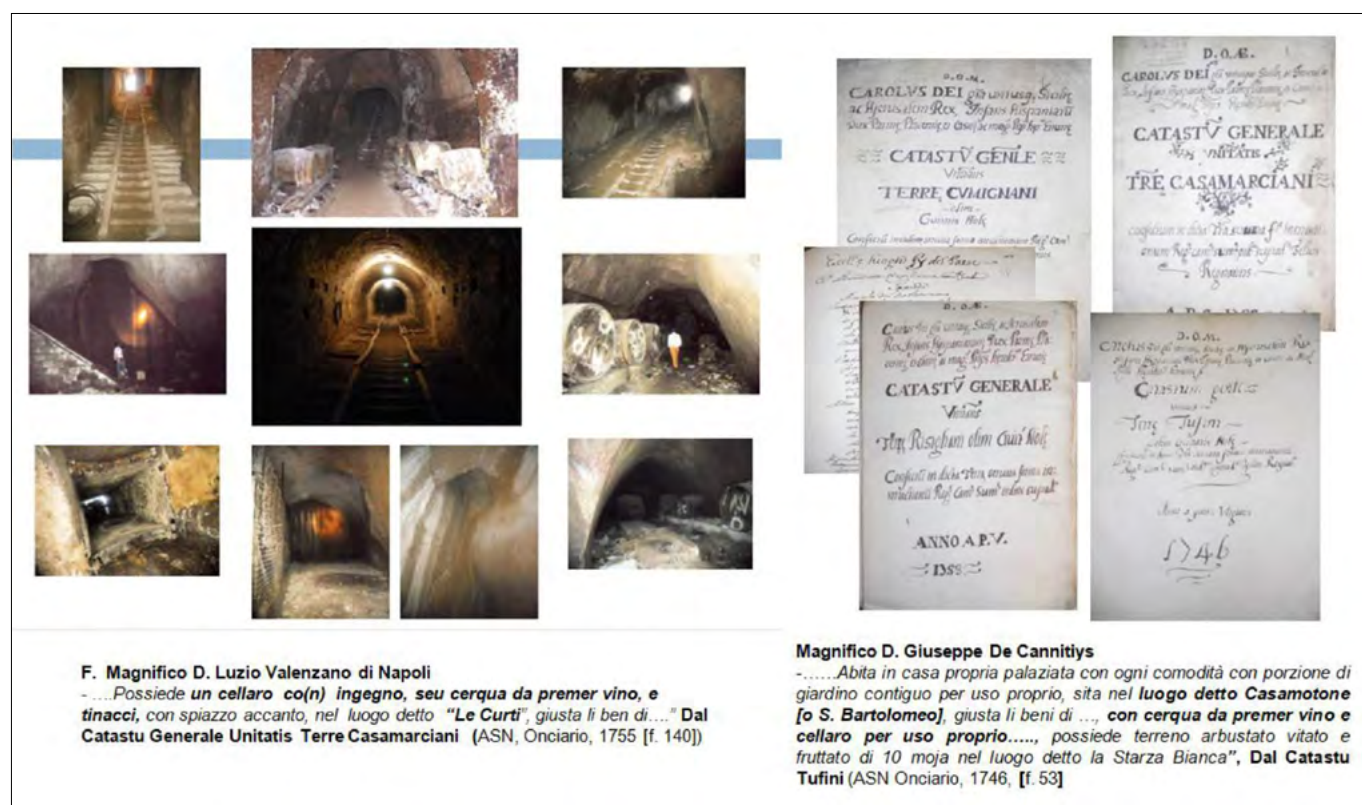


Figura 1. Gli antichi ipogei dell'Agro Nolano

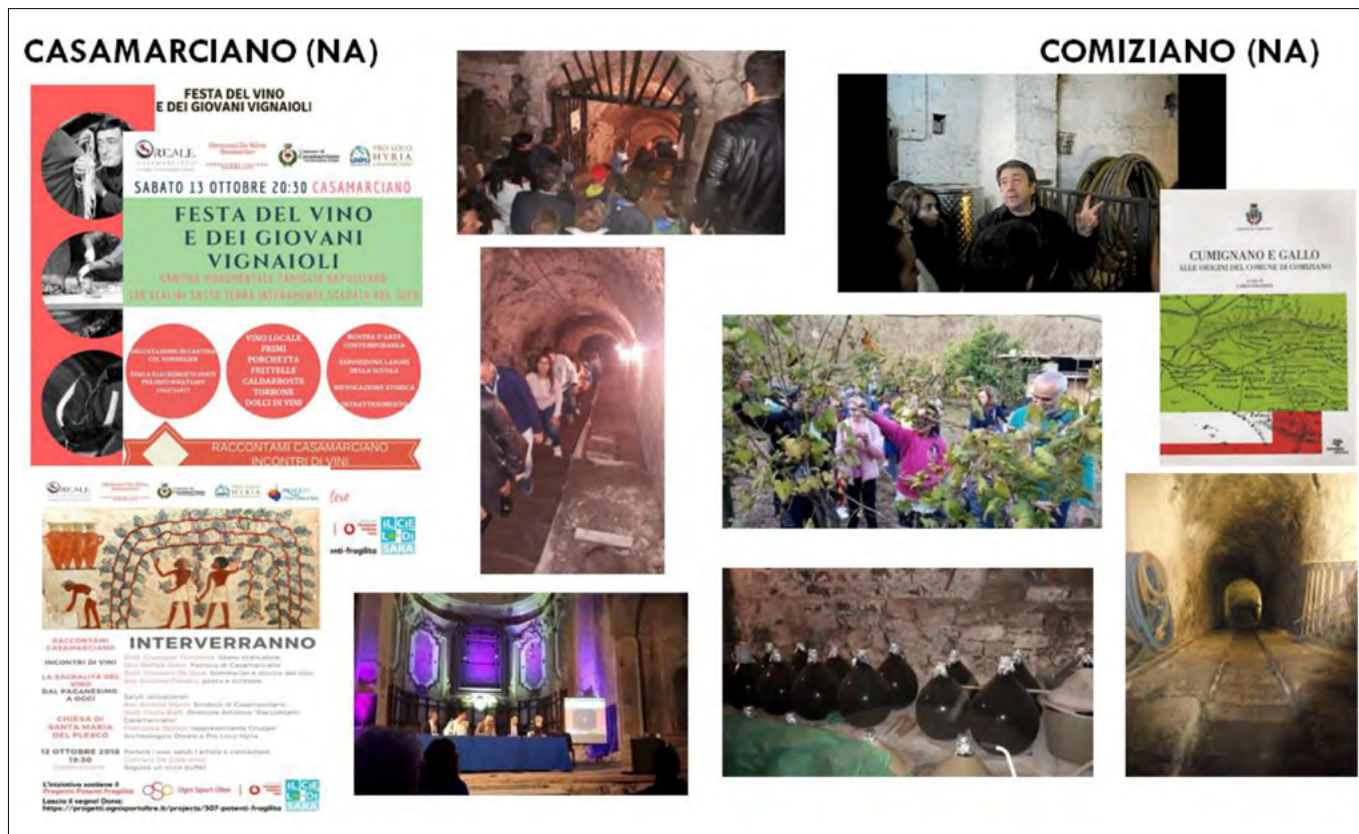


Figura 2. Iniziative di valorizzazione culturale

cavità sotterranee sui nuclei abitati, sono state prodotte schede descrittive di questi ambienti distinti in classi tipologiche che ne considerano l'estensione, la valenza storica, gli elementi strutturali caratteristici, le interazioni con la proprietà privata e pubblica.

Le condizioni di questi ipogei, a seguito del declino delle attività rurali e del progressivo abbandono sono andate via via peggiorando, a scapito della loro staticità. I rilevamenti geologico-strutturali compiuti sulle cavità-cantine più estese (>1500 m²) e meglio mantenute (20%) la possibilità di riutilizzo di questi spazi attraverso itinerari enologico-rurali (Degustazione di vini in grotta, Musei del cavamonte e dell'Arte contadina), in simbiosi con quelli storico-geoarcheologici presenti nell'area (Antiquarium e Villaggio del Bronzo Antico di Nola, Parco Preistorico di San Paolo Bel Sito, Basiliche Paleocristiane di Cimitile, etc.). Questa valorizzazione avrebbe ragione di essere soprattutto con una tenace ripresa delle coltura della vite che, sin dal XVI secolo, caratterizzava l'area per la produzione di asprini bianchi (Felareghina) e rossi (Per e' Palummo, Lucagiovanna, Tignitora). L'ambiente di grotta, adeguatamente illuminato, custodisce peraltro elementi di rilievo di natura *vulcanologica*, per le peculiarità ante e post- diagenetiche della formazione litologica che fu oggetto di scavo; *geotecnica*, per la solidità

strutturale che veniva conferita dalle maestranze all'opera sotterranea; *micro-climatica*, per la capacità di stemperare le temperature tanto stagionali quanto giornaliere entro range di umidità favorevoli alla conservazione dei vini, infine, *biocenotica*, per la presenza di rari organismi dal metabolismo eterotrofo.

L'importanza di questi ipogei è stata messa in risalto con iniziative locali gestite dalle Amministrazioni Locali, in contemporanea con le feste patronali, manifestazioni popolari estivo-autunnali (Festival del Teatro, Sagra della Nocciola) delegando la produzione di specifici opuscoli alla competenza di storici locali e l'allestimento di pannelli descrittivi a varie associazioni culturali dell'area (Figura 2).

Il coinvolgimento delle istituzioni scolastiche, di diverso ordine e grado, è stato alquanto significativo per la partecipazione di geologi, naturalisti, enologi che hanno comunicato con entusiasmo alle giovani generazioni le peculiarità di questo patrimonio storico-culturale. Una coscienza naturalistica e politica che miri a una sensibilizzazione, conservazione e trasmissione della propria identità storica potrà portare a riconoscimenti legislativi locali già acquisiti da realtà civiche della provincia casertana, con una presenza di analoghi esempi di valorizzazione geoturistica, costituendo nuovi percorsi di sviluppo economico di questo territorio.

BIBLIOGRAFIA

- AVERSA S., EVANGELISTA A. RAMONDINI M. (1991), *Snervamento e resistenza a rottura di un tufo a grana fine*, II Conv. dei Ricercatori del G.N. CSIG del CNR, Ravello.
- CACCAVALE G. (2014), *Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori dell'Agro Nolano con presenza di cavità e grotte cantine in tufo*, Tesi di Dottorato, XXV Ciclo, C.I.R.A.M. Università degli Studi "Federico II", Napoli.
- CAPPELLETTI P., CERRI G., COLELLA A., DE GENNARO M., LANGELLA L., PERROTTA A., SCARPATI C. (2003), *Post-eruptive processes in the Campanian Ignimbrite*, Mineralogy and Petrology, 79.
- DEL PRETE S., PARISE M. (2007), *L'influenza dei fattori geologici e geomorfologici sulla realizzazione di cavità artificiali*, Opera Ipogea, 2007, 2.
- LANGELLA A., BISH D.L., CALCATERRA D., CAPPELLETTI P., CERRI G., COLELLA A., GRAZIANO S. F., PAPA L., PERROTTI A., SCARPATI C., DE GENNARO M. (2013), *L'Ignimbrite Campana (IC)*, in "Le Pietre Storiche della Campania, dall'oblio alla riscoperta", Luciano Editore, Napoli.
- MASCOLO G., PETRILLO G. (1983), *Il tufo come presenza del passato*, Tesi di Laurea in Architettura, Università degli Studi "Federico II", Napoli.
- ORT M.H., ORSI G., PAPPALARDO L., FISHER R.V. (2003), *Anisotropy of magnetic susceptibility studies of depositional processes in the Campanian Ignimbrite, Italy*, Bull. Vulcanol., 65.
- PIANCASTELLI M. (2001), *I grandi vini della Terra di Lavoro*, Publital Edizioni, Napoli.

Parco dei Peloritani prossimo venturo: presidio a tutela anche del rischio desertificazione

Peloritani Park in the near future: a garrison to protect also the risk of desertification

Parole chiave: desertificazione, MEDALUS, cartografie, Sicilia, cambiamenti climatici, parchi regionali
Key words: desertification, MEDALUS, thematic maps, Sicily, climate change, regional parks

In Sicilia le aree naturali protette comprendono: 4 parchi regionali che occupano una superficie di 184.655 ettari, 74 riserve naturali regionali per una superficie complessiva di 85.181 ettari e 7 aree marine protette. Dal 2016 è stato istituito il primo Parco Nazionale *Isola di Pantelleria*. La Sicilia vanta, altresì, 239 Siti Rete Natura 2000.

La Sicilia è ad alto rischio desertificazione e lo attestano numerose analisi ambientali nonché pubblicazioni, supportate spesso da cartografie che restituiscono i territori distinti in vari gradi di sensibilità al fenomeno. Il protocollo più adottato per le analisi territoriali è il *MEDALUS* sviluppato attraverso l'omonimo progetto realizzato dall'Unione Europea da Kosmas *et alii* (1999a, 1999b). La metodologia consente di individuare le aree sensibili alla desertificazione attraverso l'applicazione di indicatori biofisici e socio-economici. Piccione *et alii* (2009, 2011, 2013) introdusse, rispetto ad altri studi georiferiti, la lettura bitemporale, prima e seconda metà del XX secolo, che evidenziò come i parchi regionali, a distanza di meno di 50 anni, hanno beneficiato di un salto di qualità territoriale-ambientale inaspettato ai fini del rischio di desertificazione:

- nel caso dei *Nebrodi*, parco che ospita le più importanti ed estese formazioni boschive di Sicilia (circa 50.000 ha) a *Fagus sylvatica* (estremo limite meridionale dell'area di diffusione), a *Quercus cerris*, a *Quercus suber*, a *Quercus ilex*, a *Taxus baccata*, a *Ilex aquifolium* e ambienti lacustri e rupestri, oltre ad una ricca fauna vertebrata e invertebrata,

l'incremento della classe *non minacciato* passando dal primo al secondo periodo ha interessato il 53,6% del territorio;

- nel caso delle *Madonie* parco con oltre la metà delle 3.300 specie presenti in Sicilia e circa 150 dei 200 endemismi fra cui l'*Abies Nebrodensis* e con una fauna che vanta il 65% degli uccelli nidificatori e tutti i mammiferi presenti in Sicilia, l'incremento della classe *non minacciato* passando dal primo al secondo periodo ha interessato il 38,6% del territorio.

Il 16 maggio 2017 si riunì a Palazzo Zanca in Messina il comitato promotore per l'istituzione del *Parco dei Monti Peloritani*, già previsto all'art. 77 del disegno di legge n.192/2013. Una proposta che non ebbe seguito e solo oggi il *GAL Tirrenico*, secondo le linee di indirizzo della propria *governance* e in attuazione della L.R. 98/1981, ha ripreso il testimone. Il *GAL*, che nasce nel 2016, insiste sui Monti Peloritani.

In una ipotesi di sua costituzione, il *Parco Naturalistico Regionale dei Monti e Borghi Peloritani* costituirebbe una prosecuzione naturale dell'Appennino Calabro ed il naturale abbraccio con i *Nebrodi* e le *Madonie*. Il territorio dei Monti Peloritani è già in gran parte una vasta area protetta, inglobando diverse aree protette di *Natura 2000*, la *Riserva Naturale Orientata di Fiumedinisi e Monte Scuderi*, oltre a migliaia di ettari di demanio forestale regionale (un'area di poco superiore a 50.000 ettari), ricadente al di sopra dei 300-400 m s.l.m., distribuita su una trentina di Comuni, che vanno da

Vincenzo Veneziano

Consulta Ambiente IRSSAT-Istituto di Ricerca, Sviluppo e Sperimentazione sull'Ambiente ed il Territorio

Francesco Cancellieri

Coordinatore Nazionale SIGEA Aree Protette ed Ecoregioni

Rachele Castro

Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

Federico Maria Jelo Di Lentini

Dottorando in Scienze Politiche e Sociali Università degli Studi di Catania

Pietro Monforte

Assegnista di ricerca Università degli Studi di Catania

Vincenzo Piccione

Comitato Scientifico IRSSAT

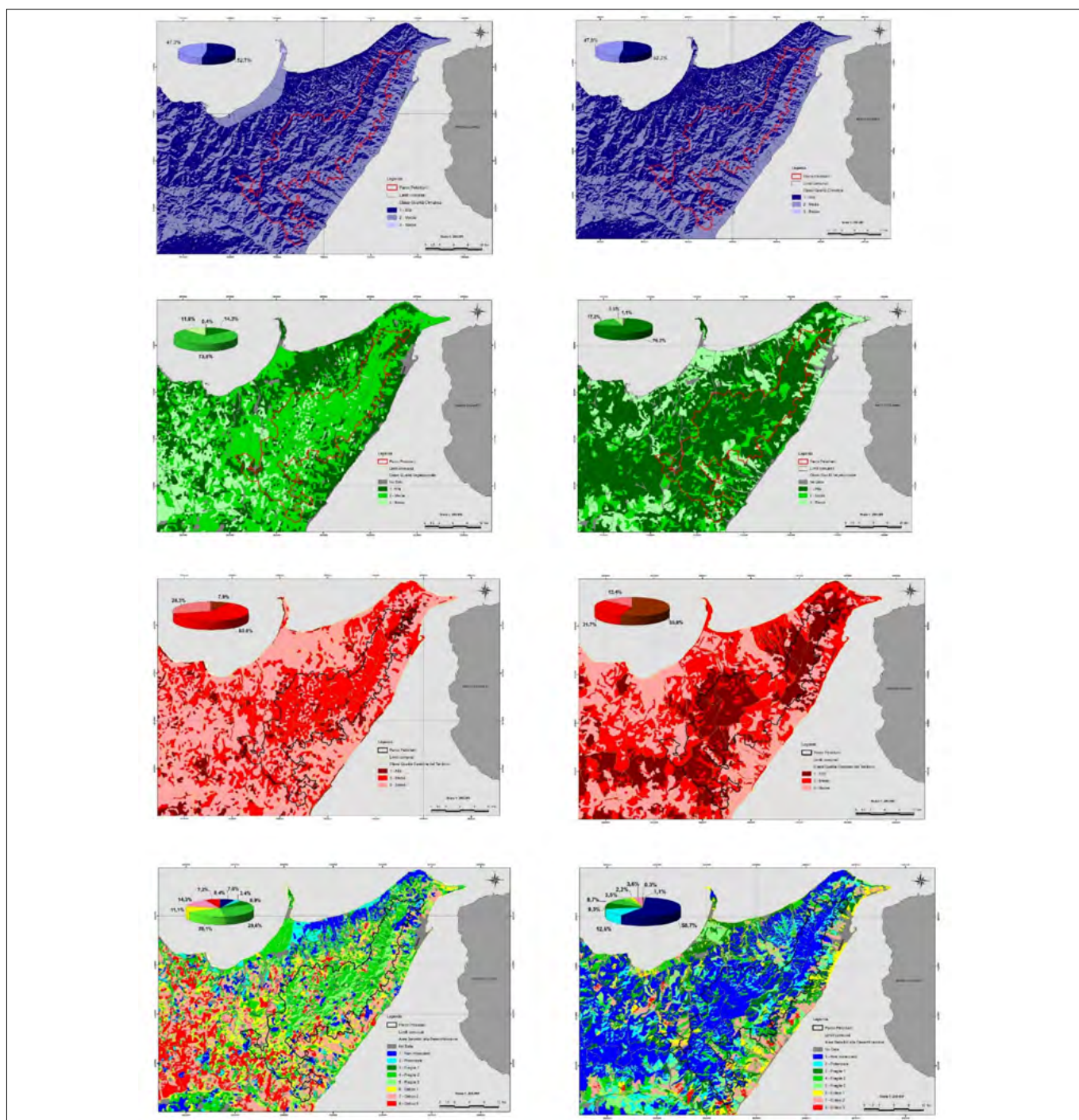
*Corresponding author

E-mail: ing.francesco.cancellieri@gmail.com

Messina, a Taormina, a Novara di Sicilia, a Tripi sino alla riserva naturale di Marinello. Il Parco potenzierebbe quel modello alternativo di gestione territoriale che i *GAL* propongono, specialmente in un territorio come i Peloritani, dove i singoli Comuni, piccoli o piccolissimi, hanno difficoltà, a mettere in campo programmi di sviluppo che prevedano interventi strutturali per la formazione e la diffusione di una moderna cultura imprenditoriale sostenibile.

L'istituzione del *Parco dei Peloritani*, oltre ai servizi ecosistemici canonici, al pari dei *Parchi dei Nebrodi e delle Madonie*, assicurerebbe ai territori sottesi una risposta eccellente di presidio dal rischio desertificazione. Come si evince nel confronto fra prima e seconda metà del secolo scorso, rispettivamente prima e seconda colonna delle quattro rappresentazioni cartografiche, a fronte di un valore pressoché statico della *qualità climatica* (a), la *qualità vegetazionale* (b) e *gestionale* (c) del territorio subiscono un incremento positivo rilevante; più nello specifico il primo rileva un incremento di territori in *qualità alta* del 61,9% e il secondo del 47,1%. I territori *non minacciati* (d) nella prima metà del secolo scorso rappresentavano appena il 7,0% dell'area complessiva del potenziale parco; ebbene, nella seconda metà del secolo raggiungono il 58,7%. La condizione peggiore, *critico*³, viene meno nel secondo periodo.

Alla luce delle evidenze emerse dalle analisi territoriali gli autori di questo contributo non solo auspicano l'immediata istituzione del parco ma si spingono oltre suggerendo che il *Parco*



Parco dei Peloritani, colonna di sinistra dall'alto verso il basso: qualità climatica, qualità vegetazionale, qualità gestionale del territorio e sensibilità alla desertificazione nella prima metà del secolo scorso. Colonna di sinistra - oggi.

delle Madonie e dei Nebrodi, unitamente al parco prossimo venturo dei Peloritani diventino un'unica entità a presidio dello scrigno di biodiversità che è la dorsale appenninica siciliana attestato dalla *Carta della Natura* (ISPRA, 2019) che ne assegna il *Valore Ecologico* più alto della regione.

BIBLIOGRAFIA

- CAPOGROSSI R., CASELLA L., ANGELINI P., BIANCO P.M., PAPALLO O. (2019), *Carta della Natura della Regione Toscana: Carte di Valore Ecologico, Sensibilità Ecologica, Pressione Antropica e Fragilità Ambientale scala 1:50.000*. ISPRA
- KOSMAS C., FERRARA A., BRIASOULI H., IMESON A. (1999), *Methodology for mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification*. In *The MEDALUS project MEditerranean Desertification And Land Use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*. Edited by C. Kosmas, M. Kirkby, N. Geeson. European Union 18882; pp 31-47.
- KOSMAS C., KIRKBY M., GEESON N., (1999), *The MEDALUS project. Mediterranean Desertification and land use. Manual on key indicators of Desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*. EUR 18882, Bruxelles, Belgium.
- PICCIONE V., VENEZIANO V., MALACRINÒ V., CAMPISI S. (2009), *Rischio Desertificazione Regione Sicilia (Protocollo MEDALUS)*. *Mappe di sensibilità e incidenza territoriale a scala comunale del processo in divenire*. *Quad. Bot. Ambientale Appl*, Vol. 20/1, pp 3 - 250.
- PICCIONE V., VENEZIANO V., PICCIONE A. (2011-), *Progetto Banca Dati Georiferiti Rischio Desertificazione in Sicilia. Caratterizzazione bi-temporale dei territori comunali in Provincia di Agrigento, Caltanissetta, Catania, Enna, Messina, Palermo, Ragusa, Siracusa, Trapani*. *Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat.* 44, 373 e 45, 374. (17 contributi)
- PICCIONE V., CASTRO R., DURO A., PICCIONE A., RAPICAVOLI R.V., VENEZIANO V. (2013), *Ruolo del Parco Regionale Naturale dell'Etna, Madonie, Nebrodi e Sicani (Sicilia) nella mitigazione del Rischio Desertificazione*. *Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat.* 46, 376: 62-181 (4 contributi).

Geopolimeri come materiali ecologici per il trattamento delle acque reflue

Vito Cofano, Marina Clausi, Daniela Pinto

Università degli Studi di Bari Aldo Moro,
Dipartimento di Scienze della Terra e
Geoambientali

E-mail: vito.cofano@uniba.it

Geopolymers as eco-friendly materials for wastewater treatment

Parole chiave: geopolimeri, acque reflue, trattamento delle acque, riciclo
Key words: geopolymers, wastewater, water treatment, recycling

La presenza dell'acqua è un requisito fondamentale per lo sviluppo di qualsiasi forma di vita sulla Terra. Ad oggi però, pur essendo una risorsa rinnovabile, alcuni fattori legati all'uomo (incessante crescita demografica, sovrasfruttamento, inquinamento ecc.) ne compromettono la sua disponibilità e qualità, rendendo questo bene comune sempre più limitato.

In una evidente situazione di crescente scarsità delle risorse idriche, il riutilizzo di acqua derivante da rifiuti liquidi può rappresentare un'alternativa efficace ai fini della salvaguardia dell'ambiente. In particolare, il riutilizzo da acqua derivante dal trattamento di reflui urbani a scopo irriguo produce notevoli vantaggi dal punto di vista ambientale: si riducono i prelievi di acqua in falda, si valorizzano volumi non trascurabili altrimenti destinati allo scarico in mare, si diminuiscono le quantità di fertilizzanti sfruttando i composti organici e minerali presenti nel refluo. Tuttavia, ai fini del riutilizzo di acque di scarto, è necessario tenere conto dei potenziali inquinanti in esse contenuti. Le cause dell'inquinamento idrico sono generalmente di diversa natura e sono relazionabili allo sviluppo antropico e industriale dei diversi territori (rifiuti industriali, attività estrattive minerarie, acque reflue e di scarico, pesticidi e fertilizzanti, produzione di energia, rifiuti radioattivi, ecc).

Dal momento stesso in cui l'acqua viene utilizzata, ne consegue un suo inquinamento (Crini & Lichtfouse 2019). Le diverse metodologie per l'eliminazione degli inquinanti sono generalmente basate su trattamenti chimici, fisici, biologici, elettrici e termici. Solitamente la scelta del metodo è legata al tipo di inquinante che si vuole rimuovere. I trattamenti biologici sono quelli più comunemente utilizzati per rimuovere la materia organica ed i metalli pesanti. Adsorbimento, scambio ionico, osmosi

inversa ed elettrolisi risultano tra i trattamenti più efficaci. L'adsorbimento consiste nell'accumulo di una sostanza (adsorbito) sulla superficie di un solido (adsorbente), cioè sull'interfaccia bidimensionale di quest'ultimo. Tra i trattamenti fisici basati su questa tecnica, si distinguono i carboni attivi, noti per la loro efficacia nella rimozione di sostanze organiche ma anche di sostanze inorganiche. Dal punto di vista economico il costo del trattamento dell'acqua mediante adsorbimento con carbone attivo varia da 5 a 200 dollari USA per metro cubo di acqua, risultando più vantaggioso rispetto al costo della purificazione dell'acqua con tecnologie diverse dell'adsorbimento che varia da 10 a 450 dollari per metro cubo di acqua trattata (Ali 2010).

La crescente richiesta di acqua potabile e nello stesso tempo di tecnologie più sostenibili rende oggi necessaria la sperimentazione di nuovi sistemi che possano avere una efficacia paragonabile o superiore a quella dei carboni attivi, ma che nello stesso tempo presentino maggiore sostenibilità per quanto riguarda i costi di produzione e gli impatti ambientali derivanti dal processo produttivo.

A tale scopo, i geopolimeri risultano oggi una emergente classe di materiali che sta riscontrando notevole interesse nella comunità scientifica per applicazioni nell'ambito del trattamento dell'acqua (Della Rocca *et al.* 2020; El Alouani *et al.* 2021; Luukkonen *et al.* 2019). I materiali geopolimerici sono dei materiali innovativi ad oggi studiati principalmente come alternativa "green" al cemento Portland (OPC), la cui produzione, come noto, determina una elevata emissione di CO₂ (Pacheco *et al.* 2008, part.1).

Essi vengono infatti realizzati con un processo produttivo a bassa impronta di carbonio e possono essere prodotti anche a partire da materiali di scarto e sottoprodotti industriali, in accordo con

i principi dell'economia circolare. Numerosi studi hanno evidenziato l'efficacia di questi materiali nella rimozione dall'acqua di varie sostanze, fra cui numerosi metalli potenzialmente tossici per la salute umana e per gli ecosistemi come Co, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, As e Sb (Panda *et al.* 2020; Luhar *et al.* 2021). Ge *et al.* 2015b hanno preparato sfere geopolimeriche porose a base di metacaolino, che hanno dimostrato una capacità adsorbente superiore ai setacci molecolari sferici commerciali (zeolite 4 A) nella cattura del Cu ed una stabilità accettabile in condizioni acide. I geopolimeri sono risultati efficaci anche nell'adsorbimento di diversi radioisotopi del cesio, stronzio, radio e cobalto (Kinoshita *et al.* 2011; Liu *et al.* 2014), ed anche nella rimozione di *et al.* 2015), ammonio (Couto *et al.* 2016) e solfati (Runtti *et al.* 2016).

In relazione a tali peculiarità, la sperimentazione di questa tecnologia nel trattamento di acque reflue rappresenta oggi un interessante e promettente tematica di ricerca.

Diversi studi presenti nella letteratura scientifica sono basati sull'utilizzo di argille caoliniche come precursore allumosilicatico per la realizzazione di geopolimeri per il trattamento di acque reflue (Bai *et al.* 2017), ma esistono anche numerosi studi che prendono in considerazione diversi sottoprodotti industriali come ceneri volanti e scorie di altoforno (Onutai *et al.* 2019; Luukkonen *et al.* 2016).

I potenziali vantaggi dell'uso di questi materiali in alternativa ad altre tecnologie attualmente in uso, più costose e più impattanti dal punto di vista ambientale, sono quindi noti, ma fino ad ora la maggior parte degli studi pubblicati riguardano sperimentazioni alla scala di laboratorio. Diventa pertanto importante incrementare le ricerche su tali materiali in particolare per la valutazione dell'effettiva trasferibilità su scala reale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ALI IMRAN (2010), *The Quest for Active Carbon Adsorbent Substitutes: Inexpensive Adsorbents for Toxic Metal Ions Removal from Wastewater*, Separation & Purification Reviews, 39:3-4, 95-171.
- BAI C., FRANCHIN G., ELSAYED H., ZAGGIA A., CONTE L., LI H. & COLOMBO P. (2017), *High-porosity geopolymer foams with tailored porosity for thermal insulation and wastewater treatment*. Journal of Materials Research 32, 3251-3259.
- COUTO R.S.D.P., OLIVEIRA A.F., GUARINO A.W.S., PEREZ D.V. & MARQUES M.R.D.C. (2016), *Removal of ammonia nitrogen from distilled old landfill leachate by adsorption on raw and modified aluminosilicate*. Environ Technol 38:816-8.
- CRINI G. & LICHTFOUSE E. (2019), *Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment*. Environmental Chemistry Letters, Springer Verlag, 2019, 17 (1), pp.145-155. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0785-9>.
- DELLA ROCCA D.G., PERALTA R.M., PERALTA R.A., RODRIGUEZ-CASTELLON E. & MOREIRA R.F.P.M. (2021), *Adding value to aluminosilicate solid wastes to produce adsorbents, catalysts and filtration membranes for water and wastewater treatment*. J Mater Sci 56, 1039-1063 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10853-020-05276-0>
- EL ALOUANI M., SAUFI H., MOUTAOUKIL G., ALEHYEN S., NEMATOLLAHI B., BELMAGHRAOUI W. & TAIBI M. (2021), *Application of geopolymers for treatment of water contaminated with organic and inorganic pollutants: State-of-the-art review*. Journal of Environmental Chemical Engineering, Volume 9, Issue 2, 2021, 105095, ISSN 2213-3437, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105095>
- GE Y., CUI X., KONG Y., LI Z., HE Y. & ZHOU Q. (2015b), *Porous geopolymeric spheres for removal of Cu (II) from aqueous solution: synthesis and evaluation*. J Hazard Mater 283:244-251
- KHAN M.I., MIN T.K., AZIZLI K., SUFIAN S., ULLAH H. & MAN Z. (2015), *Effective removal of methylene blue from water using phosphoric acid based geopolymers: synthesis, characterizations and adsorption studies*. RSC Adv 5:61410-61420.
- KINOSHITA N., SUEKI K., SASA K., KITAGAWA J., IKARASHI S., NISHIMURA T., WONG Y.S., SATOU Y., HANDA K., TAKAHASHI T., SATO M. & YAMAGATA T. (2011), *Assessment of individual radionuclide distributions from the Fukushima nuclear accident covering central-east Japan*. Proc Natl Acad Sci USA 108:19526-19529.
- LIU X., CHEN G.R., LEE D.J., KAWAMOTO T., TANAKA H., CHEN M.L. & LUO Y.K. (2014), *Adsorption removal of cesium from drinking waters: a mini review on use of biosorbents and other adsorbents*. Bioresour Technol 160:142-149.
- LUHAR I., LUHAR S., ABDULLAH M.M.A.B., RAZAK R.A., VIZUREANU P., SANDU A.V. & MATASARU P.D. (2021), *A State-of-the-Art Review on Innovative Geopolymer Composites Designed for Water and Wastewater Treatment*. Materials 2021, 14, 7456. <https://doi.org/10.3390/ma14237456>
- LUUKKONEN T., RUNTTI H., NISKANEN M., TOLONEN E.T., SARKKINEN M., KEMPAINEN K., RÄMÖ J. & LASSI U. (2016), *Simultaneous removal of Ni(II), As(III), and Sb(III) from spiked mine effluent with metakaolin and blast-furnace-slag geopolymers*. Journal of Environmental Management, Volume 166, 2016, Pages 579-588, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.007>
- LUUKKONEN T., HEPPONIEMI A., RUNTTI H., PESONEN J., YLINIEMI J. & LASSI U. (2019), *Application of alkali-activated materials for water and wastewater treatment: a review*. Rev Environ Sci Biotechnol 18, 271-297 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09494-0>
- ONUTAI S., KOBAYASHI T., THAVORNITI P. & JIEMSIRILERS S. (2019), *Porous fly ash-based geopolymer composite fiber as an adsorbent for removal of heavy metal ions from wastewater*. Mater. Lett. 236, 30-33. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.10.035>
- PACHECO-TORGAL F., CASTRO-GOMES J. & JALALI S. (2008), *Alkali-activated binders: A review Part 1*. Historical background, terminology, reaction mechanisms and hydration products.
- Panda L., Jena S.K., Rath S.S. & Misra P.K. (2020) Heavy metal removal from water by adsorption using a low-cost geopolymer. Environ Sci Pollut Res 27, 24284-24298 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08482-0>
- RUNTTI H., LUUKKONEN T., NISKANEN M., TUOMIKOSKI S., KANGAS T., TYNJALA P., TOLONEN E.T., SARKKINEN M., KEMPAINEN K., RÄMÖ J. & LASSI U. (2016), *Sulphate removal over bariummodified blast-furnace-slag geopolymer*. J Hazard Mater 317:373-384

Erosione del suolo e degrado dell'ambiente naturale in contesti carsici

Soil erosion and degradation of natural environment in karst contexts

Umberto Samuele D'Ettoire,
Mario Parise, Isabella Serena Liso

Università degli Studi di Bari Aldo Moro,
Dipartimento di Scienze della Terra e
Geoambientali

E-mail: umberto.dettoire@uniba.it

Parole chiave: carsismo, erosione, perdita di suolo, degrado ambientale, inquinamento
Key words: karst, erosion, loss of soil, environmental degradation, pollution

Le aree carsiche rappresentano ambienti complessi e diversificati, che contengono importanti risorse naturali quali: l'acqua dolce delle falde idriche (fondamentale riferimento per lo sviluppo socio-economico di qualsiasi comunità), un'ampia varietà di nicchie ecologiche e una ricca diversità in specie di piante e animali. Il termine "carso" ha origine dall'altopiano che si innalza dalla costa del Golfo di Trieste (situato tra Italia e Slovenia), e deriva da "karra/gara", che significa pietra. Il nome di questo altopiano è "Kras" in sloveno, "Carso" in italiano e "Karst" in tedesco (Kranjc, 2011; Ford & Williams, 2007). Il fenomeno del carsismo si sviluppa a seguito della presenza di due condizioni chiave: l'esistenza di un solvente in grado di dissolvere le rocce e un flusso di acque sotterranee, risultante da un gradiente idraulico (Bakalowicz, 2005). Le rocce di natura carbonatica vengono disciolte dalle acque superficiali (acidificate dalla CO₂) che percolano verso il basso attraverso la zona insatura (vadosa), sino a raggiungere la zona satura (freatica). Le reazioni chimiche coinvolte nella dissoluzione sono influenzate da molti fattori, tra i quali temperatura e pH dell'acqua, pressione di CO₂, caratteristiche dei sistemi di discontinuità dell'ammasso roccioso, ecc. In particolare, tali processi risultano molto pronunciati nell'epicarso, rappresentante la zona più superficiale del substrato carsico. Aspetti tipici della morfologia carsica sono la presenza di *poljes*, *sinkholes* (doline), inghiottitoi, rocce affioranti, valli più o meno incise (gravine e lame, rispettivamente, nella terminologia carsica pugliese; Parise *et al.*, 2003) e sorgenti (sia subaeree che sottomarine). I territori carsici sono presenti in tutti i continenti, ed occupano circa il 20% della superficie totale terrestre privata del ghiaccio (Ford & Williams, 2007). In Europa è presente la maggior distribuzione di aree carsiche, con una superficie totale del 21,8%

e un'area assoluta di 2,17 milioni di km² (Goldscheider *et al.*, 2020).

A seguito di numerosi fattori, per lo più legati alle attività dell'uomo, i paesaggi carsici hanno subito e continuano a subire profonde modificazioni. Tra le problematiche ambientali di maggior interesse, figura sicuramente l'erosione del suolo, sino alla sua totale perdita, causata principalmente da deforestazione, incendi e da errate pratiche agricole. Come conseguenza, si assiste sempre più spesso al fenomeno della desertificazione, che in contesti carsici si riconosce anche a seguito dell'esposizione del substrato roccioso, una volta avvenuta la perdita di vegetazione e suolo (Yuan, 1997). I suoli carsici si presentano generalmente come ricchi di materia organica, elevato pH e con numerose specie (da alghe a piante legnose) che, crescendo su terreni poco profondi, favoriscono i processi di alterazione chimico-fisica e l'erosione della roccia e aumentano la fertilità del suolo, oltre a mantenere in uno stato di equilibrio il micro-biota (Shi *et al.*, 2022). In Alta Murgia ad esempio, negli ultimi quarant'anni, le tessiture carsiche naturali sono state soggette a profondi mutamenti connessi all'azione antropica allo scopo di ottenere dei miglioramenti fondiari, tramite alcune tecniche riassumibili con il termine di spietramento. Tali tecniche causano un aumento dell'aliquota di acqua di ruscellamento superficiale a scapito di quella legata all'infiltrazione, con relativa distruzione dell'epicarso e la possibilità di generare fenomeni di dissesto idrogeologico (Giglio *et al.*, 1996; Parise & Pascali, 2003; Canora *et al.*, 2008; Parise, 2008). In più, si assiste ad un inevitabile incremento della vulnerabilità alla desertificazione, favorendo, oltre all'azione erosiva dell'acqua, anche quella ad opera del vento, che trasporta le particelle più leggere del suolo. Nel carso dinarico, la desertificazione è da imputare principalmente alla massiccia attività di de-

forestazione, iniziata già a partire dalla preistoria (quando circa il 90% del carso era ricoperto da foreste), ed in particolare nel Neolitico, periodo che segna un cambiamento di abitudini delle attività dell'uomo, il quale passa dalla caccia e la raccolta all'agricoltura e allevamento, iniziando uno stile di vita sedentario (Kranjc, 2012). Più recentemente invece, gli agricoltori di quest'area hanno tagliato ed incendiato le foreste al fine di ottenere terreno idoneo a coltivazioni monouso di grano (chiamate "novine"), aumentando localmente l'erosione del suolo (Kranjc, 1979; Gams & Gabrovec, 1999). In Albania invece, erosione del suolo e desertificazione risultano essere un grave problema anche nelle aree carsiche, che nel periodo risalente al regime comunista hanno perso alcune delle più tipiche forme paesaggistiche, quali *polje* e doline, trasformate spesso in campi arabili per la coltivazione di cereali (Parise *et al.*, 2004). Oltre al depauperamento della risorsa suolo, altre attività intraprese dall'uomo hanno contribuito al danneggiamento degli ambienti carsici nel corso degli ultimi anni. L'utilizzo di fertilizzanti, pesticidi ed erbicidi, così come l'abbandono di rifiuti e carcasse di animali in cavità carsiche, intaccano la qualità delle risorse idriche sotterranee, a seguito dell'infiltrazione dei contaminanti attraverso la rete di discontinuità, caratterizzata da fratture e condotti carsici della roccia (Rejec Brancelj, 1998; Parise & Pascali, 2003). Un'altra attività antropica molto impattante sul paesaggio carsico è quella legata alle cave. In alcune aree, i cumuli e i detriti derivanti dalle attività estrattive sono ormai diventati la forma principale del paesaggio, e tali attività hanno portato anche alla distruzione di numerose cavità carsiche ipogee (Formicola *et al.*, 2010). In conclusione, gli ambienti carsici sono evidentemente sensibili ai rischi derivanti dalle azioni dell'uomo: infatti, è molto facile danneggiare le risorse legate a questi territori (suolo, acqua, si-

stemi ipogei, biodiversità, ecc.) e molto difficile, se non impossibile, ripristinarle, a causa degli elevati costi e tempi richiesti dalle procedure di bonifica (van Beynen & Townsend, 2005; Parise & Gunn, 2007; North *et al.*, 2009). Risulta quindi ormai evidente che garantire la protezione di queste aree attraverso il solo strumento legislativo non è più sufficiente: occorre soprattutto sviluppare una consapevolezza nella popolazione, ad esempio tramite campagne educative in grado di informare le comunità circa l'importanza e la vulnerabilità degli ambienti carsici.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BAKALOWICZ M.- (2005), *Karst groundwater: A challenge for new resources*. Hydrogeology Journal, 13(1), 148–160.
- CANORA F., FIDELIBUS M.D., SCIORTINO A. & SPILOTRO G. (2008). *Variation of infiltration rate through karstic surfaces due to land use changes: a case study in Murgia (SE Italy)*. Eng. Geol., 99, 210–227.
- FORD D. & WILLIAMS P. (2007), *Karst Hydrogeology and Geomorphology*.
- FORMICOLA W., GUEGUEN E., MARTIMUCCI M., PARISE M. & RAGONE G. (2010), *Caves below quarries and quarries above caves: problems, hazard and research. A case study from southern Italy*. Geol. Soc. America Abstracts with Programs, 42 (5).
- GAMS I. & GABROVEC M. (1999), *Land use and human impact in the Dinaric Karst*. Int. J. Spel., 26 B (1/4), 55–70.
- GIGLIO G., MORETTI M. & TROPEANO M.- (1996), *Rapporto fra uso del suolo ed erosione nelle Murge Alte: effetti del miglioramento fondiario mediante pratiche di "spietramento"*. Geol. Appl. Idrogeol., 31, 179–185.
- GOLDSCHIEDER N., CHEN Z., AULER A. S., BAKALOWICZ M., BRODA S., DREW D., HARTMANN J., JIANG G., MOOSDORF N., STEVANOVIC Z., VENI G., & DE C. Z. (2020), *Global distribution of carbonate rocks and karst water resources*. Hydrogeology Journal 28:1661–1677.
- KRANJC A. (1979), *Kras v povirju Ljubije*. Geografski vestnik, Vol. 51, pp. 31–42.
- KRANJC A. (2011), *The Origin and evolution of the term "Karst"*. Procedia Social and Behavioral Sciences, 19, 567–570.
- KRANJC A. (2012), *Dinaric Karst - An Example of Deforestation and Desertification of Limestone Terrain*. Deforestation Around the World, Dr. Paulo Moutinho (Ed.), ISBN: 978-953-51-0417-9.
- NORTH L.A., VAN BEYNEN P.E. & PARISE M. (2009), *Interregional comparison of karst disturbance: west-central Florida and southeast Italy*. Journal of Environmental Management, 90, 1770–1781.
- PARISE M. & PASCALI V. (2003), *Surface and subsurface environmental degradation in the karst of Apulia (southern Italy)*. Environmental Geology, 247,250.
- PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M. & SAMMARCO M. (2003), *Karst terminology in Apulia (southern Italy)*. Acta Carsologica, 32 (2), 65–82.
- PARISE M., QIRIAZI P., & SALA S. (2004), *Natural and anthropogenic hazards in karst areas of Albania*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4.
- PARISE M., & GUNN J. (Eds.) (2007), *Natural and anthropogenic hazards in karst areas: Recognition, Analysis and Mitigation*. Geological Society London, Special Publication 279, 202 pp.
- PARISE M. (2008), *Elementi di geomorfologia carsica della Puglia*. Atti del 45° Corso CNSS-SSI di III livello "Geomorfologia Carsica", p 102.
- REJEC BRANCELJ I. (1998), *Influence of modern farming on karstic landscapes*. Acta Carsologica, 27 (3), 201–213.
- SHI W. Y., XU M., & HE X (2022), *Plant-microbe-soil interactions in a vulnerable ecosystem: promising re-vegetation approaches to slow down rocky karst desertification*. In Plant and Soil. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
- VAN BEYNEN P.E. & TOWNSEND K. (2005), *A disturbance index for karst environments*. Environmental Management, 36, 101–116.
- YUAN D.X. (1997), *Rock desertification in the subtropical karst of south China*. Z. Geomorphol. 108, 81–90.

Valutazione degli esiti del monitoraggio qualitativo dei Corpi Idrici Sotterranei in relazione alle pressioni antropiche insistenti sul territorio regionale della Puglia

Analysis of groundwater body monitoring data on the basis of the anthropogenic pressures in the Apulia region

Parole chiave: monitoraggio, acque sotterranee, pressioni antropiche
Key words: monitoring, groundwater, anthropogenic pressures

La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (Water Framework Directive – WFD) prevede che la caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei avvenga attraverso l'individuazione delle pressioni significative alle quali sono sottoposti e la valutazione degli impatti attesi, tenendo conto della vulnerabilità del loro stato rispetto alle pressioni individuate e del rischio di non raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale fissati nell'art. 4 della stessa Direttiva. L'approccio che integra l'analisi delle pressioni con le valutazioni di stato e di impatto risulta uno strumento utile sia nella pianificazione dei monitoraggi sia nella definizione delle misure di tutela e di ripristino volte a garantire il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi ambientali.

Nel presente studio si applica la metodologia di analisi delle pressioni antropiche e degli impatti condivisa all'interno del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), descritta nelle Linee Guida ISPRA 11/2018 (Fiorenza *et al.*, 2018).

Tra le pressioni da considerare prioritariamente per i corpi idrici sotterranei, si approfondisce l'analisi sulla pressione agricola, identificata a livello comunitario (codifica WISE) come pressione diffusa "2.2-Agricoltura". Tale scelta è stata orientata in considerazione della disponibilità/indisponibilità dei dati necessari al popolamento degli indicatori di pressione, ed anche in considerazione delle conoscenze pregresse e degli esiti del monitoraggio, che indirizzano

verso l'approfondimento della pressione agricola, tipica del contesto territoriale pugliese.

La metodologia comunitaria prevede che, una volta individuata la pressione da analizzare, ne venga valutata la significatività, ovvero la possibilità di generare impatti sul corpo idrico, pregiudicando il mantenimento o il raggiungimento degli obiettivi di qualità.

A questo scopo la Linea Guida SNPA 11/2018 (LG) individua per la pressione agricola due indicatori di pressione a medio-alta complessità (MAC), e due indicatori a medio-bassa complessità (MBC), con la relativa soglia al di sopra della quale la pressione deve essere considerata significativa.

L'analisi effettuata prende in considerazione l'indicatore 1 della categoria MBC, definito come l'estensione percentuale delle aree ad uso agricolo rispetto all'estensione del corpo idrico, e la cui soglia di significatività è fissata al 60%. Per ognuno dei 29 corpi idrici sotterranei individuati in Puglia (rif. "Identificazione e Caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei della Puglia ai sensi del DLgs n.30/2009", DGR n.1786/2013) è stata calcolata l'estensione percentuale delle aree ad uso agricolo utilizzando come fonte dati la carta dell'uso del suolo del Corine Land Cover 2018. L'esito dell'analisi di significatività è riportato in Tab. 1.

Gli unici corpi idrici sotterranei per i quali la pressione agricola risulta non significativa sono tre corpi idrici appartenenti al complesso idrogeologico calcareo del Gargano: il Gargano centro-

Silvia Di Cunsolo*, Claudia Marcella Placentino, Mina Lacarbonara, Vincenzo Musolino, Vito Bruno, Vincenzo Campanaro

ARPA Puglia, Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente

*Autore referente

E-mail: s.dicunsolo@arpa.puglia.it

orientale, il Gargano settentrionale e la Falda sospesa di Vico Ischitella.

Una volta esaminata la significatività della pressione agricola, ne è stata valutata l'entità dell'impatto sui singoli corpi idrici, con riferimento agli indicatori di impatto individuati nella LG e alle relative soglie di significatività (Tab. 2). La metodologia nello specifico individua due indicatori di impatto per la pressione agricola: la media annua nitrati e la concentrazione media annua della somma dei pesticidi.

Gli indicatori di impatto sono stati stimati utilizzando i risultati del monitoraggio regionale dei corpi idrici sotterranei della Puglia, eseguito sulla rete di monitoraggio denominata "Rete Maggiore" (DGR n.224/2015), progettata ai sensi del D.Lgs.30/2009 quale riattivazione, adeguamento e prosecuzione della pre-esistente rete del "Progetto Tiziano", attuato dal 2007 al 2011. In particolare il dataset di riferimento del presente studio è relativo al periodo che va dal 2015, anno sperimentale di avvio del monitoraggio Maggiore, al 2018, anno di chiusura del primo triennio di monitoraggio del ciclo sennale 2016-2021.

In base ai profili analitici definiti nel programma di monitoraggio regionale, i nitrati vengono monitorati in tutte le stazioni della rete, mentre i pesticidi vengono monitorati esclusivamente nelle stazioni appartenenti alla rete integrativa dedicata. I dati disponibili per l'indicatore dell'inquinamento da nutrienti (indicatore n.1 in Tab. 2) hanno quindi una copertura informativa

Tabella 1. Valutazione della significatività della pressione agricola per i 29 corpi idrici sotterranei pugliesi (elaborazioni svolte con il supporto del Servizio Cartografico di ARPA Puglia)

2.2 Pressioni Diffuse - Agricoltura				
		Indicatore 1 (MBC)		Significatività pressione
Descrizione indicatore		Estensione percentuale delle aree ad uso agricolo dei suoli rispetto all'estensione del GWB		
Soglia di significatività		≥ 60%		SI/NO
CORPO IDRICO SOTTERRANEO		Superficie (km ²)		
1-1-1	Gargano centro-orientale	1309,30	20%	NO
1-1-2	Gargano meridionale	296,09	73%	SI
1-1-3	Gargano settentrionale	355,49	48%	NO
1-2-1	Falda sospesa di Vico Ischitella	8,40	44%	NO
2-1-1	Murgia costiera	1227,13	86%	SI
2-1-2	Alta Murgia	3842,36	85%	SI
2-1-3	Murgia bradanica	1629,37	74%	SI
2-1-4	Murgia tarantina	952,54	78%	SI
2-2-1	Salento costiero	2282,50	87%	SI
2-2-2	Salento centro-settentrionale	563,35	93%	SI
2-2-3	Salento centro-meridionale	1364,28	88%	SI
3-1-1	Salento miocenico centro-orientale	313,16	79%	SI
3-2-1	Salento miocenico centro-meridionale	223,13	94%	SI
4-1-1	Rive del Lago di Lesina	210,46	68%	SI
4-1-2	Tavoliere nord-occidentale	772,94	98%	SI
4-1-3	Tavoliere nord-orientale	275,50	99%	SI
4-1-4	Tavoliere centro-meridionale	1237,53	92%	SI
4-1-5	Tavoliere sud-orientale	498,00	91%	SI
4-2-1	Barletta	58,36	80%	SI
5-1-1	Arco Ionico-tarantino occidentale	468,40	87%	SI
5-2-1	Arco Ionico-tarantino orientale	142,65	80%	SI
6-1-1	Piana brindisina	349,53	87%	SI
7-1-1	Salento leccese settentrionale	123,73	96%	SI
7-2-1	Salento leccese costiero Adriatico	199,90	75%	SI
7-3-1	Salento leccese centrale	130,01	98%	SI
7-4-1	Salento leccese sud-occidentale	117,11	85%	SI
8-1-1	T. Saccione	53,53	81%	SI
9-1-1	F. Fortore	114,72	96%	SI
10-1-1	F. Ofanto	426,83	97%	SI

Tabella 2. Relazione pressioni-impatto-stato per i corpi idrici sotterranei (fonte: Linee Guida SNPA 11/2018)

Tipologia di pressione	Indicatori di stato	Impatti attesi	Indicatori di impatto	Soglie
2.2 Diffuse - Agricoltura	<ul style="list-style-type: none"> • Stato chimico • Conformità delle concentrazioni delle sostanze agli SQA/VS 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inquinamento da nutrienti 2) Inquinamento organico 3) Inquinamento chimico 	<ol style="list-style-type: none"> 1) media annua nitrati 3) concentrazione a media annua somma pesticidi; riscontri positivi per sostanze ritenute correlate alla pressione 	<ol style="list-style-type: none"> 1) >25 mg/L 3) >0; presenza valori >LOQ

più ampia rispetto a quella utile per la stima dell'indicatore di impatto da inquinamento chimico (indicatore n.3 in Tab. 2).

Dall'analisi dei dati di monitoraggio emerge che l'impatto della pressione agricola è significativo per la maggior parte dei corpi idrici sotterranei pugliesi. Non si ha evidenza di impatto per i quattro corpi idrici del complesso idrogeologico del Gargano (Gargano centro-orientale, Gargano meridionale, Gargano settentrionale, Falda di Vico Ischitella) e per un corpo idrico appartenente al complesso idrogeologico delle Murge (Murgia tarantina).

Emerge inoltre che, in quasi tutti i corpi idrici, la significatività dell'impatto della pressione agricola è concorde per entrambi gli indicatori di riferimento. Fanno eccezione il Salento miocenico centro-orientale, dove è significativo solo l'indicatore di inquinamento da nitrati, l'Alta Murgia e Rive del Lago di Lesina, nei quali è significativo solo l'indicatore di inquinamento da pesticidi.

Nel complesso, dallo studio integrato di pressione e impatto emerge che:

- per i tre corpi idrici per i quali la pressione agricola è risultata non significativa (Gargano centro-orientale, Gargano settentrionale, Falda sospesa di Vico Ischitella), gli esiti del monitoraggio confermano l'assenza di impatto;
- per gli altri corpi idrici, per i quali la pressione agricola è risultata significativa, anche l'impatto risulta significativo, tranne che per il Gargano meridionale e per la Murgia tarantina. In questi ultimi casi è possibile che le caratteristiche idrogeologiche del corpo idrico ne determinino una minore vulnerabilità. Si rileva comunque che, in entrambi i casi, nella stima dell'impatto non è valutato l'inquinamento da pesticidi, in quanto la rete ex DGR n.224/2015 non ne prevedeva la determinazione in questi corpi idrici.

Ulteriori approfondimenti potranno essere effettuati con l'acquisizione dei prossimi dati di monitoraggio, che riceveranno gli esiti derivanti dall'appli-

cazione del nuovo programma di monitoraggio dei residui di prodotti fitosanitari approvato con DGR n.1004/2018, e dall'aggiornamento complessivo della rete di monitoraggio regionale approvato con DGR n.2417/2019.

BIBLIOGRAFIA

FIORINZA A., CASOTTI V., CIVANO V., MANCANIELLO D., MARCHESI V., MENICCHETTI S., MERLO F., PIVA F., SPEZZANI P., TANDUO I., UNGARO N., VENTURELLI S., ZORZA R. (2018), *Linee guida per l'analisi delle pressioni ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, ISPRA – Manuali e Linee Guida 177/2018*, Roma.

Attività estrattive nel territorio di Roma: evoluzione storica, normativa ed amministrativa; situazione attuale; prospettive e sviluppi futuri

Mining activities in territory of Rome: historical, regulatory and administrative evolution; current situation; future perspectives and developments

Parole chiave: attività estrattive, cave, recupero ambientale, siti dismessi, pianificazione territoriale e paesaggistico-ambientale, Roma

Key words: mining, quarries, environmental recovery, abandoned sites, territorial and landscape-environmental planning, Rome

L'area della città di Roma e il territorio circostante è stato fin dai tempi storici interessato da intense attività di estrazione, sia in sotterraneo che a cielo aperto (quasi esclusivamente cave, con rarissimi casi di miniere, considerato l'assetto geologico locale e i litotipi affioranti) (*Fig. 1*).

Tali attività sono state, e sono tuttora, finalizzate al reperimento di materiali inerti naturali, utilizzati prevalentemente per la costruzione di edifici e infrastrutture.

Gli impatti provocati sul territorio, e le conseguenti problematiche indotte, riguardano molteplici aspetti: geotecnico-strutturali (cedimenti, crolli, cavità, stabilità di manufatti), geologico-idraulici (stabilità di versanti e frane, erosione superficiale, dissesti del reticolo idrografico), ambientali (consumo di suolo, inquinamento delle acque superficiali e sotterranee).

Dopo una premessa di inquadramento generale sugli aspetti sopra esposti, si procede ad un'analisi dell'evoluzione nel tempo delle attività estrattive

locali pregresse, fino alla fase di intenso sviluppo economico del secondo dopoguerra che, con il notevole incremento dei settori edilizio ed infrastrutturale, ha portato a decenni di intensa attività, per lo più incontrollata, anche a causa di una carenza normativa e pianificatoria perdurata fino alla fine degli anni '70 del secolo scorso.

Successivamente, grazie ad una maggiore sensibilizzazione ed attenzione alla tutela e salvaguardia delle risorse naturali e all'introduzione del concetto di recupero e ripristino dei siti dismessi, l'emanazione di legislazione a livello nazionale e regionale, e la conseguente pianificazione a diversi livelli, ha portato ad una regolamentazione del settore estrattivo (*Fig. 2*).

Si procede quindi ad un'analisi dello stato di fatto delle attività in corso all'interno del territorio di Roma Capitale, mediante un bilancio della quantità di risorsa sfruttata e residua, del numero e dello stato di avanzamento dei siti attivi e dismessi, dei siti recuperati, in fase di recupero e da recuperare.

Infine vengono esaminate le possibilità di utilizzo futuro e di valorizzazione dei siti dismessi e/o recuperati, anche alla luce del quadro normativo-pianificatorio e di eventuali indirizzi e linee guida: per scopi di riduzione di altri impatti ambientali (discariche di rifiuti, ripristino morfologico con terre di scavo provenienti da altri cantieri); per scopi agricoli; per scopi sociali, ricreativi e sportivi (parchi attrezzati, aree natura-



ingressi di cave di tufo e pozzolana

Fosse Ardeatine

ingresso di cava di ghiaia

Figura 1. Evidenze di antiche cave in sotterraneo (da Fabbri et al., 2014)

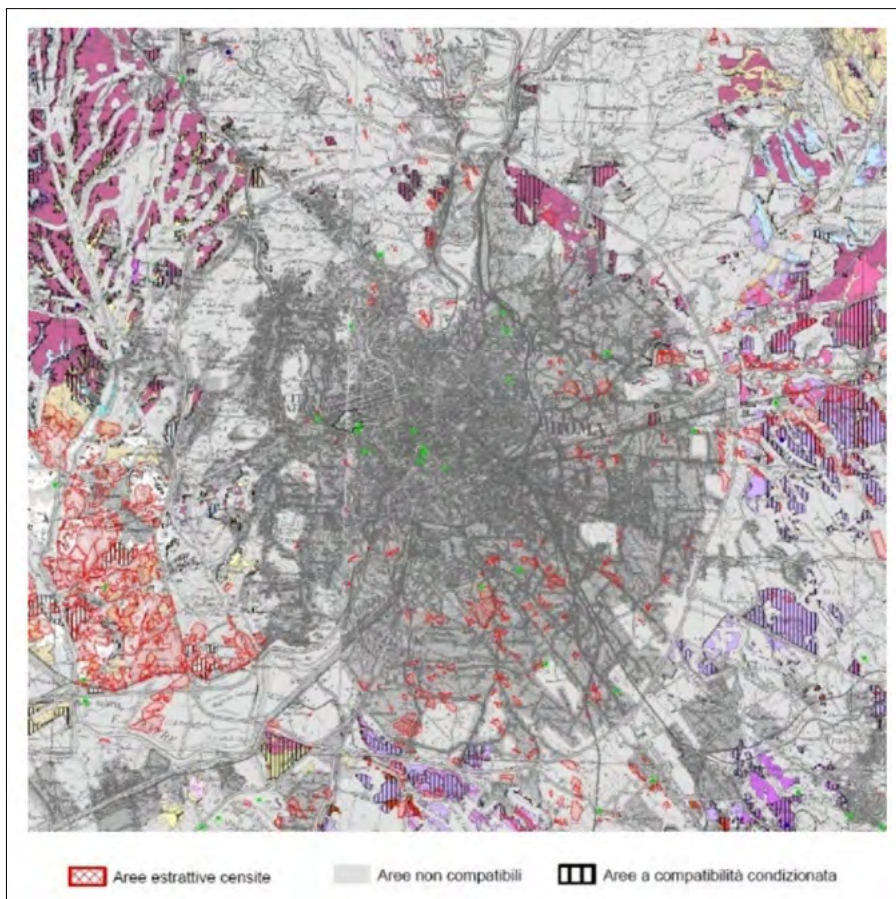


Figura 2. Stralcio di cartografia di pianificazione (da PRAE Regione Lazio, 2011)



Figura 3. Sequenza stratigrafica visibile su un fronte di scavo (foto Di Filippo)

listiche, ecc.); per scopi culturali e didattici (aree-museo, geositi, ecc.) (Fig. 3).

BIBLIOGRAFIA/ SITOGRAFIA

AA.VV. (1986), *Attività estrattiva e difesa del suolo*, Atti convegno, ANIM Associazione Nazionale Ingegneri Minerari, Saint Vincent (AO).

AA.VV. (2001), *Le cave: materiali, ricerca, progettazione e recupero*, Atti convegno, Ordine Geologi Toscana, S. Miniato (PI).

AITEC ASSOCIAZIONE ITALIANA TECNICO ECONOMICA CEMENTO (2012), *Linee*

guida per progettazione, gestione e recupero delle aree estrattive, www.aitecweb.com/Pubblicazioni.

ANDIL ASSOLATERIZI (2005), *Secondo Rapporto Ambientale dell'Industria Italiana dei Laterizi*, www.andil.it/index.php/publicazioni.html.

APAT AGENZIA PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE E PER I SERVIZI TECNICI (2006), *Isiti minerari italiani (1870-2006)*, www.isprambiente.gov.it/files/miniere/isiti-minerari-italiani-1870-2006.

BOCA D., ONETO G. (a cura di) (1989), *Discariche, cave, miniere ed aree "difficili" o inquinate: progetto, gestione e recupero*, Pirola Editore, Milano.

CORRADO S., BOLLATI A., FABBRI M., GIOIA C., ADANTI B., CALCAGNI R., DI FILIPPO C., GROSSI F., TONI M. (2020), *Il Geogarden dell'Università Roma Tre: creazione di un prototipo di giardino geologico del Lazio per la divulgazione delle Scienze Geologiche a Roma*, in *Geologia dell'Ambiente* n. 3, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.

DAL RI R. (a cura di) (1991), *La pianificazione delle attività di cava*, Edizioni Delle Autonomie, Roma.

FABBRI M., LANZINI M., MANCINELLA D., SUCCHIARELLI C. (a cura di) (2014), *I geositi del territorio di Roma Capitale*, supplemento a *Geologia dell'Ambiente* n. 3, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.

FERRANTI N., ANICETI G. (a cura di) (2007), *Attività minerarie della Regione Lazio. Cave nel Lazio, Regione Lazio*, Edizioni Quasar, Roma.

GISOTTI G., ZARLENGA F. (2004), *Geologia*

ambientale. Principi e metodi, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

GISOTTI G., PAZZAGLI G., GARBIN F. (a cura di) (2005), *La IV dimensione. Lo spazio sotterraneo di Roma*, supplemento a *Geologia dell'Ambiente* n. 4, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.

GISOTTI G. (2008), *Le cave. Recupero e pianificazione ambientale*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

GISOTTI G., GENNARO S. (2013), *Attività estrattiva e sviluppo sostenibile*, in *Quarry & Construction* n. 2.

ISPRA ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE (2011), *Recupero e valorizzazione delle miniere dismesse: lo stato dell'arte in Italia*, Quaderni - Ambiente e Società n. 3/2011, www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni/quaderni.

LA VIGNA F., BONFÀ I., COPPOLA A.G., CORAZZA A., DI FILIPPO C., FERRI G., MARTELLI S., ROSA C., SUCCHIARELLI C. (2015), *La città di Roma e le sue falde acquifere: dalle criticità, alle opportunità di resilienza urbana*, in *Acque sotterranee* n. 4, Associazione Acque Sotterranee.

REGIONE LAZIO (1999), *PSAE Piano stralcio delle Attività Estrattive del bacino Rio Galeria - Magliana nel Comune di Roma*, D.C.R. n. 529 del 10/05/1999.

REGIONE LAZIO (2011), *PRAE Piano Regionale delle Attività Estrattive*, D.C.R. n. 7 del 20/04/2011.

ROMA CAPITALE (2012), *Relazione sullo stato dell'ambiente. Suolo e sottosuolo*, Dipartimento Tutela Ambientale - Protezione Civile, www.comune.roma.it/PCR/resources/cms/documents/RSA2011_Suolosottosuolo.

ZANCHINI E., NANNI G. (a cura di) (2021), *Rapporto Cave*, Legambiente.

RIFERIMENTI GEOLOGICO-CARTOGRAFICI

FUNICIELLO R., GIORDANO G., MATTEI M. (2008), *Carta Geologica del Comune di Roma 1:50.000*, S.EL.CA, Firenze.

FUNICIELLO R., PRATURLON A., GIORDANO G. (a cura di) (2008), *La geologia di Roma. Dal centro storico alla periferia*, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, Vol. LXXX.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1967), *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio n. 150 "Roma" e relative Note illustrative*.

VENTRIGLIA U. (2002), *Geologia del territorio del Comune di Roma*, Provincia di Roma, geologico.cittametropolitanaroma.it/publicazioni/ugo-ventriglia/geologia-del-territorio-del-comune-roma.



Petroltecnica®

TERRA THERAPY

Petroltecnica S.p.A. è una primaria società di servizi industriali per l'ambiente. La nostra missione è quella di contribuire alla prevenzione ed alla risoluzione delle problematiche ambientali del suolo e del sottosuolo, offrendo servizi specialistici e integrati con l'impiego di sistemi innovativi e tecnologie "NO MAN ENTRY", in un'ottica di rispondenza assoluta ai principi della sicurezza per l'uomo e della sostenibilità per l'ambiente. Tutti i servizi sono svolti con attenzione e professionalità, conseguenza diretta del senso di responsabilità sociale che è la base comportamentale della società.

Portfolio Servizi:

- Bonifica e diagnostica serbatoi
- Trattamento e gestione rifiuti
- Recupero siti contaminati
- Bonifiche siti industriali
- Decommissioning
- Pronto intervento ambientale
- Trattamento e recupero acque
- Servizi per l'Ingegneria



PETROLTECNICA S.p.A.

sede legale e operativa
via Rovereta, 32
47853 Cerasolo di Coriano (RN)
tel. +39 0541.755810
fax +39 0541.755899

sedi operative
Milano
Ostellato
Cagliari
Gela
Brindisi

info@petroltecnica.it
www.petroltecnica.it

PRONTO INTERVENTO
AMBIENTALE 24/24H

Numero Verde
800 017 292

La società d'ingegneria pH3 Engineering S.r.l.,

nasce a Messina agli inizi del 2006 dalla trasformazione dello Studio Tecnico Associato pH3, grazie all'opera di diversi professionisti operanti nel settore ingegneristico e ambientale, confermando e rafforzando l'obiettivo di perseguire la seguente mission: **fornire il necessario ausilio tecnico - giuridico - commerciale a tutti i soggetti operanti nel territorio nazionale nel settore dell'ambiente, della sicurezza ambientale, del ciclo integrato della raccolta dei rifiuti, allineandosi perfettamente alle esigenze dei suoi clienti in termini di rapporto qualità/prezzo, mantenendo saldi i principi di sostenibilità ambientale oltre a quelli etici di responsabilità sociale. Il know how acquisito dalle singole figure professionali, a partire dalla seconda metà degli anni novanta, unito al forte senso d'appartenenza, alla dedizione, alla flessibilità ed alle capacità tecniche** delle risorse umane che vi sono impiegate, consente infatti di realizzare progetti e un servizio di consulenza globale. La **vision** dei professionisti, fin dall'inizio, è quella di esprimere il proprio intero potenziale tecnico - organizzativo in opere in grado di **soddisfare la domanda degli Enti pubblici e delle Aziende**, per affrontare temi progettuali e compiti di grande impegno legati all'ingegneria dell'ambiente e più in generale al territorio.

SERVIZI GENERALI

- Progettazione, direzione lavori, esecuzione interventi di adeguamento, messa in sicurezza e bonifica anche in emergenza.
- Valutazione dei costi di adeguamento, messa in sicurezza e bonifica
 - Esame dei potenziali scenari e di soluzioni alternative
- Individuazione della miglior tecnologia applicabile (anche in termini economici)
 - Indagini ambientali
 - Modellazione componenti
- Analisi di rischio sanitario e ambientale
- Studi ambientali e paesaggistici

Ambiente

- Rilievo delle sorgenti e dei bersagli di contaminazione
- Monitoraggi (suolo, acque, vapori, strutture)
- Analisi del rischio ambientale
- Verifica delle responsabilità ambientali
- Verifica di conformità con gli obblighi di legge e le autorizzazioni
- Verifica delle modalità di gestione di materie prime (aree e sistemi di stoccaggio), impianti e processi (igiene e assistenza tecnica) a stabilimenti industriali nelle relazioni con le Autorità di controllo e con il personale interno
- Valutazioni dei rischi e verifiche periodiche
- Analisi del ciclo di vita dei prodotti industriali per la minimizzazione dei costi ambientali
- Razionalizzazione dei processi produttivi per la riduzione dei volumi e delle caratteristiche di tossicità di rifiuti, reflui ed emissioni in atmosfera
- Redazione, verifica e attuazione di politiche ambientali aziendali
- Assistenza alla registrazione EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) o alla certificazione ISO 14001
- Corsi di formazione per Eco-manager

Gestione rifiuti

- Predisposizione dei piani di gestione dei rifiuti
- Verifica della conformità delle procedure di gestione, smaltimento e recupero dei rifiuti
- Audit di conformità presso impianti di smaltimento
- Coordinamento delle attività di raccolta e smaltimento dei rifiuti derivanti dall'attività di demolizione (decontaminazione, riutilizzo, ecc.)
- Definizione dei piani di monitoraggio ambientale
- Smaltimento dei rifiuti elettronici

Impianti di trattamento e smaltimento rifiuti

- Localizzazione e caratterizzazione dei siti
- Valutazione dei costi operativi e stime preliminari della capacità di stoccaggio
- Progettazione della messa in sicurezza e della bonifica
- Progettazione dell'ampliamento della chiusura e post.chiusura

Impiantistica

- Realizzazione della documentazione necessaria alla realizzazione di impianti (schemi di processo, schemi meccanici, specifiche apparecchiature), stesura dei documenti costruttivi di dettaglio (dal percorso tubazioni agli assonometrici di montaggio);
- Consulenza ambientale finalizzata al supporto alle aziende per la valutazione e il mantenimento del rispetto delle normative vigenti (audit con o senza campagne analitiche, verifica delle procedure gestionali, stesura di autorizzazioni allo scarico, MUD, Sicurezza sul lavoro ecc);
- Supporto nel rapporto con le autorità per l'ottenimento delle autorizzazioni alle emissioni (aria, acqua, rifiuti ecc.), Studi d'impatto ambientale

Opere civili

- Realizzazione della documentazione necessaria alla realizzazione di opere civili (dimensionamenti, progettazione preliminare, stesura dei disegni costruttivi di dettaglio, dimensionamento armature, ecc);
- Progettazione di Interventi di mitigazione del dissesto idrogeologico
- Assistenza nella gestione della sicurezza in cantiere con la stesura di Piani di Sicurezza e Coordinamento (in fase di progettazione ed esecuzione) e Piani Operativi di Sicurezza

Sicurezza

- Valutazione dei rischi (D.Lgs.626/94)
- Responsabilità del Servizio Prevenzione e Protezione
- Formazione e informazione dei lavoratori, del rappresentante dei lavoratori, del Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione
- Assistenza e supporto ai servizi aziendali interni
- Antinfortunistica e analisi infortuni
- Organizzazione di sistemi ed assistenza
- Rilievi del rumore (D.Lgs.277/91)
- Certificati Prevenzione Incendi
- Piani di emergenza (D.M.10/3/98)



Legale rappresentante della Società

Direzione tecnica generale
 Direzione Finanza e Controllo
 Responsabile qualità progetto



Ing. Salvatore Zaccaro

Direttori tecnici

Direzione tecnica area civile
 Coordinatore attività di campo



Ing. Marco Calogero

Direzione tecnica area ambiente
 Responsabile consulenze ambientali



Ing. Giuseppe Morganti

Consulenti stabili

Staff di progetto
 Segreteria tecnica
 Ufficio gare
 Servizi generali

Responsabile gestione qualità
 Responsabile RSPP



Ing. Anna Tripodi
Ing. Eleonora Viglianisi
Ing. Sara Tascone

Ing. Silvia de Marco
Geom. Giuseppe Feminò
Perit. ind. Fabio Morganti

Geo trekking urbano. Passeggiata tra i geositi della Città Eterna

Eugenio Di Loreto, Marina Fabbri,
Maurizio Lanzini, Carlo Rosa
Sezione Lazio di SIGEA-APS

E-mail: eugeol.dlr@gmail.com

Urban geotrekking. Walk among the geosites of the Eternal City

Parole chiave: Geosito Urbano, Geologia del Centro storico di Roma, Geo trekking
Key words: Urban Geosite; Geology of the historic center of Rome; Geo trekking

La Sezione Lazio della SIGEA, ha iniziato dal 2007 la catalogazione dei geositi dell'area urbana di Roma. Facendo riferimento alla definizione di W.A.P. Wimbledon possiamo considerare i geositi come luoghi di particolare interesse geologico-geomorfologico, compresi in un più ampio contesto geologico di riferimento, rilevanti per la conservazione e la tutela; in tale contesto si è sviluppato il concetto di Geosito Urbano. I Geositi Urbani non debbono avere necessariamente una valenza di qualità paesaggistica e/o di valore scientifico, ma in un ecosistema complesso come quello urbano i geositi così definiti hanno un valore culturale, rappresentando una "memoria storica" di quello che una volta era il paesaggio naturale che merita di essere documentata, comprendendo come la storia e la cultura della città di Roma siano intimamente connesse alla struttura geologica del territorio. Il volume «I geositi del territorio di Roma Capitale», è stato edito dalla SIGEA nel 2014.

In occasione della giornata conclusiva dell'evento per celebrare i 30 anni di vita della SIGEA APS, abbiamo deciso di organizzare una escursione a piedi per far conoscere le caratteristiche geologiche ed alcuni dei più significativi Geositi presenti nel centro storico della città Eterna. Il percorso in 4 tappe ha inizio davanti alla uscita della fermata Metro Colosseo, dove è previsto il raduno dei partecipanti. Da qui si può ammirare il monumento più celebre di Roma

TAPPA 1 - IL COLOSSEO (Maurizio Lanzini)

Il Colosseo o Anfiteatro Flavio fu ultimato nell'80 d.C. dall'imperatore Tito Flavio. Il monumento è fatto di blocchi di scorie saldate del vulcano dei Colli Albani (*sperone*) e di travertino di Tivoli, fissato da supporti metallici, un tempo rivestito da lastre di marmo bianco. Le colonne degli archi della Summa

Cavea sono fatti di marmo dell'isola di Marmara in Turchia e da altri materiali di pregio.

La morfologia dell'area del Centro storico di Roma era inizialmente costituita da un unico pianoro, inciso in seguito dall'erosione dei corsi d'acqua, il Tevere con i suoi affluenti. Le acque hanno scavato il piano originario, dando luogo alle valli che oggi separano i colli. Lo scenario attuale della valle del Colosseo è il risultato degli interventi avvenuti in età imperiale, i cui piani di calpestio sono stati ripristinati con la sistemazione ottocentesca della piazza del Colosseo. L'area del Colosseo in origine era occupata da un laghetto artificiale situato lungo un affluente del Fosso Labicano, creatosi probabilmente per uno sbarramento artificiale. Considerando che le prime tracce insediative di età protostorica, individuate sia nella valle che lungo il tracciato della via diretta al Foro, si attestano su profondità che arrivano fino ai 12 m. al di sotto degli attuali, è facile immaginare quanto dovesse essere diverso il paesaggio in origine. Secondo una ricostruzione recente effettuata sulla base di estese indagini geofisiche, geologiche e geotecniche, i terreni posti subito al di sotto della struttura di fondazione del Colosseo sono di due tipologie differenti: sul lato Nord, un'alternanza di livelli di sabbie limose e di sabbie vulcaniche, sovrastante a un'alternanza di ciottoli e argille limose fluviali, sovrapposte a una formazione di argille marine sovra-consolidate e argille marnose; sul lato Sud, da depositi alluvionali disposti lungo l'antico alveo del Fosso Labicano, costituiti da argille limose associate a sabbie e ghiaie. Sul fondo dell'alveo si rinviene in piccolo spessore di una formazione costituita prevalentemente da ciottoli. Lo spessore della formazione alluvionale è compreso tra 20 e 25 metri. Sul lato Sud-Est, ma solo lateralmente alla fondazione, si rinviene una lente di tufi litoidi che si estende verso Est. Il Colosseo, poggian-

do in parte sulla formazione alluvionale e in parte sulle unità vulcaniche, potrebbe essere stato sottoposto a scuotimenti sismici di più elevata intensità, che hanno provocato danni al monumento in occasione di passati terremoti, infatti il contrasto dell'impedenza sismica tra il bedrock ed i sedimenti non consolidati del Fosso Labicano causarono con il tempo i maggiori danni ed il parziale collasso del muro più esterno del monumento in seguito al sisma di origine appenninica del 1349 d.C. Una conferma diretta del danno prodotto dai terremoti ai monumenti di Roma si ricava dalla testimonianza del Petrarca che si trovava a Roma quando la città fu colpita dal terremoto del 1349, al quale si attribuisce in città una intensità pari all'VIII grado della scala Mercalli Cancani Sieberg (MCS).

Esiste tuttavia, una ipotesi che i danni siano dovuti al progressivo smantellamento del monumento, che non risulta affatto irrealistica. Il Colosseo, caduto in abbandono per lungo tempo, fu infatti usato come fonte di materiali da costruzione, per la costruzione della Basilica di San Pietro e anche per edifici civili come Palazzo Barberini. Il severo danneggiamento dell'Anfiteatro Flavio potrebbe essere quindi dovuto anche alle demolizioni di parti delle sue strutture, protrattasi per molti secoli. Demolizioni che avrebbero probabilmente determinato perdite di continuità strutturale. I terremoti successivi avrebbero poi prodotto i dissesti più gravi.

TAPPA 2 - LA COLLINA VELIA E IL FORO ROMANO (Carlo Rosa)

La Velia, con il Palatino e il Campidoglio, era una delle colline che naturalmente sovrastavano l'area dove sarebbe sorto il Foro Romano, e confinava a Nord con il quartiere delle *Carinae*. La Velia era compresa nell'antichissima lista del *Septimon-*



Luigi Rossini, 1827 – panorama dal campanile di Santa Maria Nova (particolare)

La Collina Velia come era.....

Scheda Geositi n. 22



Media Pars Urbis – 1911- Rilievo planimetrico eseguito dagli allievi della R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri in Roma con la guida dei Pof. U. Barbieri e G. Cassinis. Quote max della collina misurate: 42-43 metri s.l.m.

Figura 1. La Collina Velia come era



Figura 2. Collina Velia. Lavori di sbancamento, 1932

tium e la sua cima superava i 40 metri sul livello del mare (Fig. 1). La collina venne in gran parte sbancata a partire dal 1930 per l'apertura di via dei Fori Imperiali (Fig. 2).

Nonostante oggi siano molti a pensare che il taglio della Velia fu effettuato per rendere la strada rettilinea e quindi adatta alle parate militari e alle celebrazioni del regime fascista, i documenti dell'epoca smentiscono quest'idea. Il progetto originario, infatti, prevedeva un tracciato con una curva a gomito all'altezza della Basilica di Massenzio, per poi allontanarsi da essa e riconnettersi alla viabilità alla base del Colle Oppio; il taglio della Velia non sarebbe stato necessario o sarebbe stato alquanto ridotto.

Fu il governatore di Roma, Francesco Boncompagni Ludovisi, a proporre di rettificare il tracciato, per risparmiare sugli espropri e soprattutto per rendere il Colosseo il traguardo visivo di tutta la strada, cosa che avrebbe accresciuto notevolmente la sua spettacolarità. Antonio Muñoz propose la cosa a Mussolini, che approvò. Nonostante la presenza di numerose strutture murarie pertinenti alla presenza di una ricca domus con affreschi e numerose statue, attualmente conservate nel Museo della Centrale Montemartini, si procedette lo stesso con l'attuazione della variante. I lavori portarono al rinvenimento, poco distante dal Tempio di Venere, di un piccolo altare; furono trovati anche i resti fossili di *Elephas*

antiquus, recentemente in mostra ai Mercati Traianei.

Ci incamminiamo quindi sulla Via dei Fori Imperiali per conoscere l'evoluzione geologica dell'area del Quirinale-Campidoglio-Fori Imperiali, caratterizzata dalla deposizione di colate piroclastiche, collassi tettonici differenziali e catture fluviali. Visibili in un punto nelle vicinanze del Vittoriano i resti della sella morfologica che collegava anticamente il Campidoglio al Quirinale. Percorriamo quindi la salita che porta al Campidoglio e poi proseguiamo verso la successiva tappa.

TAPPA 3 RUPE TARPEA (Marina Fabbri)

La Rupe Tarpea è ubicata sul versante sud-orientale del Campidoglio (lato Via della Consolazione) ha un'altezza media di circa 20 m. Essa fa parte di un più ampio affioramento che borda gran parte del Campidoglio e si estende fino all'interno dell'area del Foro Romano. Alla base dell'affioramento è visibile un deposito grigio, da colata piroclastica a carattere freatomagmatico, a matrice cineritica con scheletro composto prevalentemente da scorie grigie, litici lavici, cristalli di analcime e pirosseni e accretionary lapilli, proveniente dal vulcano dei Colli Albani (unità del Palatino); alla base l'unità mostra tracce di tronchi, strutture di densità e clasti fluviali presi in carico dal flusso piroclastico. Procedendo verso nord, verso l'area del Foro Romano, al di sopra dell'unità del Palatino, e separato da questa da un paleosuolo, è possibile osservare un deposito grigio formato per circa il 90% da matrice cineritica, con scheletro composto da scorie grigie, litici lavici, cristalli di analcime e pirosseno (unità di Casale del Cavaliere). Una evidente superficie di erosione taglia le due unità, modellando una paleotopografia su cui si adagia un altro deposito da colata piroclastica proveniente dal vulcano dei Colli Albani, a matrice cineritica giallorossastra e litoide per zeolitizzazione, in cui sono presenti scorie, pomici, litici lavici e olocristallini a leucite e pirosseno, e cristalli di pirosseno, mica e analcime (formazione di Villa Senni-membro del Tufo Lionato). Al tetto infine si possono osservare depositi ghiaioso-sabbioso-argillosi di ambiente fluvio-palustre.

Lasciamo alle spalle il rilievo della Rupe Tarpea e ci incamminiamo verso la Piana del Campo Marzio, dove si sviluppava una vasta zona paludosa ("Velabro") alla base dei colli Campidoglio,

Palatino e Aventino, poco a ovest della quale, fu costruito l'antico stadio romano Circo Massimo, in una valle a fondo piano, su depositi alluvionali olocenici. Era la cosiddetta "Valle Murcia" o valle del *Velabrum Maius*, affluente di sinistra del Tevere. Costeggiamo la salita vicino alla chiesa di San Nicola in Carcere e arriviamo quindi sul Lungotevere. Fatti pochi metri sulla sinistra attraversiamo il Ponte Fabricio e ci troviamo sull'Isola Tiberina.



Figura 3. Isola Tiberina. Dipinto di Gaspar van Wittel (sec. XVII)

TAPPA - 4 ISOLA TIBERINA (Eugenio Di Loreto)

L'isola Tiberina (conosciuta nel passato anche come *Insula Tiberis*, *Insula Aeusculapi*, *Isola dei due Ponti*) può essere identificata come geosito urbano in quanto è un raro e affascinante esempio di isola fluviale lungo l'asse urbano di un fiume italiano. La sua sagoma ha la singolare forma di imbarcazione, lunga 300 metri, circa e larga, nella sezione più estesa, 80 metri, circa. Nel corso dei millenni la forma dell'isola è stata periodicamente modificata da eventi naturali (le piene e le correnti fluviali) che provocano interrimenti ed erosioni, e da interventi antropici, a partire dalla costruzione del Ponte Cestio e del Ponte Fabricio, che la collegano anche oggi alle due rive del Tevere (Fig. 3).

Secondo un'antica leggenda l'isola si sarebbe formata nell'estate del 509 a.C., dopo la cacciata del Re Tarquinio il Superbo, perché vennero gettate dalla popolazione in quel punto del fiume, i fasci di grano mietuto a Campo Marzio, di proprietà del Sovrano. La conseguenza del graduale processo sedimentario di fango e di detriti fluviali sulle riserve di grano dei Tarquini, in quel punto del letto del Tevere creò l'isola che divenne poi sacra, con la realizzazione di molti templi dedicati a varie divinità, tra cui

il tempio di Esculapio, il Dio greco della medicina. Il Tempio di Esculapio sorse nella parte meridionale dell'isola, nel luogo oggi occupato dalla chiesa di San Bartolomeo. Ai lati del tempio si trovava un portico per l'accoglienza dei pellegrini e soprattutto dei malati. Questi venivano ospitati nel tempio in attesa della guarigione miracolosa da parte di Esculapio. La presenza di una fonte d'acqua ritenuta salutare, favorì nel 1548 la destinazione a luogo

di cura dell'isola, con la costruzione del primo nucleo dell'Ospedale Fatebenefratelli e tutta l'area venne adibita a lazaretto durante la peste del 1656.

Al di là dei miti e delle leggende l'origine dell'isola è probabilmente legata a fenomeni geomorfologici, sedimentari e tettonici. La genesi dell'Isola Tiberina in questa posizione è spiegata dalla presenza di una linea di debolezza tettonica nella confluenza ad angolo piatto e controcorrente del *Velabrum*, che ostacolando il trasporto solido del Tevere, favorì la genesi di una barra fluviale per perdita di competenza dei sedimenti del fiume, dovuta alla brusca diminuzione di velocità. Nel tempo l'accrescimento della barra ha generato l'isola: i sondaggi geognostici sull'Isola Tiberina confermano la costituzione dell'isola di sedimenti fluviali, nello specifico sabbie, ghiaie, sabbie argillose ed argille. Il valore del geosito è accresciuto dall'importante ruolo che l'Isola Tiberina ha svolto negli aspetti storici ed archeologici che descrivono la storia di Roma attraverso i secoli. L'isola, come tante altre parti della città fu interessata nei secoli da grandi inondazioni, molte delle quali hanno recato danni a diversi monumenti dell'Urbe, come nel caso del Ponte Rotto, durante la piena del 1598. A testimonianza di questi eventi su diversi edifici della città si ritrovano lapidi

in marmo sulle quali venivano riportati i livelli raggiunti dalle acque durante le piene, la data dell'evento ed una sua descrizione. All'isola Tiberina troviamo le lapidi dell'alluvione del 1870 all'interno del cortile della Chiesa di San Bartolomeo all'Isola e la lapide della piena del 1937 (Fig. 4) all'ingresso del pronto soccorso dell'Ospedale Fate bene Fratelli.

Passeggiando lungo gli argini intorno all'Isola Tiberina, possiamo notare la pavimentazione realizzata in blocchi di travertino. Nella prima metà del I secolo a.C. tutti i lati dell'Isola furono rivestiti con blocchi di travertino, modificandone l'aspetto a forma di una nave. Alcune parti della sagoma della nave sono ancora osservabili, al di sotto delle costruzioni dell'isola. Il travertino (conosciuto anche con il nome latino di *lapis tiburtinus*, per la sua origine nella zona di Tivoli) è una roccia sedimentaria calcarea ed è stata ampiamente usata fin dall'antichità come materiale da costruzione e come pietra da rivestimento per la sua alta resistenza meccanica, la facile lavorabilità e la resistenza agli agenti atmosferici. Se osserviamo attentamente la pavimentazione in travertino può capitare di notare particolari concrezioni sferiche note come ooliti e pisoliti, che si formano per accrescimento attorno ad un nucleo solido, (un granello di sabbia, un frammento vegetale o un guscio concentrico di accrescimento), in ambienti di acqua dolce in movimento.

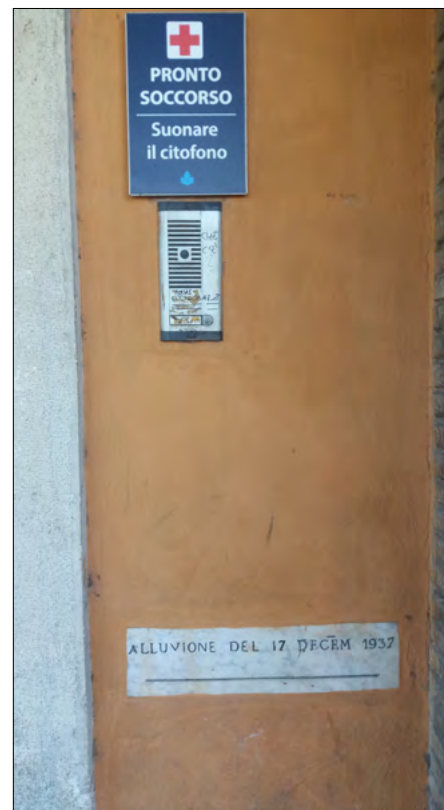


Figura 4. Lapide dell'alluvione del 1937 nel pronto soccorso dell'ospedale nell'Isola Tiberina

Approccio multidisciplinare per lo studio dei vini Taurasi DOCG in Irpinia. Uno studio pilota per la identificazione delle proprietà antiossidanti del vino Taurasi come prevenzione delle malattie cardiache

Multidisciplinary approach for the study of Taurasi DOCG wines in Irpinia. A pilot study for the identification of the antioxidant properties of Taurasi wine as a prevention of heart disease

Parole chiave: intelligenza artificiale, malattie cardiache, antiossidanti
Key words: artificial intelligence, hearts disease, antioxidant wine properties

Questo studio multidisciplinare sui vini Taurasi DOCG coltivati in Irpinia, vede coinvolte le competenze di informatici, ingegneri, biologi e geologi per l'individuazione di sostanze antiossidanti come misura preventiva delle malattie cardiache attraverso metodologie di Intelligenza Artificiale, più specificatamente tecniche di Machine Learning.

Da un lato verranno esaminate le caratteristiche geologiche dei territori esaminati, intese come geomorfologia litologia e idrologia, dall'altro le caratteristiche biologiche degli antiossidanti individuati. In particolare, proponiamo lo studio dell'Aglianico, vitigno autoctono diffuso in tutto il sud Italia e, nello specifico, il biotipo Taurasi, in cui l'antiossidante *resveratrolo* si esprime con interessanti concentrazioni.

La Denominazione di Origine Controllata e Garantita "Taurasi" (DOCG) comprende l'intero territorio amministrativo dei comuni di Taurasi, Bonito, Castelfranci, Castelvetero sul Calore, Fontanarosa, Lapio, Luogosano, Mirabella Eclano, Montefalcione, Montemarano, Montemiletto, Paternopoli, Pietradefusi, Sant'Angelo all'Esca, San Mango sul Calore, Torre le Nocelle e Venticano, tutti in provincia di Avellino (Fig. 1). Queste ed altre peculiarità hanno permesso al Taurasi di diventare la prima DOCG

(denominazione di origine controllata e garantita) del Sud Italia fin dal 1993.

Nello specifico la zona oggetto di studio comprende le realtà territoriali collinari di Luogosano e S. Angelo all'Esca (Fig. 2) caratterizzate da affioramenti della litofacies conglomeratica-sabbiosa denominata RVM_b (Pliocene inf-sup),

dalla litofacies PNV, ovvero depositi piroclastici da caduta, in giacitura primaria conformi alla superficie topografica preesistente (Olocene) e da una coltre eluvio-colloviale (b₂) (Foglio Geol. 449-Avellino in scala 1:50.000)

Dal punto di vista biologico il resveratrolo è un antiossidante naturale

Daniela Evangelista

Istituto di Scienze dell'Alimentazione, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Avellino

Milena Pepe

Tenuta Cavalier Pepe, Luogosano (AV)

Sebastiano Matarazzo

Tenuta Cavalier Pepe, Luogosano (AV)

Giovanni Paragliola

Istituto di Calcolo e reti ad Alte Prestazioni, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Napoli

Sabina Porfido

Istituto di Scienze dell'Alimentazione, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Avellino, Italia

E-mail: daniela.evangelista@isa.cnr.it

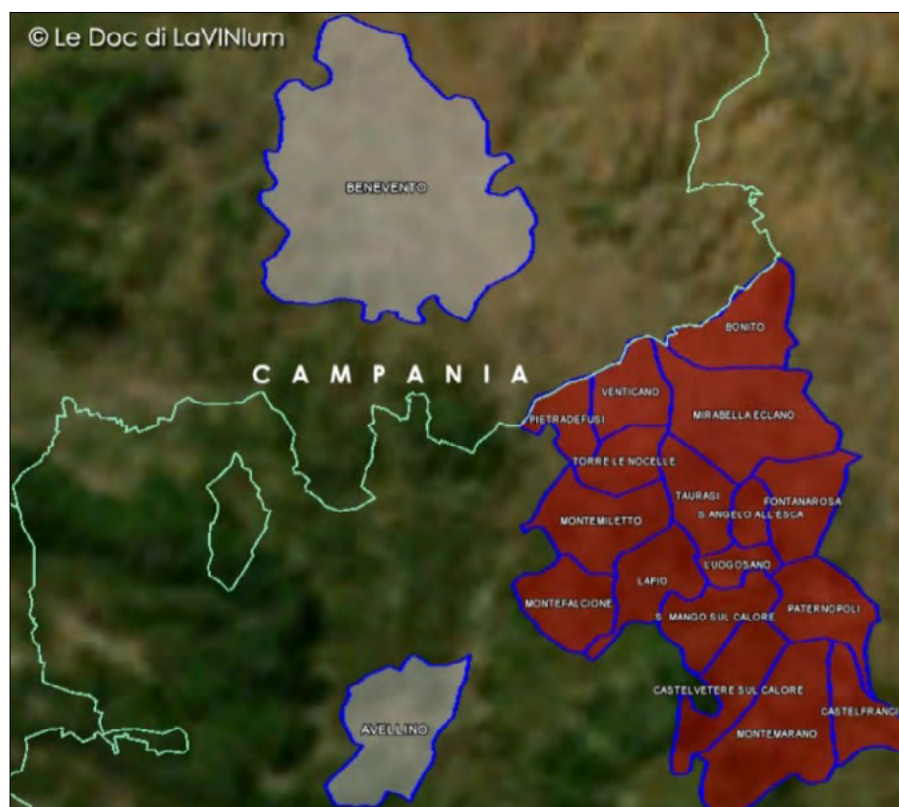


Fig.1- Ubicazione delle località con la Denominazione di Origine Controllata e Garantita "Taurasi" (DOCG) (sito web Le Doc di LaVINIum)

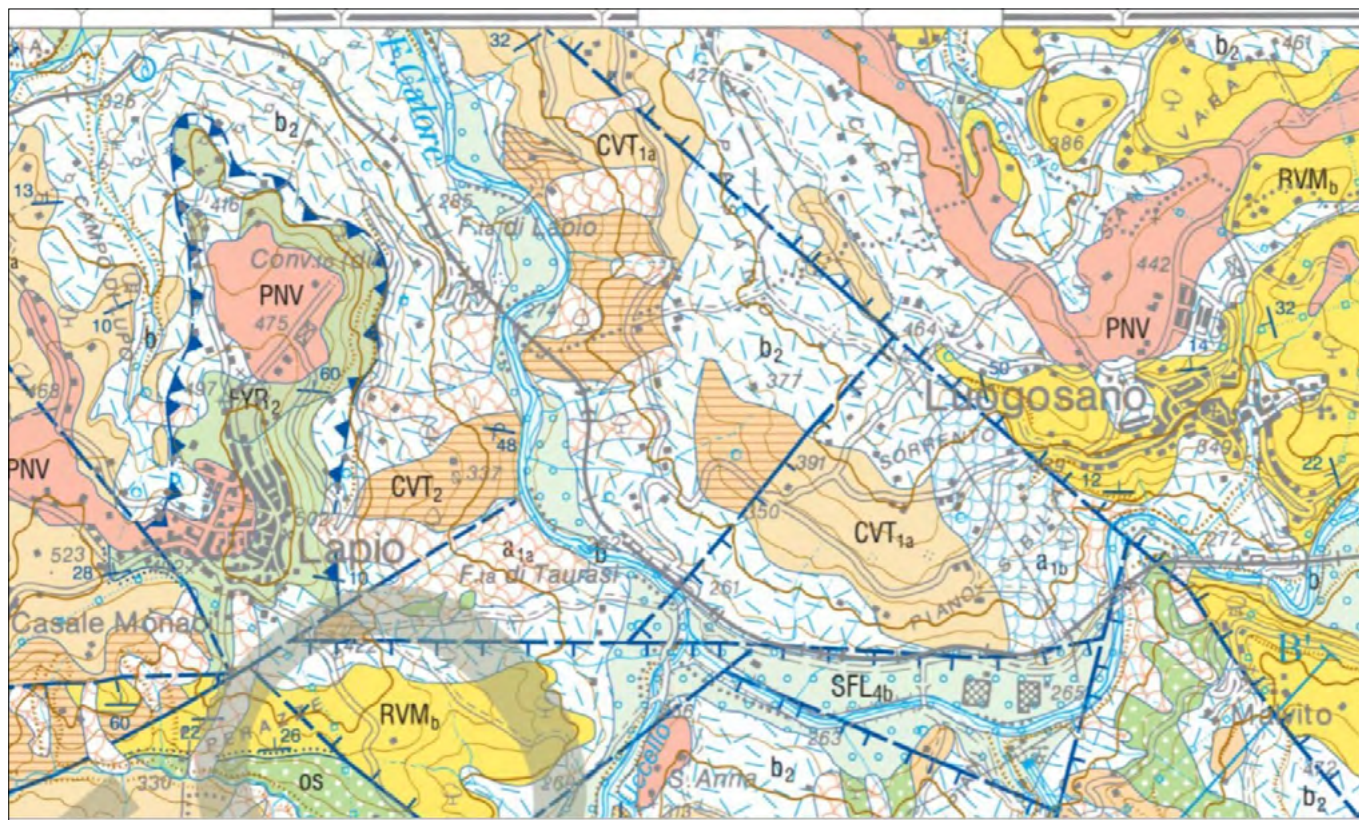


Fig. 2 Geologia dell'area di Luogosano e S. Angelo all'Esca (Modificato da Foglio Geol. 449-Avellino in scala 1:50.000)

ampiamente utilizzato nella dieta mediterranea sotto forma di uva e vino (Bhat *et al.*, 2001; Aziz *et al.*, 2003). Sono numerosi i comprovati effetti benefici attribuibili a questo fenolo, sia dal punto di vista antitumorale, sia da quello antinfiammatorio e cardiovascolare. Infatti, sin dalla sua identificazione, sono stati condotti numerosi studi che hanno cercato di evidenziare l'efficacia di questa sostanza sulla salute umana. Studi di letteratura hanno dimostrato che il resveratrolo si trova con una concentrazione maggiore principalmente nei vini rossi che, rispetto ai bianchi, sono sottoposti ad una tecnica di vinificazione che prevede la macerazione sulle bucce con conseguente estrazione della sostanza (Ming-liang, *et al.*, 2016) mentre è assente, o presente in concentrazioni molto limitate, nella polpa.

Alla luce di quanto esposto, lo studio prevede:

1. analizzare la concentrazione di resveratrolo presente nel vino Taurasi vendemmiato nei terreni dell'alta Irpinia a vigneto;
2. costruire un algoritmo di Machine Learning in grado di identificare l'andamento della concentrazione di resveratrolo durante gli anni di invecchiamento;
3. confrontare la concentrazione di resveratrolo presente nelle uve stoccate in serbatoi diversi, quali: acciaio, cemento, legno;

4. effettuare un confronto della presenza di resveratrolo tra uve e vino aglianico di Taurasi e quello di varietà internazionali come il Merlot, coltivato nella stessa area geografica.

BIBLIOGRAFIA

- BHAT, K.P.L., KOSMEDER, J. W. & PEZZUTO, J. M. (2001), *Biological effects of resveratrol*. *Antioxid. Redox Signal* 3:1041-1064.
- AZIZ, M. H., KUMAR, R. & AHMAD, N. (2003), *Cancer chemoprevention by resveratrol: in vitro and in vivo studies and the underlying mechanisms*. *Int. J. Oncol.* 23:17-28.
- CHUNG M.I. (1992), *An antiplatelet principle of Veratrum formosanum*. *Pianta Med*, 58: 274-276.
- KIMURA Y (1985), Effects of stilbene on arachidonate metabolism in leukocytes. *Biochim. Biophys. Acta*, 834: 275-278.
- PACE-ASCIAC C.R. (1995), *The red wine phenolics trans resveratrol and quercetin block human platelet aggregation and eicosanoids synthesis: implication for protection against coronary heart disease*. *Clin. Chim. Acta*, 235: 207-219.
- BERTELLI E. (1995), *Antiplatelet activity of synthetic and natural resveratrol in red wine*. *Int. J. Tissue React.*, 17: 1-3.
- KIMURA Y (1983), *Effects of stilbene components of roots of Polygonum ssp on liver injury in peroxidized oil feci rats*. *Pianta Med*, 49:51-54.
- FRANKEL E.N. (1993). *Inhibition of human LDL oxidation by resveratrol*. *Lancet*: 341, 1 103-1 104.
- MING-LIANG, C., LONG, YI. *et al.* (2016), *Long YiResveratrol Attenuates Trimethy-*

lamine-N-Oxide (TMAO)-Induced Atherosclerosis by Regulating TMAO Synthesis and Bile Acid Metabolism via Remodeling of the Gut Microbiota, *ASM Journals, mBio*, Vol. 7, No. 2

MATTIVI E, RENIERO F., KORHAMMER S. (1995), *Isolation, characterization and evolution in red wine vinification of resveratrol monomers*. *J. Agric. Food Chem.*, 43:1820-1823.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, Foglio 449 Avellino alla scala 1:50.000.

I geositi del territorio di Roma Capitale: l'aggiornamento del primo volume

Marina Fabbri
Sezione Lazio di SIGEA-APS
E-mail: marina.fabbri@alice.it

Maurizio Lanzini
Sezione Lazio di SIGEA-APS
E-mail: lanzini@aconet.it

The geosites of the territory of Roma Capital city: the first volume's upgrade

Parole chiave: Geositi, Roma Capitale, Secondo volume
Key words: Geosites, Roma Capital city, Second volume

Nel 2014 usciva il volume “I geositi del territorio di Roma Capitale”, supplemento al n. 3/2014 di *Geologia dell'Ambiente*, periodico della SIGEA APS, che conteneva 91 schede descrittive di geositi rappresentativi di quasi tutte le unità litostatigrafiche presenti nel territorio comunale, che testimoniano l'intima correlazione che esiste fra le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche e l'evoluzione storico-archeologica della città. I geositi censiti sono stati frutto nel complesso di rilevamenti o elaborazioni originali, e laddove rappresentativi di affioramenti già descritti in altre pubblicazioni, o già catalogati come tali in altre banche dati, ne è stata citata la fonte.

Attualmente il volume è scaricabile in formato pdf dall'homepage del sito SIGEA APS (https://www.sigeaweb.it/documenti/geositi_roma.pdf).

Fin da subito dopo la pubblicazione del volume, la SIGEA-Sezione Lazio ha deciso di aggiornare il censimento, iniziando a raccogliere le segnalazioni da parte di chiunque abbia voluto dare il proprio contributo a questo progetto.

Il secondo volume è molto vicino alla sua pubblicazione e ad oggi sono stati raccolti 53 geositi, che andranno ad arricchire quanto già documentato.

I geositi contenuti nel nuovo volume saranno catalogati proseguendo la numerazione dei geositi del volume uno e pertanto con schede a partire dal n. 92, ed indicati nello stralcio della carta geologica dei vari municipi, insieme a quelli del precedente volume, ovviamente con una colorazione differente.

Verrà ovviamente aggiornata l'analisi statistica dei geositi, aggiungendo i nuovi, che saranno comunque evidenziati anche in questo caso con una colorazione differente a quelli del volume precedente.

In questo secondo volume alcuni capitoli significativi, quali la definizione dei geositi urbani, la loro classificazione, ecc. non sono stati ripetuti o sono stati solo riassunti, rimandando pertanto per approfondimenti al primo volume.

Nel nuovo volume inoltre la descrizione dei vari municipi è stata arricchita con ulteriori informazioni e dati circa le caratteristiche urbanistiche e storiche dei municipi stessi, con l'aggiunta di alcuni elementi relativi alla geologia, geomorfologia e ai rischi idrogeologici presenti.

Sono state infine riportate le modifiche morfologiche, o antropiche, che alcuni dei geositi presenti nel precedente volume hanno subito nel tempo.



Via Bulgarini 125, 00019 Tivoli (Roma)

+39 340 5236660

info@fralerighe.it

www.fralerighe.it

FRALERIGHE BOOK FARM

EDITORIA | WEB | MULTIMEDIA

Fralerighe Book Farm è un service editoriale che mette competenza e professionalità al servizio di chi pubblica e scrive. Per gli editori e per gli autori, **Fralerighe Book Farm** è specializzato nella cura redazionale dei testi, con l'obiettivo di mettere la tecnologia a disposizione del libro, seguendo tutta la filiera di lavorazione testuale e grafica della stampa e del digitale sfruttando al meglio le potenzialità di ciascun supporto, dall'editing all'impaginazione, senza tralasciare la correzione di bozze e la traduzione.

La **redazione** e l'**ufficio grafico** offrono i seguenti servizi sia per volumi sia per riviste:



Progettazione e impaginazione di libri, riviste, cataloghi di qualsiasi formato e tipologia. Servizi per le case editrici, definizione linea editoriale, estensioni multimediali di libri cartacei, ideazione e impostazione grafica, redazione dei contenuti



Realizzazione ebook professionali pronti per essere pubblicati, acquistati e letti



Web design, sviluppo siti internet, portali, blog, e-commerce



Creazione di logo/branding, corporate identity, restyling di loghi e siti internet, creazione di layout landing page



Soluzioni web, consulenza tecnica, gestione dominio



Creazione e gestione di newsletter



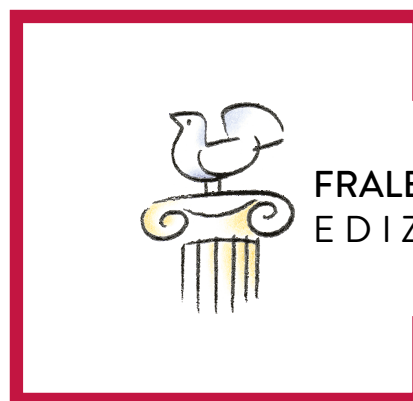
Ideazione e realizzazione di campagne promozionali, email marketing, banner, brochure, flyers, spot pubblicitari



Comunicazione digitale e Social Media Strategy per la creazione, la crescita e la cura della community e del pubblico di riferimento dell'azienda



Servizi SEO, posizionamento nei motori di ricerca



FRALERIGHE
EDIZIONI

“LA MACCHINA TECNOLOGICAMENTE PIÙ EFFICIENTE CHE L'UOMO ABBA MAI INVENTATO È IL LIBRO”
[NORTHROP FRYE]

Fralerighe Edizioni è una casa editrice indipendente, interculturale e sociale che vuole essere laboratorio di incontri e di sperimentazione per contribuire alla costruzione di una società plurale equa e positiva. Nasce valorizzando le nuove forme di pubblicazione tra la carta e il digitale, dal libro tradizionale a quello formativo denominato mediabook. La linea editoriale è caratterizzata da argomenti di rilevanza sociale attraverso le collane dedicate:

- Fralerighe eBook
- GiraMondo
- LabCult
- Luoghi Tradizioni Relazioni
- MeltingPot
- Poesia
- Narrativa
- Teatro
- Guide Geologiche d'Italia

Il Lago di Bracciano come infrastruttura naturale (Lazio, Italia)

Lake Bracciano as natural infrastructure (Lazio, Italy)

Luca Maria Falconi^{(1)*}, Alessandro Mecali⁽²⁾, Fabio Musmeci⁽¹⁾, Marco Proposito⁽¹⁾, Sara Taviani⁽²⁾

⁽¹⁾ ENEA - Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Centro Ricerche Casaccia, Roma, Italia
⁽²⁾ Idrogeologo libero professionista, Roma, Italia

*E-mail: luca.falconi@enea.it

Parole chiave: Infrastruttura naturale, monitoraggio, SSD, Lago di Bracciano
 Key words: natural infrastructure, monitoring, DSS, Lake Bracciano

I laghi, in particolare quelli naturali, svolgono un duplice ruolo, legato sia agli habitat che ospitano, sia alle diverse attività di tipo antropico che si compiono nel territorio circostante. Oltre a favorire la biodiversità, i laghi rappresentano spazi ricreativi e di promozione del benessere, contribuiscono alla mitigazione del rischio idraulico e degli eventi climatici estremi, partecipano al ristabilimento della qualità delle matrici ambientali e costituiscono una risorsa indispensabile per diversi tipi di attività produttive. Un sistema lacustre assume, pertanto, le caratteristiche tipiche di un'infrastruttura naturale, verde-blu, in grado di fornire un'ampia gamma di servizi ecosistemici, in contesti sia rurali, sia urbani (EU EC, 2013). La gestione sostenibile delle risorse idriche legate ai bacini lacustri rappresenta, pertanto, una misura indispensabile e una sfida sia per le amministrazioni locali e centrali dello Stato, sia per le imprese legate alle diverse attività sul territorio, come l'approvvigionamento idrico, la produzione di energia idroelettrica, l'agricoltura, la pesca o il turismo.

Il lago di Bracciano, inserito dal 1999 all'interno del Parco Regionale di Bracciano e Martignano (PBM), costituisce un esempio paradigmatico per le opportunità che offre e per le criticità che lo caratterizzano.

Il lago di Bracciano rappresenta la manifestazione superficiale dell'Unità Idrogeologica Sabatina (Mazza *et al.*, 2015), di cui costituisce il piezometro naturale. Lo sfruttamento di questa risorsa idrica risale all'epoca romana; dal 1990 le acque del lago vengono captate dal Nuovo Acquedotto di Bracciano, a servizio della capitale. Sebbene il bacino lacustre rivesta un ruolo strategico a livello locale e regionale, la disponibilità della sua risorsa idrica già adesso si confronta con la crescente pressione antropica e con gli effetti drammatici dei cambiamenti climatici in atto. Negli ultimi anni, infatti, il livello del lago di Bracciano ha subito una notevole oscillazione: da un massimo nell'aprile 2015 (+163,12 m s.l.m.) si è giunti al livello minimo mai registrato negli ultimi secoli (+161,06 m s.l.m. nel novembre 2017), con un abbassamento di oltre due metri in tre anni (2015-2017) e di 80 cm nel solo 2017 (Baccetti *et al.*, 2017). I due picchi, positivo e negativo, si sono susseguiti con una variazione di ampiezza e velocità mai registrata nel recente passato, inducendo entrambi condizioni di criticità significative nel territorio sabatino.

I più recenti studi sugli scenari climatici attesi nel prossimo futuro per l'area mediterranea suggeriscono di non sottovalutare l'ipotesi di un aumento sia

della frequenza di episodi siccitosi severi, sia della persistenza di tali eventi, con anomalie di precipitazione negative anche per più anni consecutivi (MedECC, 2020). Le dinamiche climatiche di breve e medio termine costituiscono i driver principali del ciclo idrologico dei sistemi lacustri, e la prospettiva potenziale è una repentina variazione delle caratteristiche dei relativi habitat tale da ridurre ulteriormente biodiversità e qualità ecologica e, conseguentemente, anche la capacità di fornire servizi ecosistemici (Woolway *et al.*, 2022).

Al pari di una qualsiasi infrastruttura antropica (es. un ponte, una ferrovia, ecc.), la gestione di una infrastruttura naturale richiede necessariamente la conoscenza delle caratteristiche strutturali, l'osservazione delle sue trasformazioni, la predisposizione di un quadro previsionale e l'esecuzione di interventi di manutenzione per fronteggiare le criticità che emergono nel tempo.

Nello specifico di un bacino lacustre, sono elementi indispensabili la conoscenza della struttura del sistema lago-acquifero e il monitoraggio degli indicatori chimico-fisici e bio-ecologici che lo caratterizzano. Sulla base conoscitiva, costantemente aggiornata, si sviluppano gli strumenti analitici utili ad interpretare le dinamiche del sistema e a produrre scenari previsionali in base a

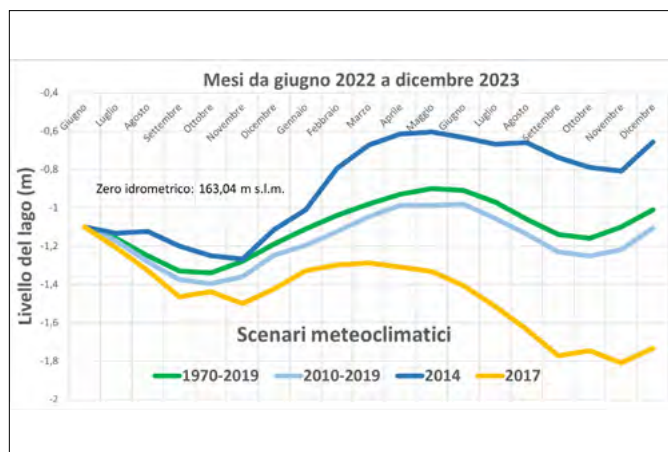
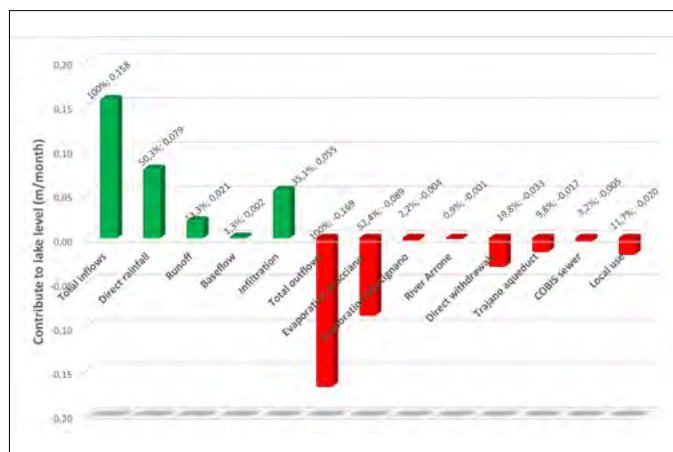


Figura 1. Fattori del bilancio idrologico del lago (sinistra) ed escursioni del livello del lago previste da quattro scenari meteorologici (destra)

mutate condizioni climatiche e politiche di utilizzo della risorsa. In presenza di un quadro analitico di questo genere, le necessarie misure di mitigazione delle criticità avranno il carattere di razionalità adeguato e potranno, auspicabilmente, essere comprese e sostenute dalla cittadinanza.

Nel corso degli ultimi decenni, le caratteristiche del lago di Bracciano sono state oggetto di diversi studi relativamente agli aspetti idrogeologici ed ecosistemici. Più recentemente, ENEA ha sviluppato un modello prototipale di bilancio idrologico del lago di Bracciano, applicando l'approccio della Dinamica dei Sistemi per rispondere a due domande specifiche (Figura 1):

- quali sono i fattori che influiscono sulle escursioni del livello del lago e in che rapporto sono fra loro?
- quale livello del lago è possibile attendersi in un prossimo futuro a fronte di potenziali scenari meteorologici e determinate politiche di approvvigionamento idrico?

La rete di stazioni meteorologiche della Regione Lazio e dell'Aeronautica Militare forniscono serie temporali continue di dati meteorologici. Il livello idrometrico del lago è monitorato da più di uno strumento (stazioni di Castello Vici, Vigna di Valle e Bracciano), anche se i dati non sono completamente omogenei e sempre disponibili. Relativamente agli approvvigionamenti idrici, componente fondamentale nel bilancio lacustre, solo recentemente è stato installato un misuratore di portata della captazione di ACEA presso "La Marmotta" in grado di fornire al pubblico e in continuo il dato delle portate emunte. Da qualche anno, una collaborazione tra PBM ed ENEA ha permesso di installare una stazione idrometeorologica anche nel lago di Martignano, che sta fornendo informazioni preziose sulle oscillazioni del livello di questo lago minore.

L'intenzione è di incrementare ulteriormente la rete di monitoraggio della struttura sabatina, con l'installazione di alcuni misuratori di livello piezometrico in pozzi circostanti il lago per il monitoraggio delle oscillazioni della falda, l'installazione di sensori per la misura dell'umidità del suolo e della portata in uno o più fossi affluenti al lago. I dati che ne deriveranno contribuiranno allo sviluppo di strumenti analitici, come un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) a disposizione della cittadinanza, delle Amministrazioni Locali e delle

imprese nelle scelte volte alla gestione sostenibile della risorsa idrica locale.

Ma per valutare al meglio anche l'impatto delle oscillazioni sulla qualità dell'acqua del lago o sulla disponibilità della risorsa idrica sotterranea, è necessario che amministrazioni locali e centrali dello Stato e mondo accademico si impegnino ad approfondire il quadro delle conoscenze a partire dai dati di tutte le captazioni (captazioni dirette dal lago ed emungimenti dai pozzi degli acquedotti locali), oltre a quelle operate da ACEA, che permetterebbero di circostanziare meglio il fabbisogno idrico locale. Diviene indispensabile, inoltre, avere a disposizione una carta batimetrica di dettaglio della porzione costiera del lago che permetta di valutare puntualmente le ripercussioni delle oscillazioni sugli habitat costieri, che svolgono le funzioni di nursery per le specie ittiche e di azione-filtro per la depurazione dell'acqua.

Come i ponti costituiscono un'infrastruttura strategica e indispensabile per la nostra comunità ma che se mal gestiti comportano i rischi che abbiamo conosciuto recentemente, analogamente è necessario guardare con maggiore attenzione e lungimiranza alle infrastrutture naturali come il lago di Bracciano. Un passo fondamentale, in questo percorso, è consistito nell'avvio del Tavolo di Lago di Bracciano che costituisce uno spazio in cui promuovere un approccio integrato alla gestione del territorio.

BIBLIOGRAFIA

- BACCETTI N, BELLUCCI V, BERNABEI S, BIANCO P, BRACA G, BUSSETTINI M, CASCONI C, CICCARESE L, D'ANTONI S, GRIGNETTI A, LASTORIA B, MANDRONE S, MARIANI S, SILLI V, VENTURELLI S (2017), *Analisi e valutazione dello stato ambientale del Lago di Bracciano riferito all'estate 2017*. Rapporto ISPRA, 18 ottobre 2017, 56 p
- EU EC (2013), *Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in EU*. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al CESE e al Comitato delle Regioni; COM(2013) 249 final
- MAZZA R, TAVIANI S, CAPELLI G, DE BENEDETTI A, GIORDANO G (2015), *Quantitative hydrogeology of volcanic lakes: examples from the central Italy volcanic lake district*. In: ROUWET D, CHRISTENSON B, TASSI F, VANDEMEULEBROUCK J (eds) *Volcanic lakes*. Springer, Berlin, pp 355–377
- MedECC (2020), *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future*. First Mediterranean Assessment Report [Cramer W, Guiot J, Marini K (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France,

632pp. ISBN 978-2-9577416-0-1. DOI 10.5281/zenodo.4768833

WOOLWAY R I, SHARMA S, SMOL J P (2022), *Lakes in Hot Water: The Impacts of a Changing Climate on Aquatic Ecosystems*. *BioScience*, biac052, <https://doi.org/10.1093/biosci/biac052>

Potenzialità geologica della costa ortonese (CH) connesse alla tutela del paesaggio e delle aree protette

Angela Faraone
Libero professionista
Email: zara72@yahoo.it

Geological potential of the Ortonese coast (CH) related to the protection of the landscape and protected areas

Parole chiave: costa ortonese, tutela del paesaggio, aree protette
Key words: Ortonese coast, protection of landscape, protected areas

Nel 2007 con la L.R. n. 5 sono state istituite due Riserve Naturali interamente ricadenti sul Comune di Ortona (CH), per una superficie complessiva di 28 ettari, in particolare, vengono individuate le scogliere di Ortona tra Torre Mucchia - Punta Lunga con lo spazio di mare antistante e le scogliere dell'Acquabella con la foce del fiume Moro, immaginando nell'intera fascia la conservazione delle caratteristiche bio-

climatiche dell'habitat e le condizioni idrobiologiche del mare idonee alla vita della fauna ittica.

Le due riserve naturali Riserva Ripari di Giobbe e Riserva Punta dell'Acquabella sono poste rispettivamente a Nord-Est ed a Sud-Est dal porto di Ortona, dal punto di vista urbanistico le due zone presentano una bassa concentrazione di edifici, per lo più piccoli e isolati tra loro, con un basso numero di residenti. Il basso livello di antropizza-

zione permette di visitare l'area godendo principalmente dell'aspetto naturalistico delle falesie. Una costa alta, a 75 metri sul livello del mare, costituita da una stretta fascia di vegetazione, ampia fino a circa duecento metri dal mare, in corrispondenza della sommità di Punta Acquabella, dove è possibile osservare l'evoluzione geomorfologica dell'imponente falesia. Mentre nella Riserva dei Ripari di Giobbe oltre alla fascia costiera viene preservata anche una fascia a ma-



(wikipedia.org/wiki/Rete_ferroviaria_dell'Abruzzo foto Giorgio Stagni 12-11-2005)

re antistante la costa. Le riserve devono la loro conservazione alla presenza del tratto ferroviario realizzato sin dall'aprile 1864, anno in cui fu inaugurata la tratta tra Ortona e Foggia, funzionante fino al 2005 anno in cui fu dismessa, sia per la difficile accessibilità e per la notevole instabilità dei versanti più ripidi.

L'anatomia della facies e l'organizzazione stratigrafica su larga scala de-

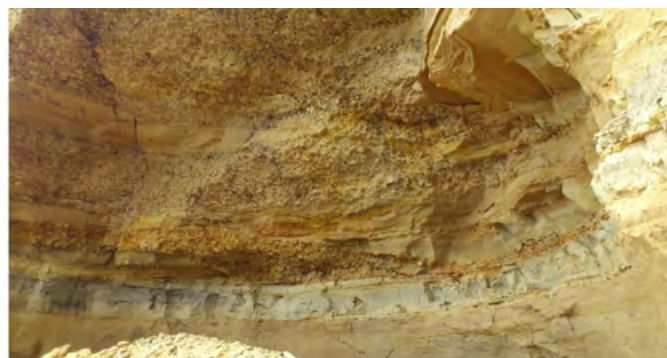


Foto Torre Mucchia- RRG

gli strati del medio Pleistocene (unità Qm2 porzione della formazione nota come FMT - Formazione di Mutignano) presenti nel territorio del comune di Ortona ed in particolare ben visibili nelle falesie delle due Riserve, sono stati studiati e definiti attraverso un set di da-

ti integrato da dati in affioramento e dati del sottosuolo (ISPRA), in uno studio fatto dall'Università di Camerino da Di Celma, Ragaini e Caffau, nel 2016. (Di Celma *et al.* (2016) - (Chiocchini *et al.* (1994) - ISPRA (2015). Le falesie delle due riserve sono caratterizzate da diver-

se forme di instabilità, (D'Alessandro *et al.*, 2003a) studiate da diversi autori sia dal punto di vista sedimentologico e geomorfologico. Le zone soggette a crolli sono ben visibili, ed in particolare si evidenziano delle fratture premonitrici di futuri crolli.



RPA_ Località San Donato frana



RRG_ Località Ripari di Giobbe

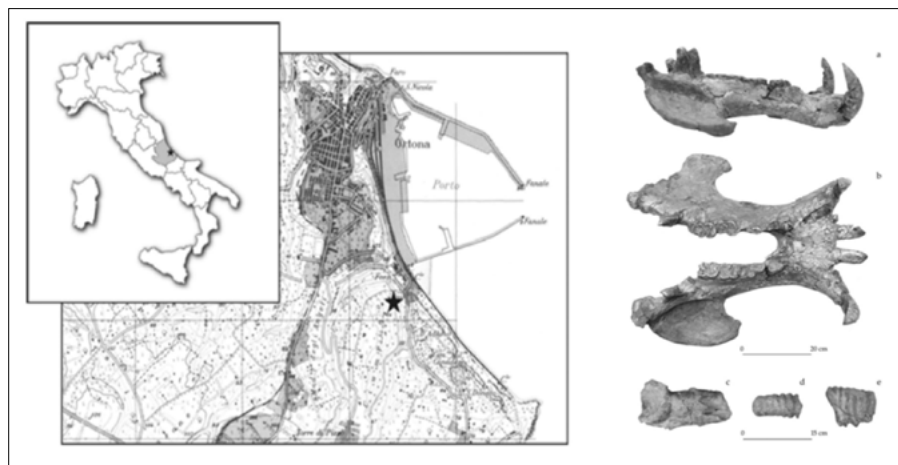


LA STORIA DEL TERRITORIO E LA SUA CONSERVAZIONE

Il territorio geologico dell'Abruzzo è caratterizzato dalla presenza di numerosi luoghi che presentano una peculiarità geologica, definiti Geositi. Anche nel comune di Ortona sono presenti importanti peculiarità geologiche, geomorfologiche, ritrovamenti paleogeologici che, costituiscono un patrimonio geologico del territorio da preservare e tutelare. Durante i lavori del tunnel della ferrovia FS in località Punta Ferruccio all'interno dei depositi del Pleistocene medio (gravels uncovered) sono stati ritrovati resti di fossili riferibili al *Mammuthus (A.) meridionalis* (D'Erasmus, G. 1931. L'*Elephas meridionalis* nell'Abruzzo e nella Lucania. Atti R. Acc. Sc. Fis. e Mat. Napoli 18: 1-26.).

Un altro importante ritrovamento è stato il recupero fossilifero di ossa di mammiferi del primo Pleistocene medio in una rupe a sud di Ortona, loc. Ciampino/ Colle Saraceno (Chieti, Abruzzo, Italia centrale) su di una falesia non attiva posta a circa 400 m dalla riva del mare Adriatico (Agostini *et al.* 2000).

Sono state recuperate e classificate, ossa fossili di Ippopotamo ex gr. *H. anti-*



Hippopotamus ex gr. *H. antiquus* mandible, right side, lateral view (a), dorsal view (b); *Cervus elaphus* fragment of the skull with pedicle of the right antler (c); *Elephas (P.) antiquus* deciduous tooth (*dP*₃), occlusal view (d), labial view (e). Agostini *et al.* 2000

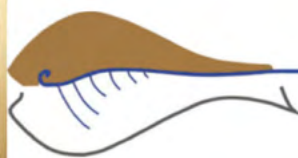
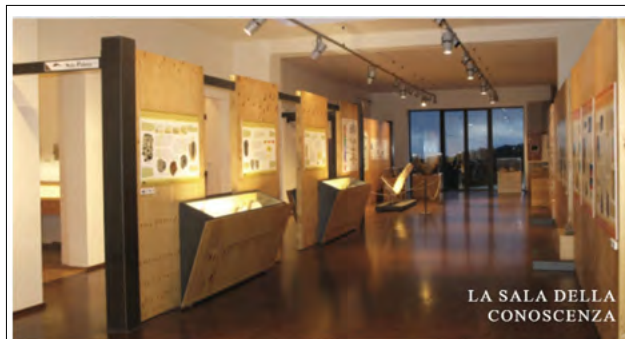
quus, *Elephas* (*Palaeoloxodon*) *antiquus* e *Cervus elaphus*. I resti furono sepolti nel letto di sabbia di una sequenza lagunare e spiaggia nella porzione più alta della successione marina della "Formazione Mutignano" (Pliocene Superiore - Pleistocene Inferiore). Il letto osseo è datato all'inizio del Pleistocene medio sulla base di prove paleomagnetiche e biochronologiche.

La fauna ritrovata ad Ortona corrisponde ad un momento cruciale della storia degli ecosistemi terrestri e marini. In effetti, un cambiamento climatico si-

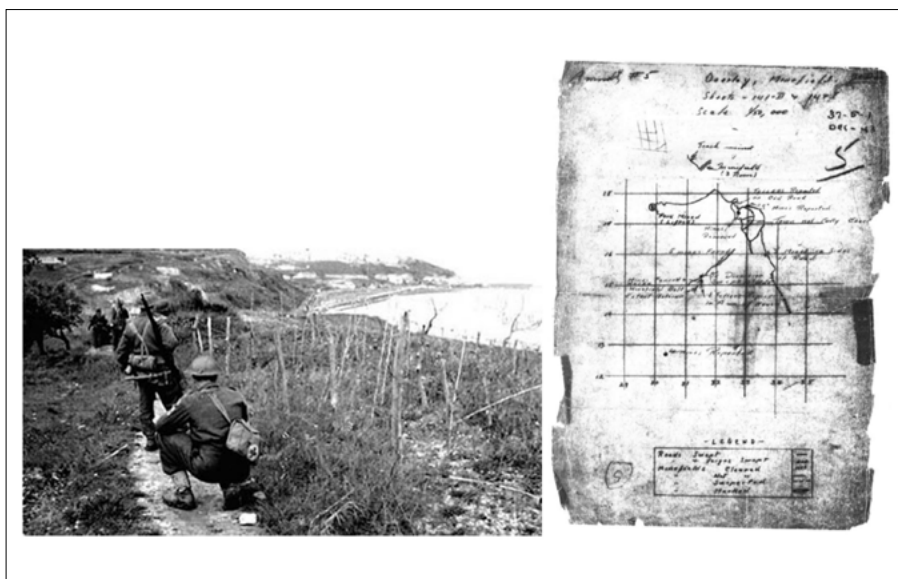
gnificativo segna la transizione dal Pleistocene dal primo al medio.

Attualmente i ritrovamenti fossili recuperati sono conservati nel Museo Geopaleontologico di Palena (CH).

Il territorio delle riserve nella sua storia recente hanno vissuto avvenimenti che meritano di essere ricordati e valorizzati per la memoria futura. La presenza di chiese per lo più realizzate su antiche strutture pre-cristiane, gli antichi attracchi romani e le vicissitudini della prima e della seconda guerra mondiale che hanno caratterizzato quel



Museo Geopaleontologico Alto Aventino
Palena



Tratto dal Libro "Di pace e di guerra- tra memorie e diari"- Museo della battaglia di Ortona Mu.BA.

momento storico hanno lasciato tracce più o meno evidenti sui territori delle riserve. Il territorio costiero fu sede di un fronte molto importante per l'attacco degli alleati e la ritirata dei tedeschi. Ortona considerata la piccola Stalingrado per la ferocia dell'attacco ricade nella Linea Gustav. La costa Abruzzese è stata studiata a fondo dagli alleati, prima di effettuare lo sbarco nella zona della Val di Sangro, ed iniziare l'attacco ai tedeschi che erano asserragliati nelle cittadine abruzzesi ed in particolare ad Ortona.

L'insieme di tutti questi elementi collegati alla conservazione delle biodiversità terrestri e marine valorizzati e tutelati, contribuiscono a conservare la memoria geologia del territorio e la

memoria umana delle civiltà che si sono succedute su questo tratto di costa abruzzese.

BIBLIOGRAFIA

- BERTINI, A., 2000. Pollen record from Colle Curti and Cesi: Early and Middle Pleistocene mammal sites in the Umbro-Marchean Apennine Mountains (central Italy). *J. Quat. Sci.*, 15 (8), 825-840.
- BIGI, S., CANTALAMESSA, G., CENTAMORE, E., DIDASKALOU, P., MICARELLI, A., NISIO, S., PENNESI, T., & POTETTI, M., 1997. The periadriatic basin (Marche - Abruzzi sector, central Italy) during the Plio-Pleistocene. *Giorn. Geol.*, 59 (1-2), 254-259.
- CRESCENTI, U., 1971. Osservazione sul Pliocene degli Abruzzi settentrionali: la trasgressione del Pliocene medio e superiore. *Boll. Soc. Geol. It.*, 90 (1), 3-21.
- DAVIS, S.J.M., 1981. The effect of temperature change and domestication on the body size of late Pleistocene to Holocene mammals of Israel. *Paleobiology*, 7, 101-114.
- GHISSETTI, F., & VEZZANI, L., 1988. Geometric and Kinematic complexities in the Marche-Abruzzi external zones (Central Apennines, Italy). *Geol. Rundschau*, 77 (1), 63-78.
- GLIOZZI, E., ABBAZZI, L., ARGENTI, P., AZZAROLI, A., CALOI, L., CAPASSO BARBATO, L., DI STEFANO, G., ESU, D., FICCARELLI, G., GIROTTI, O., KOTSAKIS, T., MASINI, F., MAZZA, P., MEZZABOTTA, C., PALOMBO, M.R., PETRONIO, C., ROOK, L., SALA, B., SARDELLA, R., ZANALDA, E., & TORRE, D., 1997. Biochronology of selected mammals, molluscs and ostracods from the Middle Pliocene to the Late Pleistocene in Italy. The state of the art. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 103 (3), 369-388.
- MAZZA, P., 1995. New evidence on the Pleistocene hippopotamuses of western Europe. *Geologica Romana*, 31, 61-241.
- MARIA CARLA DE FRANCESCO, MAURO ZAPPALORTO, DIANA DE FRANCESCO, MASSIMO MANGIFESTA, ANGELA FARONE, MAURIZIO PALUZZI, CLAUDIA MINCIARELLI, GIULIO TATASCIORE, ANDREA R. NATALE - ARCHEOLOGICAL FINDINGS OF ANCIENT HARBOR IN THE PILOT SITE OF INTERREG ADRIAN APPRODI PROJECT IN ORTONA (CH), ABRUZZO, CENTRAL ADRIATIC SEA
- ORI G.G., RUSCIADELLI G. - *Note illustrative (Progetto CARG) Foglio geologico 351 (Pescara) alla scala 1:50000* Calista M., Di Giandomenico B., Mangifesta M. (2007) - *Modellazione numerica finalizzata allo studio del comportamento meccanico delle terre: applicazioni 3D per l'analisi della stabilità dell'area orientale dell'abitato di Ortona (CH)*. *Giornale di Geologia Applicata* 6 (2007) 81-91, doi: 10.1474/GGA.2007-06.0-08.0190.
- AGOSTINI *et al.* 2005_ AGOSTINI, DE FLAVIS A. G., ROSSI M.A. - La Regione Abruzzo: attività di censimento tutela e valorizzazione, in M. D'ANDREA, A. LISSI, T. MEZZETTI (a cura di), *Patrimonio geologico e geodiversità. Esperienze ed attività dal Servizio Geologico d'Italia all'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici)*, rapporto 51, pp. 112-123.
- AGOSTINI *et al.* 2004_ Agostini, De Flavis A. G., Rossi M.A. - Il progetto GIS "Geologia Abruzzo", in *Geologia e turismo*, pp. 98.
- DI FABRIZIO F, PACE A. Regione Abruzzo - Opuscolo Aree protette d'Abruzzo 2010 - pag. 25 - 26 ISPRA - Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2019 Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2006, Un sistema per tutti - climatologia: i dati italiani. *Sapere*, Anno 72, n. 2, 62-69.
- FURLANI, S., CUCCHI, F., ODORICO, R., 2010. A new method to study microtopographical changes in the intertidal zone: one year of TMEM measurements on a limestone removable rock slab (RRS). *Z. Geolorphol.* 54 (Suppl. 2), 137e151.
- FURLANI S., CUCCHI F., BIOLCHI S., ODORICO R. 2011. Notches in the Northern Adriatic Sea: Genesis and development. *Quaternary International* 232 (2011) 158e168.

I Geositi delle Marche. Un patrimonio di geodiversità di eccezionale valore

The Geosites of Marche region. A heritage of geodiversity of exceptional value

Gigliola Alessandrini⁽¹⁾, Fabrizio Bendia^(2,3), Piero Farabollini^(2,3), Enrico Gennari^{(1,4)*}, Olivia Nesci⁽⁴⁾, Beniamino Tatali⁽¹⁾, Laura Valentini⁽⁴⁾

⁽¹⁾ SIGEA (A.P.S.) Marche

⁽²⁾ Sezione di Geologia, Università di Camerino (MC)

⁽³⁾ Ordine dei Geologi delle Marche

⁽⁴⁾ Sezione di Geologia, Università di Urbino (PU)

*Autore referente

Email: e.gennari@consulenzaeprogetto.it

Parole chiave: geodiversità, geositi, patrimonio geologico

Key words: geodiversity, geosites, geological heritage

Era la prima decade di gennaio 2022, quando la sezione Marche della "SIGEA" (Società Italiana di Geologia Ambientale) convocò un tavolo di lavoro con l'Ordine dei Geologi della Regione Marche e le due università di geologia regionali, quella di Camerino (MC) e quella di Urbino (PU). La SIGEA è un'associazione culturale, senza fini di lucro, per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale ed antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse.

Attraverso questa originale e virtuosa iniziativa, i tre più importanti enti e associazioni regionali si sono riuniti, condividendo le proprie esperienze e conoscenze con un obiettivo unico: contribuire a censire, valorizzare, salvaguardare e promuovere i geositi del proprio territorio, caratterizzato da contesti fisico-ambientali di straordinaria geodiversità e biodiversità, di eccezionale valore scientifico, culturale ed ambientale. La geodiversità è infatti madre della biodiversità e come tale caratterizza tanti dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030 (*SDGs Sustainable Development Goals*) che rappresentano una bussola per porre l'Italia e il mondo sul sentiero della sostenibilità, attività in cui la SIGEA è da tempo impegnata.

Questa è stata probabilmente la prima volta che un'associazione di volontari ha deciso di riunirsi spontaneamente, spinta dal desiderio collettivo di conferire alla geodiversità il ruolo che merita nella società.

L'idea progettuale ha previsto la redazione di un documento da presentare agli amministratori regionali per sensibilizzarli e dare un impulso alla tutela del patrimonio geologico, partendo dai primi concetti espressi da Wimbledon (1996) "un geosito può essere definito co-

me località area o territorio in cui è possibile individuare un interesse geologico o geomorfologico per la conservazione" e di Grandgirard (1997,1999) "di particolare importanza per la comprensione della storia della Terra, del clima e della vita.

Il primo passo è stato quello di raccogliere tutte le informazioni sui geositi della regione, partendo da una ricognizione bibliografica e proseguendo con approfondimenti provenienti dalla conoscenza e dall'esperienza di ciascun membro del team (composto anche da docenti universitari e ricercatori, autori di innumerevoli pubblicazioni su geositi e geoturismo).

Il catalogo dei geositi proposto (Fig. 1) si è basato su procedure qualitative in relazione alla scelta dei geomorfositi. I geositi sono stati suddivisi in geositi areali e geositi puntuali: questi ultimi rappresentano un geosito localizzabile in un unico punto; il geosito areale invece rappresenta un'area che comprende al suo interno due o più geositi. Tale suddivisione è stata adottata soprattutto per la necessità di un'adeguata rappresentazione grafica in cartografia. Il catalogo ha raccolto un totale di 197 geositi, collezionati in un elenco Excel e rappresentati anche nella cartografia ad esso allegata (Fig. 2). Ogni punto è

Geosito areale giallo		Geosito puntuale azzurro		ELENCO GEOSITI ALL.2	
GEOSITO	GEOSITO INTERNO - DESCRIZIONE	COMUNE (PROV)			
1	1 Il Monte San Bartolo	1.1 San Bartolo - Falesia	1.1 San Bartolo - Falesia		Pesaro (PU)
2		1.2 San Bartolo - Frana di Fiorenzuola			Pesaro (PU)
3		1.3 San Bartolo - Frana di Santa Marina			Pesaro (PU)
4		1.4 San Bartolo - Punta degli Schiavi			Pesaro (PU)
5		1.5 San Bartolo - Punta del Gesso			Pesaro (PU)
6	2 Il Colle dell'Ardisio	2.1 Monte Ardisio - Ciottoli del Metauro			Pesaro (PU)
7		2.2 Monte Ardisio - Falesia morta			Pesaro (PU)
8	3 I Calanchi di Montecalvo	3.1 Montecalvo in Foglia - Calanchi			Montecalvo in Foglia (PU)
9	4 Monte Carpegna	4.1 M. Carpegna - Costa dei Sali			Carpegna (PU)
10		4.2 M. Carpegna - Cattura Torrente Prena			Carpegna (PU)
11		4.3 M. Carpegna - Trincee frana Eremo			Carpegna (PU)
12		4.4 M. Carpegna - Monte Copiolo			Carpegna (PU)
13		4.5 M. Carpegna - Frana Pietracandella			Carpegna (PU)
14	5 I Conglomerati di Pietrafagnana	5.1 Pietrafagnana - Forme erosione conglomerati			Pietrarubbia (PU)
15	6 I Sassi Simone e Simoncello	6.1 Sassi Simone e Simoncello - Le rupi			Carpegna (PU)
16		6.2 Sassi Simone e Simoncello - Colata detritica			Carpegna (PU)
17		6.3 Sassi Simone e Simoncello - Calanchi			Carpegna (PU)
18		6.4 Sassi Simone e Simoncello - Torre del Peschio			Piandimeleto (PU)
19	7 Le Marmite dei Giganti	7.1 San Lazzaro - Marmite dei Giganti, La forra			Fossombrone (PU)
20	8 La Gola del Furlo	8.1 Furlo - La gola			Acqualagna (PU)
21		8.2 Furlo - I muri di faglia			Acqualagna (PU)
22		8.3 Furlo - La cascata			Acqualagna (PU)
23		8.4 Furlo - La grotta del Grano			Acqualagna (PU)
24		8.5 Furlo - Livello anossico oceanico "Bonarelli"			Acqualagna (PU)
25		8.6 M. Paganuccio - Frana Cà i Fabbri			Acqualagna (PU)
26		8.7 M. Paganuccio - Frana la Pradella			Acqualagna (PU)
27		8.8 M. Paganuccio - La gola del Buzzo			Acqualagna (PU)
28		8.9 M. Pietralata - Flatirons			Acqualagna (PU)
29		8.10 M. Pietralata - Le aree denudate			Acqualagna (PU)
30	9 Le Piote di Sant'Antonio	9.1 Le Piote - Morfologie poligeniche			Borgo Pace (PU)
31		9.2 I Laghi - Le trincee			Mercatello sul Metauro (PU)
32	10 Monte Cagnero	10.1 M. Cagnero - GSSP Rupeliano-Chattiano			Urbania (PU)
33	11 Gorgo a Cerbara	11.1 Fiume Candigliano - proposta GSSP Barremiano-Aptiano, Strath terrace			Piobbico (PU)
34	12 Il Monte Conero	12.1 M. Conero - Frana Portonovo			Ancona (AN)
35		12.2 M. Conero - Laghetti Portonovo			Ancona (AN)
36		12.3 M. Conero - Piolo-Le due Sorelle			Sirolo (AN)

Figura 1. Estratto di alcuni dei 197 geositi raccolti nel catalogo prodotto dal Gruppo di Lavoro



Figura 2. Mappa con ubicazione dei geositi della Regione Marche

Su iniziativa di
SIGEA MARCHE

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

in collaborazione con

Evento promosso nell'ambito della
SETTIMANA LAUDATO SI' 2022

Un atto di amore prendendoci cura della nostra Casa Comune

I GEOSITI DELLE MARCHE

UN PATRIMONIO DI GEODIVERSITÀ DI ECCEZIONALE VALORE

Presentazione risultati Gruppo Lavoro

Presentazione Concorso Fotografico per Studenti

GIOVEDÌ 26 MAGGIO 2022 ORE 15,00-17,30

Sala Li Madou - Regione Marche - Via Gentile Da Fabriano 2/4 - Ancona

Segreteria Organizzativa:
Ordine Geologi Marche
SIGEA-APS Sezione Marche

Patrocini

Figura 3. Locandina evento presentazione risultati del Gruppo di Lavoro

I Sassi Simone e Simonecello ALL.4.3

Collocati nello spartiacque fra i due bacini idrografici del Marecchia e del Foglia, I Sassi Simone e Simonecello, visibili fin dalla costa adriatica e da sempre importanti punti di riferimento, si ergono rilevati rispetto ai sottostanti terreni argillosi della formazione cretacea delle Argille Varicolori (Fig. 1). I due massi tabulari sono due placche calcarenitiche della formazione di San Marino e di Monte Fumaiolo, appartenenti alla cosiddetta Coltre della Valmarecchia, la cui genesi è di grande interesse scientifico e rende unica quest'area.

Fig. 1 - I Sassi Simone e Simonecello

I Sassi Simone e Simonecello derivano infatti da un grande blocco che, in Piemonte, le forze tettoniche in gioco nelle successive fasi appenniniche, movimento sottomontano del blocco calcarenitico in direzione del crinale, sua sovrapposizione sui sedimenti autoctoni. Questa è la ragione di un particolare, caratterizzato da improvvise verticalizzazioni, che da sempre uniscono, influenzando la storia e la cultura di tutta la Valmarecchia. Le morfologie rettilinee che si ritrovano in questo territorio hanno permesso un paesaggio si sia modificato anche a causa del passaggio di determinati ghiacci freddi relative alla penultima glaciazione, circa 150 mila anni fa, e ad un unico rilievo che si sviluppava ben oltre gli attuali confini dei due rilievi sulle rovine già frantumate fratture, ha provocato il distacco originario, producendo un forte arretramento del fronte montano. Le mutate condizioni climatiche che tutto il MonteCifuro subì nel Quaternario uno sviluppo molto veloce dell'idrografia superficiale e quindi una in rilievo alle attuali dimensioni (Fig. 2).

Fig. 2 - Calata d'attesa alla base della scarpata del Sasso Simone

Proposta di itinerario

scrota da profonde fratture ben visibili in superficie. Le sculture producono caratteristiche trincee allineate e zone adie instabilità per l'intero rilievo. uno tuttora conservate le tracce dell'impianto urbanistico 'secolo del Medio nel 1566 e completamente smantellato

Definizione del geosito

è un geosito areale, comprensivo di più geositi interni. do valore scientifico", per la sua rarità, rappresentatività, scientifica disponibile in letteratura sulla sua genesi ed di tipo culturale, ecologico ed estetico, in accordo con i

so proposto è ben segnalato, poiché ci troviamo all'interno roccello, il geosito possiede anche una elevata visibilità. ato dell'utente è fondamentale per la salvaguardia del mo ste. È importante individuare il più efficace metodo di il pubblico possa facilmente essere sensibilizzato e possa sua vulnerabilità.

Figura 4. Esempio scheda Geosito

stato geolocalizzato e, quindi, può essere visualizzato e gestito tramite software GIS. Osservando la distribuzione, sembra che i geositi siano per lo più distribuiti lungo la dorsale appenninica e in quelle aree dove i processi geologici ed erosivi hanno agito maggiormente, originando e mostrando affioramenti e successioni rocciose e/o particolari morfologie del paesaggio.

Per alcuni geositi ritenuti più didattici sono state realizzate specifiche schede di approfondimento, dove la storia geologica e le peculiarità sono state descritte e analizzate in dettaglio, assegnando anche un valore storico-culturale.

Il progetto prevede la possibilità in futuro di quantificare i parametri presi in considerazione, al fine di ottenere anche un database utile per il loro confronto e classificazione.

Gli articoli bibliografici sono stati raccolti in un elenco di circa 80 pubblicazioni, allegate al documento finale donato e trasmesso alla Regione Marche. In questo documento sono state raccolte tutte le suddette informazioni.

Nel 1989 la Regione Marche, con il "PPAR" (Piano regionale del paesaggio ambientale), ha posto per la prima volta in Italia l'attenzione sulle "Emergenze Geologiche". Oggi questo gruppo di lavoro ha ritenuto opportuno riportare l'attenzione su questo tema, coinvolgendo non solo i tecnici e gli scienziati interessati all'argomento ma anche gli Amministratori Regionali, puntando alla loro sensibilizzazione.

Pertanto, unitamente al catalogo dei geositi individuati, si è deciso di presentare anche un atto amministrativo volto alla promulgazione di una legge regionale concernente la "Legislazione per la conservazione e la valorizzazione dei geositi e della geodiversità nelle Marche e delle attività ad essa connesse". Tutti i risultati prodotti dal gruppo di lavoro sono stati illustrati durante un workshop nazionale (Fig. 3) il 26 maggio 2022 ad Ancona, presso la sede della Regione Marche.

In soli quattro mesi sono stati censiti tutti i geositi marchigiani e gettate solide basi per una proposta di legge regionale concernente le "Norme per la conservazione e la valorizzazione dei geositi e della geodiversità delle Marche e delle attività connesse", consegnata alla Regione Marche.

La Valle del Torrente Caronia: un inedito itinerario geo-naturalistico nel Parco dei Nebrodi (Sicilia)

The River Caronia valley: an unpublished geo-naturalistic itinerary in the Nebrodi natural Park (Sicily)

Parole chiave: Nebrodi, Caronia, torrente
Key words: Nebrodi, Caronia, stream

Alessandro Licciardello

Geologo e Ingegnere ambientale,
socio SIGEA, Presidente Associazione
Naturalistica I NEBRODI
E mail: alessandro@gmail.com

Antonino Oieni

Geologo, socio SIGEA, Vicepresidente
Associazione Naturalistica I NEBRODI
E-mail: oieniantonino@gmail.com

Il territorio del Parco dei Nebrodi si inserisce, dal punto di vista geologico-strutturale, nel quadro della Catena Maghrebide-Siciliana, un sistema a falde sovrapposte con andamento Est-Ovest e vergenza generalmente meridionale. In particolare, in questo settore si ha la sovrapposizione del sistema a thrust Kabilo-Calabride (rappresentato sui Nebrodi da unità epimetamorfiche e dalle successioni prevalentemente carbonatiche dell'Unità Longi-Taormina) su quello Appenninico-Maghrebide, caratterizzato da potenti sequenze flyschoidi. Tra queste, le Unità Numidiche affiorano estesamente nei settori centro-occidentali dei Nebrodi (aree di Caronia e Mistretta) e, benché costituite da monotone sequenze di argilliti, quarzosiltiti e quarzareniti, sono caratterizzate da peculiari strutture tettoniche, deposizionali e geomorfologiche che si configurano come interessanti emergenze geologiche. Tale situazione, grazie alla frequente e concomitante presenza di pregevoli contesti naturalistici, paesaggistici e storico-culturali che il Parco dei Nebrodi offre, può consentire lo svolgimento di attività escursionistiche e, in particolare, valorizzarne la fruizione come itinerari geo-naturalistici. Tra questi, viene qui presentato l'itinerario geo-naturalistico della Valle del Torrente Caronia, uno dei numerosi così d'acqua che drenano il versante settentrionale della catena dei Monti Nebrodi. Esso presenta un bacino idrografico di circa 80 km² e un'asta fluviale di circa 16 km, con sbocco nel Mar Tirreno. Il tratto più interessante ai fini della fruizione, oggetto della presente nota, è compreso tra la Contrada Angara, circa 2 km a monte della foce, e la "Stretta delle Capre", una splendida gola fluviale presso Contrada Cantone, nel tratto intermedio. L'itinerario è lungo circa 6 km, comprendendo, a metà

percorso, l'Ex Mulino Comune di Caronia, pregevole struttura dai rilevanti aspetti storici ed etno-antropologici, recentemente ristrutturata dall'Ente Parco dei Nebrodi ed affidata in gestione all'Associazione Naturalistica "I Nebrodi".

La prima parte del percorso (C.da Angara – Ex Mulino Comune), di circa 3 km, è facilmente percorribile a piedi attraverso una strada in terra battuta, in cui è tra l'altro possibile osservare numerosi elementi di interesse geologico, botanico, paesaggistico, storico-culturale. L'itinerario, infatti, attraversa inizialmente depositi alluvionali terrazzati, poggiati su Flysch Numidico, permettendo anche di osservare, a breve distanza, elementi di interesse geomorfologico, quali spianate di abrasione marina e la "frana di Caronia", consistente movimento gravitativo, originatosi nel 2010. La frana ha interessato per intero il versante orientale del torrente ed ha avuto rilevanti risvolti sociali e di protezione civile (numerose abitazioni distrutte, viabilità interrotta). Proseguendo lungo l'itinerario, è possibile osservare interessanti affioramenti di Flysch Numidico, sia

con fitte alternanze arenaceo-argillose (in cui osservare strutture deposizionali tipiche delle torbiditi), sia con prevalenti banchi decametrici quarzarenitici, con spettacolari pareti a strapiombo.

Il contesto naturalistico è arricchito da elementi del paesaggio rurale (terrazzamenti e muretti in pietra di pregevole fattura), ulivi plurisecolari (nelle immediate vicinanze dell'itinerario è presente il famoso "Ulivo di Predica", censito come albero monumentale, di età stimata di circa 1500 anni), ricca vegetazione riparia, nonché la transizione tra la macchia mediterranea (qui rappresentata da lentisco, ginestra, alaterno, fillirea, mirto ecc.) e i boschi a sclerofille sempreverdi (sughere, lecci, roverelle).

Punto cruciale dell'itinerario è la gola fluviale di "Passo del Corvo", nelle cui pareti quarzarenitiche modellate dall'acqua è inserito l'Ex Mulino Comune. Si tratta di un antico mulino ad acqua del tipo "a rampa", risalente al 1863, che conserva tutti gli elementi caratteristici che ne hanno permesso il funzionamento fino agli inizi del '900 (vasca di raccolta, rampa, pale, tramoggia, macine). Numerosi pannelli e bacheche didatti-



Figura 1. Piegna coricata, alveo del Torrente Caronia



Figura 2. Pieghe Chevron, alveo del Torrente Caronia

che ne spiegano in dettaglio la struttura e l'originario funzionamento.

La successiva parte di itinerario, che dal Mulino conduce alla "Stretta delle Capre", lunga circa 3 km, è quella geologicamente più interessante, ma, essendo all'interno dell'alveo del torrente, è normalmente fruibile in condizioni di magra (giugno-settembre), anche se alcune emergenze geologiche possono essere raggiunte mediante altri accessi dai rispettivi versanti. Percorrendo l'alveo si possono osservare magnifiche strutture tettoniche di tipo duttile, rappresentate da pieghe coricate, di tipo chevron e sistemi a pieghe disarmoniche di grande interesse geologico-strutturale ai fini della ricostruzione delle fasi deformative di questo settore di catena. Di grande interesse anche alcune pareti a strapiombo, di notevole estensione verticale, in cui le ritmiche e spettacolari stratificazioni argilloso-quarzarenitiche sono interessate da sistemi di faglie distensive.

Ulteriori elementi di interesse geonaturalistico si possono osservare lungo il versante orientale del Monte Pagano, le cui ripide pareti sovrastano il Torrente Caronia. Mediante una breve deviazione dal percorso descritto in precedenza, è possibile osservare un contatto "da manuale" per sovrascorrimento tra due scaglie tettoniche di Flysch Numidico. Spostandosi un po' più ad Ovest, è possibile osservare, nel versante nord del suddetto rilievo, interessanti sezioni di affioramento di depositi fluvio-deltizi ricoperti da una spessa coltre di laterosuolo di colore rosso ruggine, tipici suoli alluvionali (Typic Xerofluvents)

che meriterebbero un approfondimento a parte.

Le peculiarità geologico-naturalistiche dell'itinerario sopradescritto, già oggetto di recente censimento nell'ambito di una convenzione stipulata tra SIGEA ed Ente Parco dei Nebrodi, finalizzata all'individuazione di potenziali Geositi, permettono senz'altro di considerarne un "sito di interesse geologico" che, tra l'altro, è già oggetto di fruizione e valorizzazione ad opera dell'Associazione "I Nebrodi", sia per gli aspetti geologici che, più in generale, naturalistici e storico-culturali.

Obiettivo a breve termine è l'ulteriore conoscenza e divulgazione di questo patrimonio geologico, ad oggi pressoché sconosciuto, nell'ottica di un sempre maggiore incremento dei circuiti geoturistici all'interno del Parco dei Nebrodi.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2012). *Il Parco dei Nebrodi*. Cartoguida, scala 1:50.000. L.A.C., Firenze.
- Giunta G., Giorgianni A. (2013). *Note esplicative della Carta Geologica d'Italia foglio 598 Sant'Agata di Militello alla scala 1:50.000*. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia. Regione Siciliana – Ass. Territorio ed Ambiente.
- Lentini F., Catalano S. & Carbone S. (2000). *Note illustrative alla Carta geologica della Provincia di Messina*. Scala 1:50.000. S.E.L.C.A., Firenze, 1-70.
- Ogniben L. (1960). *Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale*. Riserva Mineraria Siciliana, Vol. 11, p 183-212.
- Schicchi R., Bazan G., Marino P., Raimondo F.M. (2012). *I grandi alberi dei Nebrodi*. Dip. Biologia ambientale e Biodiversità, Università di Palermo, pp. 144.

Valorizzazione del patrimonio geologico del “Bosco della Tassita” (Parco dei Nebrodi - Sicilia)

Alessandro Licciardello

Geologo e Ingegnere ambientale, socio SIGEA, Presidente Associazione Naturalistica I NEBRODI
E mail: alessandro@gmail.com

Antonino Oieni

Geologo, socio SIGEA, Vicepresidente Associazione Naturalistica I NEBRODI
E-mail: oieniantonino@gmail.com

Enhancement of the geological heritage of the “Tassita forest” (Nebrodi Park - Sicily)

Parole chiave: Nebrodi, Tassita, geoturismo
Key words: Nebrodi, Tassita, geotourism

Uno dei tratti più spettacolari del Parco dei Nebrodi, l'area verde più grande della Sicilia, è sicuramente quello del Bosco della Tassita di Caronia. Qui, sono custoditi numerosi elementi di pregio per la biodiversità e geodiversità di questa porzione di Sicilia, insieme ad aspetti storico culturali e del paesaggio unici. Quello che ritroviamo in questo ambiente, al centro del Mediterraneo, al di là della rarità scientifica vera e propria, è la bellezza di un territorio singolare da custodire e fruire in maniera ecosostenibile sia per la componente biotica che abiotica.

Questo settore dei Monti Nebrodi, che costituiscono la parte mediana fra Peloritani e Madonie della catena settentrionale siciliana, Catena Appennino – Maghrebide, è in gran parte rappresentata da formazioni a carattere terrigeno denominate Flysch, generalmente avente un sistema a falde sovrapposte con andamento Est-Ovest e vergenza meridionale. Qui, la situazione geologica locale è complessa per l'assetto strutturale e geomorfologico, ed è rappresentata dalle litologie sedimentarie delle Calcilutiti e Calcareniti di Monte Pomiere (Eocene Inf. – Medio). Nel versante settentrionale di Monte Pomiere, si possono osservare banconi arenitici in posto con giacitura a franapoggio; la formazione risulta spesso fratturata e dislocata, presenta diverse forme carsiche superficiali e di dilavamento ed anche un contenuto fossilifero non trascurabile; è generalmente in contatto con la porzione basale del Flysch di Monte Soro (membro argilloso-calcareo).

L'intera sequenza poggia per sovrascorrimento sul complesso basale costituito dal Flysch Numidico, che affiora poi a nord. Sulla base dell'assetto geologico è ipotizzabile una significativa alimentazione sotterranea della acque

che si infiltrano sul Monte Pomiere, il che giustifica il particolare microclima dell'area molto umido. Al tempo stesso, la presenza di un corpo detritico a pezzatura notevole (con blocchi da decimetrici a diversi metri), suggerisce un possibile evento complesso di rock-slide/rock avalanche che meriterebbe uno studio di dettaglio.

L'estensione dell'area di accumulo e la pezzatura del detrito indicano un evento a energia notevole. Quest'area del macereto di frana, formato da blocchi carbonatici, forma un corpo continuo sul quale si è formato il bosco e dove generalmente si ritrovano le piante di Tasso (*Taxus baccata*), elegante conifera sopravvissuta alle glaciazioni, che soltanto qui, alla Tassita, presenta un'apprezzabile popolamento (circa 30 ha di estensione) insieme a faggi, aceri monumentali ed agrifogli, con uno strato muscinale importante che coinvolge la maggior parte del detrito presente.

Inoltre, è molto rappresentativo l'affioramento delle Calciruditi e Calcareniti di Monte Pomiere, osservabili poco a sud del crinale, nell'omonima località.

È sempre in questa ristretta area montana che è confinata una nuova specie di pero selvatico, il *Pyrus vallis-demonis* (Raimondo & Schicchi, 2004), tra la Contrada Moglia e il Bosco della Tassita, insieme a tante altre specie che compongono questo mosaico vegetazionale pregevole dell'area quali *Rosa canina* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Prunus spinosa* L., *Ruscus aculeatus* L., *Daphne laureola* L., *Tanacetum siculum*, *Malus sylvestris* Mill., *Acer campestre* L. e *Fraxinus excelsior* L.

In questo tratto della “Dorsale dei Nebrodi”, il percorso che conduce al bosco della Tassita è una strada sterrata di circa 2,5 km che parte da Portella dell'Obolo e attraversa dapprima una fitta faggeta quasi sino ad una radura, da dove con una breve deviazione verso

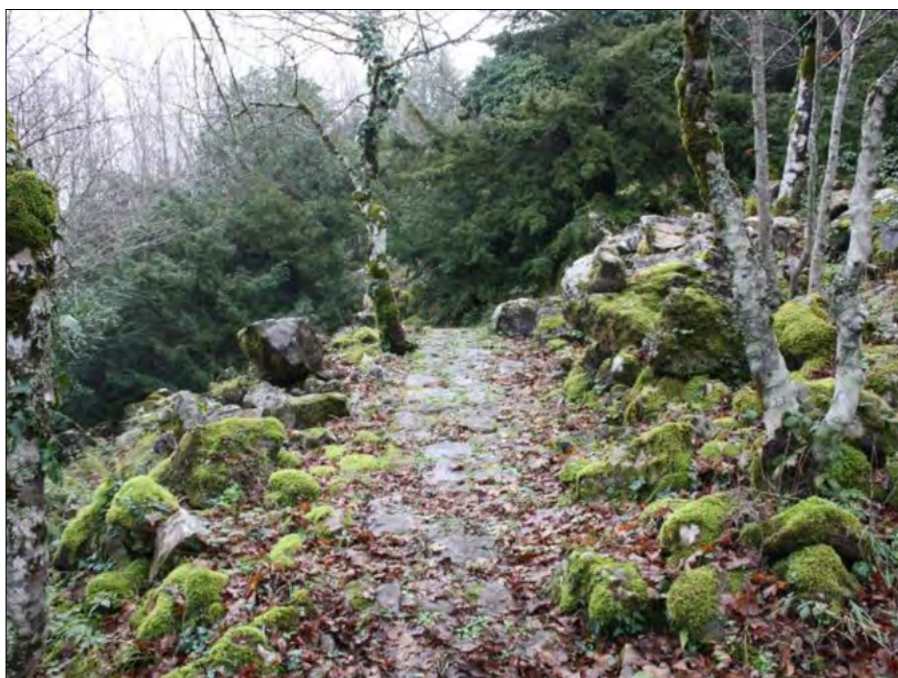


Figura 1. Parte del macereto di frana e Bosco della Tassita.



Figura 2. Scannellature su roccia, bosco della Tassita.

sud si giunge a Portella Pomiere, posta in corrispondenza del crinale, dove è possibile ammirare uno splendido panorama sia verso Nord, da dove si domina buona parte del bacino idrografico del Torrente Caronia sino al mare e alle Eolie, sia verso Sud, dove spicca imponente l'Etna e dove lo sguardo si perde nell'entroterra siciliano. Proseguendo sulla strada si giunge ad una chiudenda da cui si accede all'area recintata della Tassita. Qui, un sentiero ad anello, in buona parte su selciato, attraversa la parte più interessante del bosco, dove si possono ammirare suggestivi esemplari di *Taxus baccata*.

Questo sito di interesse indubbiamente Geomorfologico, per i diversi aspetti legati al versante e ad elementi del carsismo epigeo, ma anche alla tettonica per la messa in posto dei terreni affioranti, rappresenta un singolare esempio di un possibile sviluppo del geoturismo dei Nebrodi.

In questo sito, con elevato effetto paesaggistico e prontamente fruibile, risulta sicuramente più semplice avvicinare e sensibilizzare la popolazione alla tutela del patrimonio geologico. Un sito ad elevato valore educativo, dove ritroviamo aspetti contestuali di pregio come quello botanico, faunistico, paesaggistico ed escursionistico.

Ancora, da menzionare è il "sentiero tematico del carbone", un breve percorso in cui sono state ricreate a cura dell'Ente Parco dei Nebrodi a Portella dell'Obolo, le diverse fasi di produzione del carbone, che per secoli ha costituito

una delle principali fonti economiche per gli abitanti dei Nebrodi e per tanti caronesi.

L'area, che a parere degli scriventi, andrebbe ulteriormente tutelata, soprattutto verso la presenza di veicoli a motori, vista l'importanza di alcune specie floristiche e faunistiche, rientra comunque in zona "A" di tutela del Parco dei Nebrodi e in area SIC (Sito d'importanza comunitario).

La porzione di territorio descritta, caratterizzata da singolarità del Patrimonio geologico e naturalistiche, fa parte di un recente censimento nell'ambito di una convenzione stipulata tra SIGEA ed Ente Parco dei Nebrodi, finalizzata all'individuazione di potenziali Geositi; questo, è già oggetto di fruizione e valorizzazione ad opera dell'Associazione Naturalistica "I Nebrodi" sia per gli aspetti geologici che, più in generale, naturalistici e storico-culturali.

La valorizzazione dell'areale della Tassita di Caronia non può che includere la comprensione del paesaggio e della sua evoluzione, attraverso la creazione di percorsi geo-turistici, per la comprensione del contesto geologico e geomorfologico, guardando agli aspetti estetici del paesaggio anche attraverso le evidenze morfologiche di processi gravitativi, di erosione idrica e di piccole forme carsiche.

Infine, divulgare questo patrimonio geologico e connettere i diversi geositi presenti nel Parco dei Nebrodi, specie quelli che hanno una maggiore valenza didattica, permetterà la crescita e l'in-

cremento di un turismo naturalistico e culturale.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2012), *Il Parco dei Nebrodi*. Cartoguida, scala 1:50.000. L.A.C., Firenze.
- LENTINI F., CARBONE S., (2014), *Geologia della Sicilia*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. XCV (2014), pp. 7- 414 ISPRA, Servizio Geologico d'Italia.
- LENTINI F., CATALANO S. & CARBONE S. (2000), *Note illustrative alla Carta geologica della Provincia di Messina*. Scala 1:50.000. S.E.L.C.A., Firenze, 1-70.
- NIGRO F. & RENDA P. (2000), *Un modello di evoluzione tettono-sedimentaria dell'avanzata fossa neogenica siciliana*. Boll. Soc. Geol. It., 119, p 667-686.
- NIGRO F., RENDA P. (1999), *Evoluzione geologica ed assetto strutturale della Sicilia centro - settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 118, p 375-388.
- OGNIBEN L. (1960), *Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale*. Riserva Mineraria Siciliana, Vol. 11, p 183-212.
- RAIMONDO F.M. & SCHICCHI R. (2004), *Pyrus vallis-demonis (Rosaceae), a new species from the Nebrodi Mountains (NE-Sicily)* *Bocconea* 17: 325-330. — ISSN 1120-4060.
- SCHICCHI R., BAZAN G., MARINO P., RAIMONDO F.M. (2012), *I grandi alberi dei Nebrodi*. Dip. Biologia ambientale e Biodiversità, Università di Palermo, pp. 144.
- VEZZANI L. (1974), *Note esplicative della Carta Geologica d'Italia foglio 611 Mistrretta alla scala 1:50.000*. Nuova Tecnica Grafica, Roma. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia.
- WIMBLETON W. A. (1999), *L'identificazione e la selezione dei siti geologici, una priorità per la geoconservazione*. In: G. POLI (a cura di), *Geositi testimoni del tempo* (Fondamenti per la conservazione del patrimonio geologico), Bologna, 52-63.

Risorsa idrica sotterranea e cambiamento climatico: il caso della Puglia (Italia meridionale)

Groundwater resources and climate change: the case of Apulia (Southern Italy)

Isabella Serena Liso, Mario Parise
Università degli Studi di Bari Aldo Moro,
Dipartimento di Scienze della Terra e
Geoambientali
E-mail: i.serena.liso@gmail.com

Parole chiave: acque sotterranee, cambiamento climatico, risorsa idrica, carsismo, inquinamento

Key words: groundwater, climate change, water resources, karst, pollution

La Regione Puglia (Italia meridionale) presenta un assetto peninsulare, bordata da più di 800 km di costa e caratterizzata da clima mediterraneo arido/semiarido. La geologia regionale mostra più dell'80% del territorio con rocce solubili in affioramento, ovvero i Calcari del Cretaceo appartenenti alla piattaforma carbonatica apula Mesozoica, e calcareniti di età compresa dal Miocene al Quaternario; tale condizione elegge la Puglia a regione carsica per eccellenza dell'Italia meridionale. In contesti di cambiamento climatico, tali fattori naturali possono favorire il degrado quali-quantitativo della risorsa idrica sotterranea, contribuendo alla diminuzione della ricarica naturale e rendendo gli acquiferi ulteriormente vulnerabili all'intrusione marina. Si aggiungono inoltre fattori antropici esacerbanti, quali la diffusa presenza di pozzi abusivi di emungimento, che determinano una cattiva gestione e un ulteriore depauperamento della risorsa. Caratteristica peculiare dei territori carsici è l'estrema anisotropia fisica del sottosuolo e la elevata vulnerabilità degli acquiferi ospitati negli ammassi rocciosi carbonatici.

In tali ambienti, l'acqua di superficie è molto scarsa, spesso assente, poiché tende ad infiltrarsi velocemente nelle fratture dell'epicarso; essa scorre prevalentemente in senso verticale guidata dalla forza di gravità verso la zona vadosa/insatura del sottosuolo (Williams, 1983; Klimchouk 2000; Aquilina *et al.*, 2006) fino a raggiungere la falda idrica, dove inizia a scorrere essenzialmente in senso orizzontale, guidata dal gradiente idraulico (Mangin, 1973, 1975). L'infiltrazione dell'acqua di pioggia può avvenire in maniera diffusa attraverso le fratture, oppure concentrata, attraverso gli inghiottitoi, elementi fisici di col-

legamento diretto tra la superficie e la falda sottostante; essi, pertanto, sono formidabili attori nel processo di ricarica naturale dell'acquifero, assieme ad altre forme del paesaggio carsico, come doline e bacini endoreici (White, 2002). Allo stesso tempo, essi sono anche punti sensibili di potenziale inquinamento della risorsa idrica.

Oltre alla anisotropia spaziale, gli acquiferi carsici si evolvono nel tempo (Bonacci, 1987; Dreybrodt, 1988; White, 1988; Klimchouk *et al.*, 2000; Ford and Williams, 2007) grazie all'effetto combinato dell'azione chimico-fisica dell'acqua che, dissolvendo la roccia, allarga le fratture iniziali fino a farle diventare condotti, e delle variazioni continue del livello di base del carsismo, generalmente corrispondente al livello del mare. Così modificati dal flusso idrico sotterraneo, gli ammassi rocciosi presentano una porosità tripla riferita alla matrice, alle fratture e ai condotti; all'interno della matrice e delle fratture aperte qualche millimetro l'acqua si muove con regime laminare, mentre nelle fratture ad apertura maggiore e nei condotti il regime diviene turbolento. La natura fortemente eterogenea di tali acquiferi rende difficile l'implementazione di modelli numerici che simulino i processi idrogeologici in maniera sufficientemente adeguata; generalmente si utilizzano i modelli EPM (*Equivalent Porous Media*) che non permettono la simulazione dei processi caratteristici, e l'incertezza dei risultati delle simulazioni è decisamente maggiore negli acquiferi carsici rispetto a quelli porosi (Kovacs and Sauter, 2007). Poiché le acque carsiche spesso rappresentano la sola risorsa disponibile per le comunità che vivono in questi territori, è necessario approfondire gli studi, avviare monitoraggi specifici e sviluppare

modelli previsionali sugli scenari futuri dello stato quali-quantitativo della risorsa idrica sotterranea, soprattutto nelle attuali situazioni di cambiamento climatico. Quest'ultimo ha determinato la variazione del regime pluviometrico, incrementando il numero di eventi meteorologici estremi che generano preferenzialmente ruscellamento superficiale, erosione del suolo e dissesto idrogeologico, riducendo pertanto il volume di acqua che si infiltra efficacemente nel substrato roccioso e che va a ricaricare gli acquiferi. Il cambiamento climatico è anche responsabile dell'aumento delle temperature medie annue, che determina una maggiore evapotraspirazione da parte delle piante e del suolo. Inoltre, l'incremento costante del livello del mare, a seguito dello scioglimento dei ghiacci, favorisce l'avanzamento dell'intrusione marina in acquiferi costieri; infine, la sempre crescente domanda di acqua per scopi agricoli, industriali e potabili, oltre a quelli derivanti dall'impatto del turismo estivo, rendono il problema dell'approvvigionamento idrico una delle più importanti sfide del futuro. La popolazione mondiale, infatti, cresce a tassi esponenziali e negli ultimi 50 anni è raddoppiata (Thatcher *et al.*, 2017); risulta molto importante preservare le risorse del nostro Pianeta al fine di garantire prosperità e sopravvivenza per il futuro dell'umanità.

In Puglia i distretti idrogeologici carsici sono Promontorio del Gargano, Altopiano delle Murge e Penisola del Salento (Maggiore e Pagliarulo, 2004; Parise, 2011; Cotecchia, 2014), procedendo da N verso S; inoltre, sono presenti corpi idrici in mezzi porosi, il più importante dei quali scorre nei depositi del Tavoliere delle Puglie, tra il distretto del Gargano e quello delle Murge. Nelle falde porose, la risorsa idrica risulta

estremamente degradata da una forte componente di intrusione marina, associata ad inquinamento antropico; in particolare nel Tavoliere, le acque salate si ritrovano anche sul bordo E (Cotecchia and Magri, 1966; Mongelli and Ricchetti, 1970; Maggiore and Mongelli, 1991; Grassi and Tadolini, 1992), a contatto con il Gargano tramite la faglia del Candellaro che agisce come elemento di connessione idraulica tra le acque garganiche e le acque connate, più profonde e salate (Masciale *et al.*, 2010). Per quel che riguarda gli acquiferi carsici, si stima che in alcuni settori costieri l'interfaccia Ghyben-Herzberg acqua dolce/acqua salata si sia spostata di alcune decine di chilometri nell'entroterra (Regione Puglia, 2009) e che nella sola penisola salentina, il settore carsico a maggiore stress idrico in regione, entro il 2200 ci sarà una riduzione del 16% della risorsa idrica attualmente presente (Masciopinto e Liso, 2016); si sottolinea che tale stima considera come fattore determinante la perdita di risorsa solo l'incremento del livello del mare, senza tenere conto della riduzione di infiltrazione efficace.

La perdita di risorsa in contesti di cambiamenti climatici definisce l'urgenza e la necessità di avviare monitoraggi specifici, mirati alla caratterizzazione idrogeologica ed idraulica degli acquiferi regionali. Inoltre, l'eterogeneità territoriale necessita dell'utilizzo di approcci di indagine combinati, come l'integrazione di dati geologici, idrogeologici e speleologici che garantiscono l'acquisizione di dati diretti del sottosuolo (La Moreaux and Stevanovic, 2015).

Particolare attenzione deve essere rivolta agli acquiferi carsici, estremamente vulnerabili e difficili da bonificare (White, 1988; Ford and Williams, 2007; Parise and Gunn, 2007). Pertanto, studi approfonditi sulla geochimica e sulle caratteristiche fisiche degli acquiferi e delle sorgenti (sia subaeree che sottomarine), assieme al monitoraggio climatico e all'intensificazione dei controlli per l'individuazione dei pozzi di emungimento illegali, potrebbero essere azioni fondamentali per una adeguata quantificazione del bilancio idrico e, più in generale, per lo studio idrogeologico regionale. I risultati di tali studi rappresenterebbero la base scientifica su cui le autorità locali dovrebbero basare la gestione e salvaguardia delle risorse idriche sotterranee (White, 2015).

Apulia Region (Southern Italy) shows a peninsular asset, bordered by more than 800 km of coastline and characterized by Mediterranean arid/semi-arid climate. A very high percentage (80%) of the territory presents soluble rock at the outcrop, the Cretaceous limestone belonging to the Mesozoic carbonate Apulia platform, and the remaining 20% of Miocene - Quaternary calcarenite deposits; this condition makes Puglia the first karst region of southern Italy. In the context of climate change, these natural factors promote the qualitative and quantitative degradation of the underground water resource, with decrease of natural recharge, making the aquifers further vulnerable to seawater intrusion. There are also exacerbating anthropogenic factors, such as the widespread presence of illegal pumping wells, which lead to poor management and further depletion of the resource. A peculiar feature of karst territories is the extreme subsoil physical anisotropy, leading to high vulnerability of the aquifers hosted in the carbonate rock masses.

In such environments, surface water is very scarce, often absent, as it infiltrates quickly into the fractures of the epikarst; it flows mainly vertically driven by the gravity force towards the vadose/unsaturated portion of the subsoil (Williams, 1983; Klimchouk 2000; Aquilina *et al.*, 2006) until reaching the phreatic zone, where it starts to flow mainly horizontally, driven by hydraulic gradient (Mangin, 1973, 1975). The rainwater infiltration occurs both in a diffuse way through the fractures, or in concentrated way, through the sinkholes, physical elements of direct connection between the surface and the underlying aquifer; they, therefore, are formidable actors in the natural recharging process, together with other karst superficial features, such as dolines and endorheic basins (White, 2002). At the same time, they are also sensitive points for water resource potential pollution.

In addition to the spatial anisotropy, karst aquifers evolve over time (Bonacci, 1987; Dreybrodt, 1988; White, 1988; Klimchouk *et al.*, 2000; Ford and Williams, 2007) thanks to the combined effect of: the physico-chemical water action that dissolves the rock widening the initial fractures, and the continuous fluctuation of the karst base level, generally corresponding to the sea level. Thus, modified by the underground water flow, the rock masses present a triple porosity referred to the matrix, the fractures

and the conduits; within the matrix and the fractures, with a few-millimeter aperture, the water moves under laminar flow regime, while in the fractures with greater aperture and in the conduits the regime becomes turbulent. The highly heterogeneity of these aquifers makes difficult the implementation of numerical models, which simulate hydrogeological dynamics, and the related outputs are not able to represent adequately the processes; the EPM (Equivalent Porous Media) models are generally used, which do not allow the simulation of characteristic karst processes, and the uncertainty of the simulation results is much greater in karst aquifers than in porous ones (Kovacs and Sauter, 2007). Since karst waters often represent the only resource available for the communities living in these territories, it is necessary to deepen studies, start specific monitoring and develop forecasting models as regards the groundwater quality and quantity status, especially in the current climate change scenario. The latter has determined the variation of the rainfall-regime, increasing the number of extreme meteorological events that preferentially generate surface runoff, soil erosion and hydrogeological instability, thus reducing the volume of water that effectively infiltrates into the ground, recharging the aquifers. Climate change is also responsible for the increase in average annual temperatures, which leads to greater evapotranspiration by plants and soil. In addition, the constant rise in sea level, following the ice cup and glacier melting, facilitate the marine intrusion in coastal aquifers; finally, the increasing water demand for agricultural, industrial and drinking purposes, in addition to those resulting from the touristic need during summer season, make the problem of water supply one of the most important challenges of the future. The world population, indeed, is growing at exponential rates and has doubled in the last 50 years (Thatcher *et al.*, 2017); it is very important to preserve the resources of our planet in order to ensure prosperity and survival for the future of humanity.

In Apulia the karst hydrogeological districts are the *Gargano Promontory*, the *Murge Plateau* and the *Salento Peninsula* (Maggiore and Pagliarulo, 2004; Parise, 2011; Cotecchia, 2014), proceeding from N to S; furthermore, there are water bodies in porous media, the most important of which flows in the deposits of the *Tavoliere delle Puglie*, between the *Gargano* and *Murge* districts. The

porous aquifers are extremely degraded by a strong component of marine intrusion, associated with anthropogenic pollution; in particular in the *Tavoliere*, salt water is also found at the E district border (Cotecchia and Magri, 1966; Mongelli and Ricchetti, 1970; Maggiore and Mongelli, 1991; Grassi and Tadolini, 1992), in contact with the *Gargano* through the *Candelaro* fault acting as hydraulic connection element between *Gargano* waters and the deeper and salty connate waters (Masciale *et al.*, 2010). As regards the karst aquifers, it is estimated that in some coastal sectors the Ghyben-Herzberg freshwater/saltwater interface is located some tens of kilometers inland (Regione Puglia, 2009), and in the Salento peninsula, the karst sector with the greatest water stress in the region, by 2200 there will be a reduction of about 16% of the current water resource (Masciopinto and Liso, 2016); it is emphasized that this estimation considers only the sea level increase as determining factor for the resource loss, without taking into account the reduction of effective infiltration.

The loss of resources in climate change contexts defines the urgency and need to plan specific monitoring, aimed at the hydrogeological and hydraulic characterization of regional aquifers. In addition, the intrinsic heterogeneity requires the use of combined investigation approaches, such as the integration of geological, hydrogeological and speleological data that guarantee the acquisition of direct subsoil data (La Moreaux and Stevanovic, 2015).

Particular attention must be paid to karst aquifers, which are extremely vulnerable and difficult to restore (White, 1988; Ford and Williams, 2007; Parise and Gunn, 2007). Therefore, studies on the geochemistry and physical characteristics of both aquifers and springs (both subaerial and submarine), together with climate monitoring and the identification of illegal wells, could be fundamental actions for the adequate assessment of groundwater status and the right water balance and, more generally, for the regional hydrogeological study. The results of these researches would represent the scientific basis on which local authorities should build the groundwater resources management and protection actions (White, 2015).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AQUILINA L., LADOUCHE B. AND DOERFLINGER N. (2006), *Water storage and transfer*

in the epikarst of karstic systems during high flow periods. J. Hydrol., 327, 472–485.

BONACCI O. (1987), *Karst hydrogeology with special reference to the Dinaric karst*. New York: Springer, 184 pp.

COTECCHIA V. (2014), *Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa*. Memorie Descrittive Carta Geologica d'Italia, 92, 416 pp.

COTECCHIA V. AND MAGRI G. (1966), *Idrogeologia del Gargano*. Geologia Applicata e Idrogeologia 1966; 1: 1-86

DREYBRODT W. (1988), *Processes in karst systems – physics, chemistry and geology*. Heidelberg, New York: Springer, 288 pp.

FORD D.C. AND WILLIAMS P. (2007), *Karst hydrogeology and geomorphology*. Wiley, Chichester, 448 pp. <https://doi.org/10.1002/9781118684986>

FORD D.C. AND WILLIAMS P. (2007), *Karst hydrogeology and geomorphology*. Wiley, Chichester, 448 pp. <https://doi.org/10.1002/9781118684986>

GRASSI D. AND TADOLINI T.- (1992), *Caratteristiche chimico-fisiche delle acque della falda carsica del Gargano*. CNR-GNDCI, pubbl. n. 538, Bari.

KLIMCHOUK A.B. (2000), *The formation of epikarst and its role in vadose speleogenesis*. In: Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N. and Dreybrodt W. (Eds.), *Speleogenesis; Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville, AL: National Speleological Society of America, 91–99

KLIMCHOUK A.B., FORD D.C., PALMER A.N. AND DREYBRODT W. (Eds.) (2000), *Speleogenesis, evolution of karst aquifers*. Huntsville, Alabama, USA: National Speleological Society, Inc., 527 pp.

KOVÁČKS A. AND SAUTER M. (2007), *Modeling karst hydrodynamics*. In: Goldscheider N. and Drew D. (Eds.), *Methods in karst hydrogeology*. International contributions to hydrogeology, 26. Taylor and Francis. ISBN: 13:978-0-415-42873-6

LA MOREAUX J. W. AND STEVANOVIC Z. (2015), *Historical overview on karst research*. In: Stevanovic Z. (EDS) - *Karst aquifers: characterization and engineering*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-12850-4.

MAGGIORE M. AND MONGELLI F. (1991), *Hydrogeothermal model of ground-water supply to San Nazario spring (Gargano, Southern Italy)*. Proceedings of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas, Padova 27 sept, 1991; Quaderni del Dipartimento di Geografia n. 13, Università di Padova, 307-324.

MAGGIORE M. AND PAGLIARULO P. (2004), *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia*. Geologi e Territorio, 1, 13-35.

MANGIN A. (1973), *Sur la dynamique des transferts en aquifère karstique*. Proc. 6th Int. Congress of Speleology, Olomouc, CSSR, 6, 157–62.

MANGIN A. (1975), *Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques*. Univ. Dijon These Doct. es. Sci. Annales de Spéléologie, 29 (3), 283–332; 29 (4),

495–601; 30 (1), 21–124.

MASCIALE R., BARCA E. AND PASSARELLA G. (2010), *A methodology for rapid assessment of the environmental status of the shallow aquifer of "Tavoliere di Puglia" (Southern Italy)*. Environ. Monit. Assess., 177, 245–261. DOI 10.1007/s10661-010-1631-0

MASCIOPINTO C. AND LISO I.S. (2016), *Assessment of the impact of sea-level rise due to climate change on coastal groundwater discharge*. Science of the Total Environment, 569–570, 672–680. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.183>.

MONGELLI F. AND RICCHETTI G. (1970), *Heat flow along the Candelaro fault, Gargano headland (Italy)*. Geothermics, Special Issue, 2.

PARISE M. (2011), *Surface and subsurface karst geomorphology in the Murge (Apulia, southern Italy)*. Acta Carsologica, 40 (1), 79–93. <https://doi.org/10.3986/ac.v40i1.30>

PARISE M. AND GUNN J. (Eds.) (2007), *Natural and anthropogenic hazards in karst areas: recognition, analysis and mitigation*. Geological Society of London, special publication 279, London, 202 pp.

REGIONE PUGLIA (2009), *Piano di Tutela delle Acque (PTA); Regional Water Protection Plan (PTA)*. Water Protection Service: Bari, Italy.

THATCHER A., WATERSON P., TODD A. AND MORAY N. (2017), *State of Science: ergonomics and global issues*. Ergonomics. DOI:10.1080/00140139.2017.1398845.

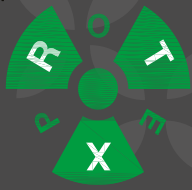
<http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2017.1398845>

WHITE W.B. (1988), *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. New York, Oxford Univ. Press, 464 pp.

WHITE W.B. (2002), *Karst hydrology: recent developments and open questions*. Engng. Geol., 65, 85–105.

WHITE W. B. (2015), In: ANDREO B., CARASCO F., DURAN J.J., JIMENEZ P. AND LA MOREAUX J.W. (EDS) *Hydrogeological and environmental investigations in karst systems*. Springer, Heidelberg, 21–25

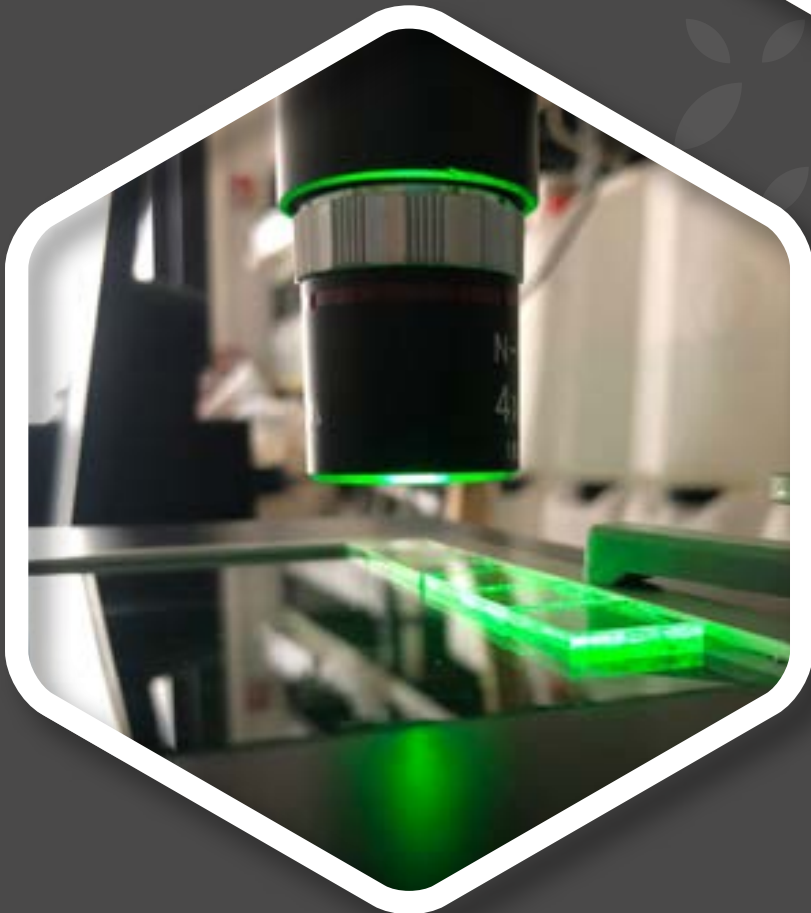
WILLIAMS P.W. (1983), *The role of the subcutaneous zone in karst hydrology*. J. Hydrology, 61, 45–67.



PROTEX ITALIA



LE BONIFICHE
CHE
RISPETTANO
L'AMBIENTE



RADON
SERVIZI DI
DOSIMETRIA e
ORGANISMO DI
MISURA

Ex Art. 155 D.Lgs 101/2020
Laboratorio di Fisica e Radiochimica
"Antonio Corberi"
Lab. N° 1619L UNI EN ISO 17025:2018

PROTEX ITALIA S.R.L.

Via Cartesio, 30 - 47122 Forlì (FC) - Tel. +39 0543 724747 - protex@protexgroup.com
www.protexgroup.com



www.serveco.it



Lavoriamo per rendere la terra un posto migliore

La storia di **Serveco** inizia in Puglia nel 1987. Avevamo grandi sogni nel cassetto e li stiamo realizzando, giorno dopo giorno, grazie ai tanti clienti che ci hanno dato fiducia e al nostro impegno.

Il settore “**Bonifiche Ambientali**” si occupa della bonifica/messa in sicurezza e riqualificazione di aree contaminate, decommissioning e bonifiche di manufatti contenenti amianto friabile e/o compatto, grazie alla presenza di uno staff tecnico interno di elevata qualità. L'esperienza maturata nel corso degli anni ha consentito di diversificare i servizi al passo con le regolamentazioni ambientali e con le migliori tecnologie disponibili.

SERVECO SRL

Sede legale e amministrativa

Zona PIP - Viale delle Imprese, 3
74020 MONTEMESOLA (TA)
Tel +39 099 567 11 11

Sede operativa

Via Tanaro, 13/A
20017 RHO (MI)
Tel +39 02 2513 8915

Sede operativa

Via Filippo Corridoni, 3
21100 VARESE
Tel +39 0332 195 25 04

Divulgazione delle scienze geologiche attraverso i geositi: l'esempio del progetto "Geoscuola" in Basilicata

Disclosure of geological sciences through the geosites: the example of geoscuola project in Basilicata

Parole chiave: divulgazione, geoscienze, progetto geoscuola, geositi, basilicata
Key words: disclosure, geoscience, geoscuola project, geosites, basilicata region

GeoScuola è un progetto divulgativo finalizzato alla promozione della cultura geologica tra gli studenti delle scuole secondarie di primo grado della Basilicata. L'iniziativa, realizzata dallo spin off accademico ExtraGEO dell'Università degli Studi della Basilicata, in collaborazione con Shell E&P Italia, viene riproposta dal 2014 ed è giunta alla sesta edizione.

Il progetto ha coinvolto fino ad oggi 20 scuole per un totale di circa 2000 studenti. Le attività didattiche, svolte in genere tra marzo e maggio, sono suddivise tra cinque lezioni frontali e un'escursione finale presso Sasso di Castalda (PZ), Castelmezzano (PZ) o Rionero in Vulture (PZ), geositi di rilievo nazionale e internazionale.

Il programma didattico affronta i principali ambiti delle Geoscienze (origine del sistema solare, tettonica a placche, riconoscimento delle rocce, vulcani, terremoti, panoramica sul mondo delle energie, patrimonio geologico e ambientale) attraverso strumenti multimediali e tecnologie avanzate. L'intero corso si basa su un approccio laboratoriale e interattivo, arricchito da metodi didattici innovativi quali *cooperative learning*, *flipped classroom*, *mind mapping* e *problem posing*.

In questo lavoro raccontiamo l'esperienza di sei edizioni del progetto GeoScuola, analizzando metodologie e risultati e dimostrando come la scuola possa diventare un sistema dinamico, capace di co-evolversi con il territorio e di agire come co-attore di tutela, valorizzazione e promozione del patrimonio geologico.

INTRODUZIONE

I geositi (Wimbledon, 1996) racchiudono la memoria della Terra, l'identità dei luoghi, la testimonianza di processi che hanno reso e rendono tutt'ora pos-

sibile l'esistenza e l'evoluzione di qualsiasi forma di vita, vegetale e animale. La regione Basilicata ospita 120 geositi e 1 Geoparco (database ISPRA, 2021¹) e, da alcuni anni, si è dotata di uno strumento normativo a garanzia della tutela e dello sviluppo del patrimonio geologico, attraverso l'approvazione della Legge Regionale n. 32/2015. La necessità di tutelare il patrimonio geologico attraverso leggi ad hoc incontra l'esigenza di accrescere, soprattutto nei giovani, una cultura e una sensibilità verso la geoconservazione.

Il progetto divulgativo GeoScuola, realizzato da ExtraGEO, spin off accademico dell'Università degli Studi della Basilicata, in collaborazione con Shell Italia E&P, nasce proprio con l'obiettivo di promuovere la cultura geologica tra gli studenti delle scuole secondarie di primo grado di alcune aree della Basilicata (Lucente *et al.*, 2018). Durante le attività, gli studenti vengono coinvolti in lezioni frontali ed escursioni, imparano a conoscere e apprezzare le peculiarità geo-naturalistiche del loro territorio, acquisiscono le necessarie conoscenze per validare le informazioni e le loro fonti. Tali abilità si rivelano molto utili per aumentare la coscienza di luogo e per sviluppare il pensiero critico, molto vantaggioso in un'epoca in cui i social media, con la loro capillare diffusione, garantiscono l'accesso a dati e informazioni tanto più semplice e immediato quanto incontrollato e privo di riscontro e verifica.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Le attività del progetto GeoScuola hanno in genere inizio nel mese di ottobre, con la redazione del calendario

delle lezioni, concordato con i dirigenti scolastici e i docenti di scienze. In parallelo si lavora alla verifica e all'aggiornamento e dei contenuti (lezioni, materiale didattico, campioni di roccia, ecc.). Viene inoltre svolto un sopralluogo nei geositi dove si terranno le escursioni, con la finalità di verificare gli standard di sicurezza, l'integrità dei geotinerari e la manutenzione dei sentieri. La cartografia escursionistica e, più in generale, tutti i dati territoriali relativi al progetto, vengono elaborati e gestiti in ambiente GIS. Nel mese di marzo iniziano le attività di aula, che coinvolgono normalmente fino a 20 scuole, con un totale anche di oltre 100 incontri, suddivisi tra lezioni frontali e attività di campo.

ATTIVITÀ D'AULA

Il programma di didattica frontale si articola in 5 lezioni di 2 ore ciascuna, svolte in classe di mattina o di pomeriggio, in genere con cadenza settimanale. Ogni lezione è incentrata su un tema specifico e viene tenuta da 2 formatori di ExtraGEO. Durante il meeting, i formatori coinvolgono attivamente gli allievi, commentano diapositive, figure e animazioni proiettate a schermo ed eseguono laboratori in cui i ragazzi acquisiscono competenze e conoscenze attraverso vie esperienziali (Fig. 1).

La prima lezione racconta la storia del Sistema Solare, esplora l'interno della Terra e illustra la tettonica a placche e il ciclo delle rocce, focalizzandosi sulla distinzione tra rocce ignee, metamorfiche e sedimentarie. La seconda lezione stringe il campo sui fenomeni sismici e vulcanici, connessi alla tettonica a placche. La terza lezione presenta un excursus sull'evoluzione della vita sulla Terra, spiegando come i resti di organismi fossili abbiano dato origine agli idrocarburi.

La quarta lezione fa il punto sulle altre fonti naturali di energia, dall'i-

Salvatore Lucente⁽¹⁾, Mario Bentivenga^(1,2), Valentina Cantarelli⁽¹⁾, Giacomo Prosser^(1,2), Giovanna Rizzo^(1,2), Giovanni Soldo⁽¹⁾, Ivan Giulio Baggi⁽³⁾, Giammarco Guidetti⁽¹⁾

⁽¹⁾ Extrageo s.r.l.s. - Spin Off Accademico, Potenza

⁽²⁾ Dipartimento di Scienze - Università degli Studi della Basilicata, Potenza

⁽³⁾ Shell Italia E&P

E-mail: salvatore_lucente@libero.it

1 ISPRA (2021). Sito <http://sgi.isprambiente.it/GeositiWeb/default.aspx?ReturnUrl=%2fgeositiweb%2f>, consultato ad agosto 2021.

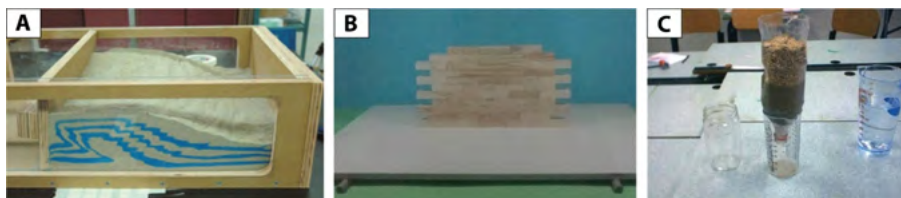


Figura 1. Alcuni semplici esperimenti svolti in classe durante le lezioni del progetto GeoScuola: (a) sand box; (b) seismic box; (c) perm box (si rimanda al testo per la spiegazione dettagliata)



Figura 2. Alcuni momenti delle escursioni geoturistiche finali. Le attività di campo sono interattive: ad ogni stop del percorso, le spiegazioni dei docenti si alternano alle domande del Geoquiz

droelettrico alla geotermia. La quinta e ultima lezione introduce gli studenti ai significati di patrimonio geologico, geodiversità, geoconservazione e geoturismo (Bentivenga *et al.*, 2019). Vengono descritti i geositi presenti in regione, in Italia e nel resto del mondo. In questo modo gli allievi imparano meglio la storia geologica della loro regione, e assumono una “coscienza di luogo”, ossia la consapevolezza della rilevanza del patrimonio geonaturalistico locale, anche attraverso il confronto con luoghi più remoti. L'ultima lezione è anche finalizzata a preparare gli studenti alle successive attività di campagna.

ATTIVITÀ DI CAMPO

Al termine della fase d'aula, viene programmata un'uscita sul campo in un geosito della regione (Fig. 2). Durante l'escursione, i ragazzi assumono il ruolo di piccoli geologi, avendo l'opportunità di riconoscere e toccare letteralmente con mano forme, strutture e prodotti derivanti da processi fisici e geologici studiati in classe (fratture, pieghe, faglie e indicatori cinematici, sovrascorrimenti, strati con diverse litologie, fossili, morfoselezione ecc.). Gli studenti si sfidano inoltre in prove interattive (Fig. 3).

I geositi della Basilicata selezionati nelle varie edizioni per le attività di campo sono di seguito descritti:

- Sasso di Castalda (PZ): la geologia emerge tra le case dell'abitato, esponendo strutture tettoniche a diverse scale (Ciarapica & Passeri, 2000; Palladino *et al.*, 2013; Guido *et al.*, 2021). Lungo le pareti del fosso dell'Arenatra affiorano successioni del Triassico e del Giurassico afferenti alla serie calcareo-silico-marnosa del Bacino di Lagonegro (Scandone, 1967; 1972).
- Castelmezzano (PZ): il paese è arroccato sui versanti delle Dolomiti Lucane, rilievi scolpiti in arenarie e conglomerati miocenici, che mostrano una singolare convergenza morfologica con le Dolomiti alpine. Tra i torrioni e i pinnacoli che dominano il borgo, è possibile osservare strutture a nido d'ape, profili zoomorfi e antropomorfi scolpiti dall'erosione, strati con serie di *Bouma* complete ed eccezionalmente conservate (Loiacono, 1994; Casciano *et al.*, 2019).
- Monte Vulture (PZ): vulcano a chimismo potassico, attivo nel Pleistocene medio. Durante le ultime mani-

festazioni eruttive, sono state emesse lave carbonatiche, mentre il collasso di una parte dell'edificio ha formato una caldera con due laghi profondi fino a 40 m (Giannandrea *et al.*, 2006 e relativa bibliografia).

BIBLIOGRAFIA

- BENTIVENGA M., CAVALCANTE F., MASTRONUZZI G., PALLADINO G. & PROSSER G. (2019), *Geoheritage: the Foundation for Sustainable Geotourism*. Geoheritage J., DOI:10.1007/s12371-019-00422-w.
- CASCIANO C. I., PATACCI M., LONGHITANO S. G., TROPEANO M., McCAFFREY W. D. & DI CELMA C. (2019), *Multi-scale analysis of a migrating submarine channel system in a tectonically-confined basin: The Miocene Gorgoglione Flysch Formation, southern Italy*. *Sedimentology*, 66(1), 205-240.
- CIARAPICA G. & PASSERI L. (2000), *Le facies del Triassico inferiore e medio (fm. di Monte Facito Aucutt.) nelle aree di Sasso di Castalda e di Moliterno (Basilicata)*. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 119, 339-378.
- GUIDO A., PALLADINO G., SPOSATO M., RUSSO F., PROSSER G., BENTIVENGA M. & MASTANDREA A. (2021), *Reconstruction of tectonically disrupted carbonates through quantitative microfacies analyses: an example from the Middle Triassic of Southern Italy*. *Facies*, 67, 22. <https://doi.org/10.1007/s10347-021-00631-2>.
- GIANNANDREA P., LA VOLPE L., PRINCIPE C. & SCHIATTARELLA M. (2006), *Unità stratigrafiche a limiti inconformi e storia evolutiva del vulcano medio-pleistocenico di Monte Vulture (Appennino meridionale, Italia)*. *Bollettino-Società Geologica Italiana*, 125(1), 67.
- LOIACONO F. (1994), *Geometrie e caratteri deposizionali dei corpi arenacei nella successione stratigrafica del flysch di Gorgoglione (Miocene superiore, Appennino meridionale)*. *Bollettino della Società geologica italiana*, 112(3-4), 909-922.
- LUCENTE S., BENTIVENGA M., CANTARELLI V., GUIDETTI G., PROSSER G., RIZZO G. & SOLDI G. (2018), *Il progetto didattico-divulgativo GeoScuola: un esempio di valorizzazione del patrimonio geologico attraverso il geoturismo*. Presentazione poster, Convegno “Il Patrimonio Geologico: dallo studio di base al geoturismo sostenibile”, Sasso di Castalda, 26-27 aprile.
- PALLADINO G., PROSSER G. & BENTIVENGA M. (2013), *The geological itinerary of Sasso di Castalda: a journey into the geological history of the Southern Apennine thrust-belt (Basilicata-Southern Italy)*. *Geoheritage*. DOI 10.1007/s12371-012-0073-1.
- SCANDONE P. (1967), *Studi di geologia lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. *Bollettino Società Naturalistica in Napoli*, 6, 1-175.
- SCANDONE P. (1972), *Studi della geologia lucana: Carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note illustrative*. Istituto di Geologia dell'Università di Napoli.
- WIMBLETON, W.A.P. (1996), *Geosites—A new conservation initiative*. *Episodes Journal of International Geoscience*, 19(3), 87-88.



Figura 3. Due momenti del gioco di ricostruzione del puzzle tettonico. Gli studenti, divisi in due squadre, partono da dietro una linea di start e raggiungono la stazione di gioco. Una volta assemblato il puzzle ritornano al punto di partenza. Vince la squadra che taglia per prima il traguardo

Geositi e geoturismo: potenziali strumenti di sensibilizzazione verso il rischio sismico ...e non solo

Salvatore Lucente

Spin off accademico ExtraGEO -

Università degli Studi della Basilicata

E-mail: salvatore_lucente@libero.it

extrageosrls@gmail.com

Geosites and geotourism: potential tools of awareness of the seismic risk ...and not only

Parole chiave: geositi, rischio sismico, rischio climatico, educazione ambientale

Key words: geosites, seismic risk, climate risk, environmental education

ABSTRACT

L'obiettivo di questo lavoro è promuovere il patrimonio geologico e il geoturismo quali risorse a supporto dell'educazione ambientale e della cultura della prevenzione. Vengono, a titolo di esempio, presentati alcuni geositi che possono assumere una valenza sociale ed educativa, oltre che scientifica e turistica, fondata proprio sul potere pedagogico delle testimonianze dirette di disastri trascorsi. Disastri che, attraverso una corretta dialettica divulgativa, dovranno essere proiettati anche nel futuro e integrati in un nuovo immaginario di società consapevole, responsabile, resiliente. Si propone quindi di assimilare tali siti al patrimonio geologico nazionale e di inserirli nel geodatabase dell'ISPRA con una designazione specifica (rischio sismico e vulcanico, rischio climatico, rischio geoidrologico ecc.).

1. INTRODUZIONE

L'Italia peninsulare è caratterizzata da una elevata *pericolosità* sismica (Melletti *et al.*, 2008). La forte densità abitativa e l'ampio patrimonio storico e architettonico del Paese espongono il già fragile territorio a un *rischio* sismico altrettanto elevato (Crowley *et al.*, 2008).

Gli effetti dei terremoti si manifestano largamente sull'ambiente fisico (scarpate di faglia, sismiti, depositi da tsunami, frane sismoindotte ecc.) e sulle opere antropiche antiche e recenti (centri abitati danneggiati o rasi al suolo, monumenti e resti archeologici). Anche la memoria collettiva viene ripetutamente segnata dalle rilevanti sequenze sismiche, fisiologicamente connesse all'evoluzione dell'orogene appenninico. Tuttavia, con il succedersi delle generazioni, la memoria storica degli eventi calamitosi tende a indebolirsi insieme alla coscienza civile del rischio. Occorre allora preservare e divulgare le testimonianze lasciate dai terremoti sul territorio, affinché la con-

sapevolezza del rischio sia sempre viva nella collettività, anche nei periodi più o meno lunghi di quiescenza sismica.

Un altro tema molto attuale è l'impatto del rischio climatico sulle popolazioni e sugli ambienti naturali. Sempre più frequentemente alluvioni e piene interessano il Mediterraneo e l'Italia (Bentivenga *et al.*, 2020 con relativa bibliografia); la criosfera continentale si sta riducendo e al contempo diventano più instabili i ghiacciai e i nevai in fase di ritiro (Sommer *et al.*, 2020); il livello del mare registra ormai da decenni un trend di crescita (Cazenave & Llovel, 2010). Se il dibattito su cause e responsabilità di catastrofi ricollegate al rischio sismico e climatico resta aperto, la divulgazione scientifica e la corretta informazione al grande pubblico restano i più fertili terreni di coltura della prevenzione e della mitigazione dei rischi. Il geoturismo, declinato anche a questa missione, può divenire una pratica permanente di consapevolezza e prevenzione verso ogni tipo di calamità di origine naturale o antropica.

2. GEOSITI: DALLA COSCIENZA DEL RISCHIO ALL'OBIETTIVO RESILIENZA

2.1. RISCHIO SISMICO

Si riporta di seguito una breve descrizione dei siti italiani individuati per il rischio sismico:

- Scarpata di faglia del Monte Vetture (tra le province di Ascoli Piceno e Perugia): è la principale evidenza superficiale della sequenza sismica di Amatrice del 2016, generata dagli eventi principali di Mw 6.0 (24 agosto 2016) e 6.5 (30 ottobre 2016). La fagliazione superficiale si estende per circa 30 km in direzione NW-SE, con picchi di dislocazione di circa 2 m lungo il versante occidentale del Monte Vetture (G.D.L. INGV, 2017). Per salvaguardare il sito, soggetto a ra-

pidia erosione, sarebbero auspicabili immediati interventi di tutela e musealizzazione, anche solo di una piccola parte della scarpata. La valenza scientifica, didattica e sociale di simili interventi è dimostrata dall'esempio del *921 Earthquake Museum* di Taiwan, realizzato su una deformazione cosmica originatasi durante il terremoto del 1999 (Ryan & Hsu, 2011).

- Paese di Romagnano a Monte (SA): gravemente danneggiato dal terremoto del 1980, l'abitato fu abbandonato subito dopo dalla popolazione. Oggi i resti del borgo potrebbero diventare un laboratorio a cielo aperto per lo studio degli effetti del terremoto sulle abitazioni, ma interventi parziali di messa in sicurezza pongono ancora limiti di fruibilità.
- Le vestigia della antica Brienza (PZ): il centro storico antico, poco a nord dell'attuale paese, fu completamente raso al suolo durante il terremoto della Val d'Agri del 1857. Rimasero in piedi solo alcune pareti e la sezione basale degli edifici. Il valore storico-monumentale del borgo, la presenza del Castello Caracciolo poco più a monte e la prossimità delle marmitte dei giganti sul fondo del torrente Pergola (Bentivenga *et al.*, 2003) rappresentano una cornice ottimale per valorizzare le testimonianze dell'attività sismica in epoca storica.
- Berma da tsunami a Torre Sant'Emiliano (LE): ubicato pochi chilometri a sud di Otranto, questo settore di costa testimonia l'impatto, sul litorale salentino, di onde anomale scaturite dal sisma del 1743. Il maremoto ha sollevato dal fondale blocchi fino a circa 30 tonnellate di peso e li ha depositati ad un massimo di 80 m dalla linea di costa, dove le mareggiate non possono arrivare (Mastronuzzi *et al.*, 2007). Il sito testimonia un

rischio geologico significativo per le coste pugliesi (e non solo), oggi sempre più frequentate ed esposte a potenziali maremoti generati da diverse sorgenti dislocate nel Mediterraneo.

- Pseudotachiliti affioranti lungo il lineamento di Curinga-Girifalco, in Calabria (Altenberger *et al.*, 2013): il loro contributo allo studio dei terremoti è notevole; l'esumazione di queste rocce permette infatti di osservare e comprendere i processi di deformazione ed evoluzione delle faglie in profondità nella crosta, dove hanno origine i fenomeni sismici. L'approccio petrologico allo studio delle pseudotachiliti valorizza il peso dei processi a scala microscopica nella genesi della sismicità.

2.2. RISCHIO CLIMATICO

Si riporta di seguito, a titolo di esempio, una breve descrizione delle località italiane, alcune già classificate come geositi, individuate come esemplificative del rischio climatico:

- Riserva Naturale Gole del Raganello: il tratto inforato del torrente è diventato tristemente noto alle cronache per l'onda di piena in cui 11 persone persero la vita nel 2018 (Avolio *et al.*, 2019). Il geosito, oltre a rivestire un interesse geomorfologico, ha suscitato la necessità di una fruizione limitata e di una maggiore consapevolezza per chi vi entra. Classificare il geosito come esemplificativo anche dei rischi climatico e idraulico permetterebbe di indirizzare, fin dall'origine, politiche di gestione e valorizzazione geoturistica verso la riduzione del rischio.
- Ghiacciaio della Marmolada: ubicato sulle Dolomiti, tra Trento e Belluno, nel decennio 2004-2014 ha perso il 30% del volume e il 22% dell'area occupata (Santin *et al.*, 2019). A causa del collasso di un blocco di ghiaccio nel luglio del 2022, 11 persone vi hanno perso la vita. Il tragico evento dovrà ridisegnare le regole di fruizione dei ghiacciai, soprattutto nelle ore centrali della giornata, in cui sono sempre più frequenti i superamenti dello zero termico ad alta quota. Per la dinamica instabile dei suoi versanti, inoltre, il ghiacciaio della Marmolada rappresenta un simbolo del degrado della criosfera terrestre a seguito del riscaldamento globale.
- Foce del fiume Sinni e Bosco Pantano di Policoro (Basilicata): l'area costiera nei pressi della foce è stata interessata, in alcuni punti, da un arretramento di

30 m tra il 2008 e il 2010 e di ben 500 m tra il 1908 e il 2010 (Sabato *et al.*, 2011). Benché il *Bosco Pantano di Policoro e Costa Ionica Foce Sinni* sia qualificato come area SIC, le cause dell'arretramento sono da imputarsi prevalentemente ad attività antropiche, come la costruzione di una diga lungo il corso del fiume Sinni (Sabato *et al.*, 2011). Il sito pertanto si candida a rappresentare il ruolo dell'uomo nell'amplificare gli effetti delle variazioni climatiche locali.

CONCLUSIONI

I luoghi descritti per documentare il rischio sismico e climatico racchiudono una forte valenza sociale ed educativa, oltre che scientifica, per i seguenti motivi:

1. Mostrano con immediatezza e realismo gli effetti drammatici di un evento calamitoso a breve e a lungo termine, tenendo quindi viva la consapevolezza della fragilità del territorio e delle opere umane. Questi luoghi sono quindi un *presidio della memoria storica*, anche in tempi lontani da eventi calamitosi estemporanei.
2. Rappresentano un focus permanente per le giovani generazioni, le popolazioni locali, gli studiosi e gli amministratori sulla centralità della pianificazione territoriale come *strumento di prevenzione*; racchiudono casi emblematici ed esperienze vissute dalle comunità e insegnano a coabitare con i fenomeni naturali in un'ottica di resilienza.
3. Inducono ad osservare con massima attenzione gli effetti naturali (elementi morfologici, rocce ecc.) come sintomatici del grado di pericolosità di un luogo.

Per tutti questi motivi, si avanza la proposta di ampliare le voci descrittive delle schede ISPRA per la classificazione dei geositi con i seguenti obiettivi: (i) valorizzare il significato evocativo/simbolico e pedagogico del geosito (o candidato tale); (ii) fornire linee guida strategiche per la corretta gestione futura del bene, tenendo conto delle finalità non solo geoturistiche e protezionistiche ma anche di formazione e prevenzione; (iii) ampliare l'opportunità di inclusione anche ad alcuni siti di potenziale interesse ma convenzionalmente non ammissibili nel catalogo.

BIBLIOGRAFIA

AVOLIO E., CAVALCANTI O., FURNARI L., SENATORE A. & MENDICINO G. (2019), *Brief communication: Preliminary hydro-meteorological analysis of the flash flood of 20*

August 2018 in Raganello Gorge, southern Italy. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19(8), 1619-1627.

- ALTENBERGER U., PROSSER G., GRANDE A., GU'NTER C. & LANGONE A. (2013), *A seismogenic zone in the deep crust indicated by pseudotachylytes and ultramylonites in granulite-facies rocks of Calabria (Southern Italy)*. Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 975-994.
- BENTIVENGA M., GIANCRISTIANO F., PALLADINO G. & PRESTERA A. (2003), *Il sito del Castello di Brienza: importanti strutture tettoniche in un contesto morfologico peculiare*. Atti del Convegno Rionero in Vulture (Potenza); 13 e 14 Aprile 2002. Pubblicato in Geologia dell'Ambiente - Periodico della SIGEA, come Suppl. al n. 1/2003, 125-130.
- BENTIVENGA M., GIANO S. I. & PICCARRETA M. (2020), *Recent Increase of Flood Frequency in the Ionian Belt of Basilicata Region, Southern Italy: Human or Climatic Changes?*. Water, 12(7), 2062.
- CAZENAVE A. & LLOVEL W. (2010), *Contemporary sea level rise*. Annual review of marine science, 2(1), 145-173.
- CROWLEY H., COLOMBI M., BORZI B., FARAVELLI M., ONIDA M., LOPEZ M., POLLI D., MERONI F. & PINHO R. (2008), *A comparison of seismic risk maps for Italy*. Bull. Earthq. Eng., 7(1), 149-180.
- GRUPPO DI LAVORO INGV SUL TERREMOTO IN CENTRO ITALIA. *Relazione sullo stato delle conoscenze sulla sequenza sismica in centro Italia 2016-2017 (aggiornamento al 2 febbraio 2017)*. Doi: 10.5281/zenodo.267984.
- MASTRONUZZI G., PIGNATELLI C., SANSÒ P. & SELLERI G. (2007), *Boulder accumulations produced by the 20th of February, 1743 tsunami along the coast of southeastern Salento (Apulia region, Italy)*. Marine Geology, 242, 191-205.
- MELETTI C., GALADINI F., VALENSISE G., STUCCHI M., BASILI R., BARBA S., VANNUCCI G. & BOSCHI E. (2008), *A seismic source zone model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. Tectonophysics, 450, 85-108.
- RYAN C. & HSU S.Y. (2011), *Why do visitors go to museums? The case of 921 Earthquake Museum, Wufong, Taichung*. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 16(2), 209-228.
- SABATO L., LONGHITANO S., CILUMBRIELLO A., GIOIA D., SPALLUTO L. & KALB C. (2011), *Studio sedimentologico e dinamica marino-costiera del sistema litorale di Bosco Pantano di Policoro (Basilicata, Italia meridionale)*. Rend. Online Soc. Geol. It., 17, 161-168.
- SANTIN I., COLUCCI R. R., ZEBRE M., PAVAN M., CAGNATI A. & FORTE E. (2019), *Recent evolution of Marmolada glacier (Dolomites, Italy) by means of ground and airborne GPR surveys*. Remote Sensing of Environment, 235, 111442.
- SOMMER C., MALZ P., SEEHAUS T. C., LIPPL S., ZEMP M. & BRAUN M. H. (2020), *Rapid glacier retreat and downwasting throughout the European Alps in the early 21st century*. Nature communications, 11(1), 1-10.
- WANG L. & TIAN M. (2014), *A discussion on the development model of earthquake relic geopark - a case study of the Qingchuan Earthquake Relic Geopark in Sichuan Province, China*. Journal of Cultural Heritage, 15(5), 459-469.

Cittadella fortificata di Milazzo (Sicilia nord-orientale): risorse geologiche e valorizzazione di un percorso di geoturismo sostenibile

Giovanna A.M. Massacci
Sezione Marche SIGEA - APS
E-mail: studiotyche@mail.com

Fortified citadel of Milazzo (north-eastern Sicily): geological and enhancement of a sustainable geotourism path resources

Parole chiave: Cittadella Fortificata di Milazzo, Archeometria e Beni Culturali, Geoturismo e Risorse Geologiche

Key words: Milazzo Fortified Citadel of Sicily, Archaeometry for Cultural, Heritage, Geotourism and Geological Resources

Il presente lavoro esamina la memoria storica della “Cittadella Fortificata” di Milazzo (ME) e l’antico paesaggio iconico con i suoi manufatti storici: *Mastio Federiciano*, *Edificio Conventuale* o “Palazzo dei Giurati”, *le Mura Aragonesi* e *la Cinta Spagnola* (Fig. 1). La sua fondazione è databile ai primi insediamenti di età neolitica. Nel periodo arcaico si ebbe uno scambio interculturale tra due gruppi coloniali: i Greci e i Fenici. Successivamente, avvenne la romanizzazione della Sicilia nord-orientale e si ebbero le dominazioni medievali da parte di Bizantini, Arabi, Normanni, Svevi, Angioini e Aragonesi. Durante i regni di di Pietro III d’Aragona e dell’Imperatore Carlo V di Spagna (conquistò Tunisi, nel 1574), furono costruite due imponenti Cinte Murarie a protezione della Cittadella di Milazzo.

La caratterizzazione mineralogico-petrografica dei materiali lapidei naturali (ascrivibili all’edificio Alpino dei Monti Peloritani - Settore Meridionale dell’Arco-Calabro-Peloritano - e subordinatamente all’Arco vulcanico del Pleistocene-Olocene Eoliano) e artificiali (malte e intonaci di varia tipologia e cronologia), ha permesso di identificare i possibili bacini di approvvigionamento dei geomateriali lapidei e dei litoidi impiegati nei manufatti architettonici fortificati. L’uso di questi monumenti e strutture difensive rappresenta un elemento di proiezione del potere della Cittadella fortificata e dimostra un importante legame con la storia degli insediamenti umani succedutesi. La Cittadella di Milazzo si integra con la

percezione del paesaggio culturale fortificato, che comprende una varietà di forme architettoniche, dai lavori di sterro alle strutture complesse, progettate per scopi offensivi e difensivi.

Le funzioni originarie di questi sistemi di fortificazione che continuano ad esistere come risorsa geologica dell’ambiente del costruito storico per-

mettono di valorizzare i suoi manufatti storici, con l’istituzione di un itinerario geoturistico per comprendere la visione del paesaggio iconico della Cittadella di Milazzo, i principali geomateriali lapidei e litoidi impiegati, i processi evolutivi delle strutture storiche e difensive, la loro tutela ambientale come espressione culturale.

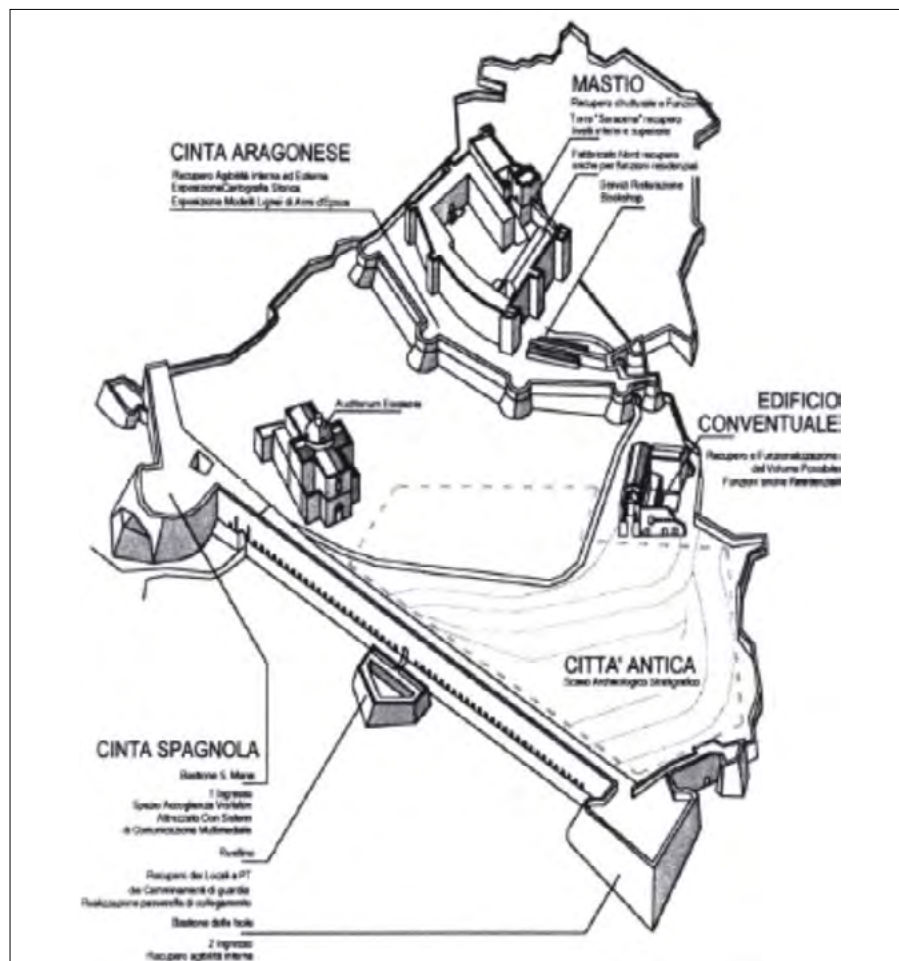


Figura 1. Pianta grafica della Cittadella Fortificata di Milazzo

Verso la candidatura a geosito: il Fosso di Monteverde a Cellino Attanasio tra geologia e valorizzazione

Luisana Ferretti
Archeologa Libera Professionista
E-mail: luisana.effe@libero.it

Davide Mastroianni
PhD in Topografia Antica
SIGEA - APS. Coordinatore Nazionale
Area Tematica Geoarcheologia
E-mail: davidemastroianni@yahoo.it

Towards the candidacy for geosite: the Ditch of Monteverde in Cellino Attansio between geology and enhancement

Parole chiave: Abruzzo, Cellino Attanasio, Fosso di Monteverde, sorgenti sulfuree, sorgenti saline

Key words: Abruzzo, Cellino Attanasio, Ditch of Monteverde, sulfur springs, salt springs

1. INTRODUZIONE

Cellino Attanasio sorge su un alto colle, a 443 slm, compreso fra la valle del Vomano e il corso del Torrente Piomba. L'estensione del territorio comunale è di 44 kmq e il paesaggio, caratterizzato da colline e corsi d'acqua e, l'equa distanza dal Gran Sasso e dal Mare Adriatico, genera, per tutto l'anno, un piacevole clima temperato. La parte orientale del territorio, quella a confine con il comune di Atri, è ricca di calanchi. Questi, per il loro particolare ecosistema, contribuiscono a caratterizzare un'area globalmente eterogenea, capace di offrire una molteplicità di immagini in un territorio circoscritto. Inoltre, presso il fosso di Monteverde e in località "case Di Panfilo" sono presenti vulcani di acqua sulfurea e acqua salata, cosiddetti "vulcanelli di fango", considerati bene naturale da tutelare. Il 24 Ottobre 2021, in occasione della IX° Edizione della Settimana della Terra, la realizzazione del Sentiero delle Sorgenti, attraverso una pannellistica ad hoc (Fig. 1), ha permesso di rendere fruibile e visitabile l'intero percorso all'interno del Fosso di Monteverde; i pannelli, posti lungo il sentiero, descrivono il contesto naturalistico (fauna e flora), geologico, storico e archeologico dell'intera area.

2. LA FAUNA E LA FLORA

Il Fosso di Monteverde è abitato da diversi e rari animali, alcuni anche facili da avvistare durante una silenziosa passeggiata. Attestata è sicuramente la presenza del cinghiale e dell'istrice; non mancano lupi, caprioli, tassi, lepri, volpi, scoiattoli, ghiri, moscardini, granchi e diversi uccelli tra cui falchi, poiane, il picchio rosso e il rarissimo picchio verde (Fig. 2).



Figura 1. Il Sentiero delle Sorgenti. Ingresso da Faiete



Figura 2. Esempio di pannello con indicazione degli animali che si potrebbero incontrare nell'area del Fosso

Il bosco all'interno del Fosso, di 259 ettari, è rivestito principalmente da piante di quercia, carpino nero, nocciolo, acero campestre, pungitopo, ginepro, ma anche da frassino, pioppo, ontano nero e altre specie. Nelle zone più assolate fanno la loro apparizione specie tipiche della macchia mediterranea come il leccio, la roverella, mentre in quelle più umide, il rarissimo capelvenere (Fig. 3). Interessante è la presenza del corniolo e del luppolo selvatico. I cartelli informativi, posizionati lungo il sentiero, servono a facilitare il riconoscimento delle specie arboree e arbustive più comuni o più rare. In primavera e in autunno compaiono la primula e il ciclamino, mentre numerosissime le piante officinali come l'equiseto, la malva, il tarassaco e l'altea.

3. LE SORGENTI SALINE E DI ACQUA SULFUREA

Lungo il percorso è possibile incontrare una sorgente di acqua sulfurea (Fig. 4), denominata dagli abitanti del luogo anche "acqua zolfo", ricca di ioduro di magnesio e una piccola sorgente di acqua salina, satura di idroclorato di sodio, di origine cretoso-argillosa. La sorgente, nel corso della Seconda Guerra Mondiale, contenendo una consistente quantità di iodio e bromo, fu sfruttata dagli abitanti dell'intero territorio comunale per sopperire alla penuria di sale. Le donne si recavano presso la sorgente per riempire grandi contenitori d'acqua che poi, una volta tornate presso le loro abitazioni, lasciavano evaporare al sole per raccogliere, successivamente, il sale che si era depositato sul fondo.

4. IL CONTESTO ARCHEOLOGICO

Diversi rinvenimenti archeologici testimoniano che l'area in cui sorge il Fosso di Monteverde fu abitata fin dalla tarda Età del Bronzo. Sopra il Fosso, nei pressi di Case Massimi e Case Ferretti, sono emersi, durante lavori di manutenzione, strati antropizzati contenenti frammenti ceramici (ceramica d'impasto) e ossei (principalmente ovicaprini, suini, bovini e diversi resti di carapace di tartaruga di terra) databili all'Età del Bronzo Finale - prima Età del Ferro. Sopra l'altra sponda del fossato, tra Mingarelli e Telesio, fu invece recuperata una punta di lancia in ferro, a lama foliata e lungo cannone cilindrico, lunga 34 cm; il manufatto è riferibile ad una tipologia ampiamente attestata nel corso dell'Età del Ferro nell'area medio-adriatica. La zona di Monteverde fu occupata, con soluzione di continuità, anche nelle epoche successive, in età re-



Figura 3. Pannello con indicazione del nome della specie arborea

pubblicana e oltre; nei pressi di Telesio, in una zona particolarmente estesa (25 x 250 mq) si rinvenne una grande quantità di ceramica riferibile a due tipologie di lavorazione ben distinta (ad impasto e al tornio), oltre che a resti di murature visibili in superficie, frammenti di mattoni e soprattutto numerose lastrine di rivestimento parietale con linee ed arricciature sia graffite sia a rilievo. Le strutture, molto probabilmente, facevano parte inizialmente di un insediamento, databile al III secolo a.C., dalle caratteristiche poco chiare, forse un *vicus*. Questo fu poi sostituito da una grande villa rustica dotata di un'area destinata alle abitazioni per i coloni del luogo.

5. IL BOSCO DI MONTEVERDE DURANTE IL BRIGANTAGGIO

Il bosco di Monteverde, oltre ad essere una ricca fonte di legname e di foraggio per gli animali, era il luogo perfetto per il brigantaggio. Infatti, le fonti storiche riportano diverse notizie riguardanti la pericolosità e il forte controllo esercitato su tutta l'area boschiva. Il 26 Luglio 1807, i briganti uccisero, in questi luoghi, il padre del noto medico omeopata, Settimio Rubini, "a colpi di schioppo e pietra". Nel 1808, alcuni briganti, nascosti nel bosco di Monteverde, furono giustiziati con l'accusa di saccheggio e omicidio. Il 21 ottobre 1860 a



Figura 4. La sorgente di acqua sulfurea lungo il percorso



Figura 5. Il vulcanello in località Valviano



Figura 6. Il vulcanello di Valviano

Cellino vi fu una sommossa da parte dei reazionari e le truppe piemontesi, convinte che i reazionari si fossero rifugiati nel bosco di Monteverde, pensarono di risolvere il problema, bruciandolo

6. IL SIMBOLO DEL BOSCO E DEL SENTIERO DELLE SORGENTI

Il simbolo del bosco di Monteverde è certamente il *Potamon fluviatile*, meglio conosciuto come “granchio di acqua dolce”. In passato i crostacei erano così numerosi, che il Fosso fu denominato dagli abitanti “Fosso della Gnagnara”. Il *potamon* è un granchio a dieci zampe con corpo suddiviso in tre parti: capo, torace e addome. Il primo paio di chele,

le più robuste, servono per difendere e cacciare, mentre le altre quattro per la deambulazione.

Negli ultimi anni, i granchi di acqua dolce hanno subito un forte regresso, scomparendo da molti dei siti in cui storicamente erano presenti a causa della riduzione degli habitat, dalla modificazione degli stessi e dalla raccolta incontrollata per uso alimentare. In Italia, il granchio di acqua dolce è protetto da normative locali e leggi regionali, così come in Abruzzo ed è inserito nella lista delle specie “prossime alla minaccia”. La presenza del *potamon*, all’interno del Fosso, è segno della non alterazione dell’habitat naturale e della buona qualità dell’acqua.

7. VERSO LA CANDIDATURA A GEOSITO

Con l’inaugurazione del Sentiero delle Sorgenti (il primo percorso naturalistico del Comune di Cellino Attanasio), all’interno del Fosso di Monteverde, si è dato avvio ad un iter di valorizzazione e conoscenza dell’habitat naturale e geologico che si contraddistingue per le sue molteplici caratteristiche: la flora e la fauna, le sorgenti di acqua salata e sulfurea, le grotte e i granchi.

È possibile accedervi, adatto a tutti e senza particolari difficoltà, da due ingressi lungo la Strada Provinciale che da Castelnuovo giunge a Cellino; un ingresso immediatamente alla fine della frazione di Faiete e l’altro, più avanti, in località Mingarelli.

I pannelli informativi disposti lungo il sentiero, guideranno il visitatore a scoprire le caratteristiche del fosso in totale autonomia; brevi cenni sulla storia, sull’archeologia, sulla flora, sulla fauna, sulla geologia, sulle sorgenti e sulla mascotte del sentiero “il potamon”, più conosciuto come granchio di acqua dolce.

Nel punto in cui convergono i due sentieri, è stata allestita una comoda area pic-nic dove poter sostare, mangiare qualcosa e divertirsi con i giochi lì presenti.

La presentazione di questo contributo ha come obiettivo la conoscenza del sito del Fosso di Monteverde e dell’intera area boschiva che presenta una serie di vulcanelli di fango (uno di notevoli dimensioni è da segnalarsi in località Valviano-Figg. 5-6), che per le sue caratteristiche, storiche e geologiche, ha tutti i requisiti per candidarsi come geosito.

BIBLIOGRAFIA

BONASERA F. (1953), *I vulcanelli di fango nell’Abruzzo orientale*, Rivista Geografia Italiana, n. 60, pp. 217-223, La Nuova Italia, Firenze.

DI ROMOLO F., SCALELLA G. (2003), *Le sorgenti connesse ai vulcanelli di fango nel territorio teramano della Regione Abruzzo: valorizzazione, conservazione e tutela*, Geologia dell’Ambiente, n. 3/2004, Atti del Convegno “Sorgenti di interesse scientifico-ambientale”, Terme di Salice (PV), 10 Ottobre 2003.

JERVIS G (1873), *I tesori sotterranei dell’Italia: Descrizione topografica e geologica nel Regno d’Italia in cui rinvenngonsi Minerali, ordinata secondo i Bacini idrografici del Paese: arricchita di Analisi di Minerali Impiegati nelle Arti nelle Industrie, di Considerazioni Economiche, Studi Geologici e numerose note su tutti gli Argomenti Collaterali*, (voce Cellino Attanasio, 1496), pp. 238-239, Roma, Torino, Firenze, Ermano Loescher.

Monitoraggio dell'inquinamento da microplastiche nelle grotte carsiche e nelle falde acquifere

Monitoring of microplastic pollution in karst caves and aquifers

Parole chiave: grotte, carsismo, inquinamento, microplastiche
Key words: caves, karst, pollution, microplastics

Francesco Maurano
Tecnologo, presidente Tetide
E-mail: presidenza@tetide.org

Maria Serrone
Docente di Scienze presso ISS Ferraris,
Molfetta (Ba)
E-mail: dott.serronem@gmail.com

L'inghiottitoio del Bussento (Cp18) rappresenta uno dei fenomeni carsici più affascinanti e imponenti della Campania attirando a sé, già da molti decenni, l'interesse della speleologia nazionale. Le acque del Bussento hanno scavato nei millenni il maestoso ingresso della grotta, che risulta ormai incassata tra alte pareti calcaree della gola; il fiume scompare nell'inghiottitoio in prossimità dell'abitato di Caselle in Pittari (SA) per "riemergere", dopo un lungo percorso sotterraneo e con un dislivello di circa 100 m, dalla Grotta della Risorgenza del Bussento (Cp19) nel comune di Morigerati (SA).

Il Progetto Bussento, voluto fortemente dagli speleologi campani, mira non tanto ad effettuare una mera e superficiale pulizia della grotta ma a sensibilizzare la comunità civile al rispetto e alla tutela di un habitat fluviale unico e meraviglioso, sia dal punto di vista naturalistico sia storico e archeologico.

Il progetto Obiettivo Fiume Bussento; promosso dall'Associazione di promozione sociale "Tetide", in collaborazione con la Federazione Speleologica Campana e la cooperativa sociale Labor Limae, ha avuto il supporto della Società Speleologica Italiana con le donazioni del 5p1000. La zona del Bussento, caratterizzata da un biotopo fluviale ricco di numerose specie protette, è afflitta da un reiterato dissesto ambientale provocato dalla presenza di numerosi rifiuti antropici trascinati a valle dalle acque torrentizie, da monte verso valle e dalle pendici del costone fino all'inghiottitoio. I rifiuti che arrivano in grotta inquinano il delicato habitat ipogeo. Liberare il vallone dai rifiuti antropici significa quindi preservare la qualità delle acque carsiche, proteggere specie chiave, sia faunistiche che arboree, ripristinare gli habitat di queste specie e gli ecosistemi specifici di cui necessitano queste aree naturalistiche. Il primo e più contingen-

te obiettivo è quello di raccogliere rifiuti plastici antropogenici raccolti sia nella valle del fiume Bussento, nell'area in cui il fiume entra nella sezione sotterranea, sia all'interno dell'inghiottitoio omonimo nonché lungo tutto il corso a monte.

Nell'ambiente, le microplastiche non si biodegradano e tendono ad accumularsi. Sinora l'inquinamento da microplastiche nelle grotte e nelle falde acquifere carsiche, che sono una risorsa vitale, è stato raramente monitorato.

«Le microplastiche (MP) sono particelle di plastica inferiori a 5 mm; sono un gruppo eterogeneo di polimeri solidi contenenti particelle prodotte intenzionalmente (fertilizzanti, cosmetici, detersivi etc.) o derivanti dalla degradazione di materie plastiche di maggiori dimensioni».

«Le particelle MP sono un problema globale. Un volume crescente di microplastiche si trova negli ambienti delle acque superficiali e negli ecosistemi acquatici di tutto il mondo, inclusi l'oceano aperto e l'acqua dolce, nei suoli e persino nell'acqua potabile che proveniente da falde acquifere carsiche. Una volta nell'ambiente, le microplastiche non si biodegradano e tendono ad accumularsi. Vi sono crescenti preoccupazioni circa la presenza di microplastiche in diversi comparti ambientali (come le acque sotterranee), il loro impatto sull'ambiente e potenzialmente sulla salute umana. Tuttavia, l'inquinamento da MP nelle grotte e nelle falde acquifere carsiche è stato sinora scarsamente monitorato».

«L'obiettivo principale dello studio è il miglioramento di metodi e attrezzature di campionamento specifici per la ricerca in grotte e sorgenti carsiche. Il progetto nel corso del 2022 è stato svolto sull'Appennino meridionale, ma è nostra intenzione condividere i risultati e le metodiche con la comunità speleologica internazionale per sviluppare un progetto più ampio».

La Commissione per la protezione delle grotte della Federazione

Speleologica Europea ha assegnato il premio EuroSpeleo Protection Label 2022 (ufficialmente consegnato durante il Congresso Internazionale di Speleologia tenuto a luglio in Francia) all'associazione campana Tetide per il progetto "Microplastiche in acquiferi carsici", che coinvolge l'Agenzia Nazionale ENEA e il Dipartimento di Scienze e Tecnologie (DST) dell'Università del Sannio nel campionamento delle microplastiche presso l'inghiottitoio del Bussento e alla sua risorgenza a Morigerati, nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (SA).

PROGETTO

OBIETTIVI

- *Azione 1.* Coinvolgere speleologi e non. Raccolta di rifiuti plastici sia nell'area in cui il fiume inizia la sua discesa verso il sottosuolo, sia all'interno dell'inghiottitoio vero e proprio. Tutto ciò che verrà rimosso, sarà consegnato al servizio di smaltimento rifiuti per il corretto conferimento in discarica e/o riciclo. (*evento correlato al raduno speleologico internazionale "Speleo Kamaraton"*).
- *Azione 2.* Coinvolgimento di associazioni di tutela ambientale locali e del CAI Campania per il ripristino della sentieristica e posizionamento di cartelli didattici (flora, fauna, peculiarità dell'habitat ipogeo e importanza della salute dell'intero biotopo).
- *Azione 3.* Coinvolgimento del Comune e del Parco, della popolazione e delle scolaresche attraverso la presentazione delle attività condotte e dell'importanza della tutela e valorizzazione dell'habitat fluviale e del biotopo fluviale epigeo ed ipogeo.

ATTIVITÀ EFFETTUATE

AZIONE 10

- a) Pulizia del canyon a monte dell'inghiottitoio del Bussento, sono stati

raccolti sono circa 200 kg di rifiuti composti essenzialmente da plastiche, polistirolo, materiali ferrosi e tessuti questi sono stati conferiti per lo smaltimento grazie alla collaborazione con l'amministrazione comunale di Caselle in Pittari.

- b) Pulizia del sifone al fondo dell'Inghiottoio del Bussento, sono stati raccolti sono circa 500 kg di rifiuti composti essenzialmente da plastiche, polistirolo, ma anche taniche contenenti residui di prodotti chimici ad uso agricolo e bombole del gas, questi sono stati conferiti per lo smaltimento grazie alla collaborazione con l'amministrazione comunale di Caselle in Pittari.

Hanno partecipato all'opera di pulizia speleologi e non, appartenenti alle seguenti associazioni: Tetide APS, Gruppo Speleologico Natura Esplora, Gruppo Speleo Apinistico Vallo di Dianò, Centro Altamurano Ricerche Speleologiche, Gruppo Speleologico Ruvese, Gruppo Grotte Melphicta Kalipe, Gruppo Speleologico Ndrónico, Gruppo Speleologico "Le Grave", Gruppo Speleologico Melando e Cooperativa Sociale Labor Limae.

AZIONE 2

Coinvolgimento di associazioni di tutela ambientale locali e del CAI Campania per il ripristino della sentieristica e posizionamento di cartelli didattici (flora, fauna, peculiarità dell'habitat ipogeo e importanza della salute dell'intero biotopo)

AZIONE 3

Coinvolgimento del Comune e del Parco, della popolazione e delle scolaresche attraverso la presentazione delle attività condotte e dell'importanza della tutela e valorizzazione dell'habitat fluviale e del biotopo fluviale epigeo ed ipogeo.

ATTIVITÀ DIDATTICA PRESSO LE SCUOLE

- Istituto Istruzione Superiore Leonardo Da Vinci di Sapri
- Istituto Comprensivo Teodoro Gaza di San Giovanni a Piro, plessi di: Scario, San Giovanni a Piro e Caselle in Pittari
- Istituto Comprensivo Montesano sulla Marcellana

TEMATICHE AFFRONTATE

- Carsismo e speleologia: come si formano le grotte, la vita nelle grotte, perchè esplorare e documentare il mondo ipogeo, acqua come bene comune.

- Il fiume ed il fenomeno carsico del Bussento: l'importanza dell'ecosistema fluviale epigeo ed ipogeo, il fenomeno carsico dell'area del Bussento, perchè organizzare una pulizia (Puliamo il Buiò 2021), conoscere per preservare il luogo dall'inquinamento futuro.

IN CAMPO

- Durante una giornata ambientale presso il fiume si è spiegato l'ecosistema fluviale ed il fenomeno carsico del Bussento e la sua fragilità.
- Alla giornata hanno partecipato circa 40 persone di cui 15 bambini.
- In occasione dell'inaugurazione delle attività, abbiamo spiegato l'ecosistema fluviale ed il fenomeno carsico del Bussento e la sua fragilità. Alla giornata hanno partecipato circa 40 persone di cui 15 bambini.

ATTIVITÀ DIDATTICA DELL'8 E 11 OTTOBRE 2021 CON IL COINVOLGIMENTO DEGLI ALUNNI DI 4 CLASSI DI TERZA MEDIA E 1 CLASSE DI PRIMO SUPERIORE

LE SCUOLE COINVOLTE

- Istituto Istruzione Superiore Leonardo Da Vinci di Sapri
- Istituto Comprensivo Teodoro Gaza di San Giovanni a Piro, plessi di: Scario, San Giovanni a Piro e Caselle in Pittari
- Istituto Comprensivo Montesano sulla Marcellana

TEMATICHE AFFRONTATE

- Carsismo e speleologia: come si formano le grotte, la vita nelle grotte, perchè esplorare
- e documentare il mondo ipogeo, acqua come bene comune.
- Il fiume ed il fenomeno carsico del Bussento: l'importanza dell'ecosistema fluviale epigeo ed ipogeo, il fenomeno carsico dell'area del Bussento, perchè organizzare una pulizia (Puliamo il Buiò 2021), conoscere per preservare il luogo dall'inquinamento futuro.

PROSPETTIVE E PROGETTI FUTURI

- Continuare con le azioni di sensibilizzazione.
- Continuare con giornate di pulizia
- Trovare una soluzione per la rimozione del polistirolo
- Valutazione della presenza di microplastiche nella risorgenza di Morigerati nell'ambito del progetto "Microplastic pollution in karstic

and cave aquifers" portato avanti da Tetide APS in collaborazione con l'ENEA e il Dipartimento di Scienze e Tecnologie (DST) dell'Università del Sannio che ha ottenuto il supporto della Federazione Europea di Speleologia come EuroSpeleo Protection Label 2022.

BIBLIOGRAFIA

- VAN CAUWENBERGHE, L., VANREUSEL, A., MEES, J., JANSSEN, C. R. (2013), "Microplastic pollution in deep-sea sediments." *Environmental Pollution* 182.
- VENRICK, E., BACKMAN, T., BARTRAM, W., PLATT, C., THORNHILL, M., YATES, R. (1973), "Man-made objects on the surface of the central north pacific ocean."
- VERONIQUE ADAM, TONG YANG, BERND NOWACK (2018), "Toward an ecotoxicological risk assessment of microplastics: Comparison of available hazard and exposure data in freshwaters". *Environmental Toxicology and Chemistry* (29 November 2018).
- VON MOOS, N., BURKHARDT-HOLM, P., KÖHLER, A. (2012), "Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *mytilus edulis* after an experimental exposure." *Environmental science & technology* 46 (20).
- WEI, C.-L., ROWE, G. T., NUNNALLY, C. C., WICKSTEN, M. K. (2012), "Anthropogenic "litter" and macrophyte detritus in the deep northern gulf of mexico." *Marine pollution bulletin* 64 (5).
- WON JOON SHIM, RICHARD C. THOMPSON (2015), "Microplastics in the Ocean" *Springer* 69 265-268 (2015) 02 September 2015.
- XU, H., VANHOOREN, H. M., VERBEKEN, E., YU, L., LIN, Y., NEMERY, B., HOET, P. H. (2004), "Pulmonary toxicity of polyvinyl chloride particles after repeated intratracheal instillations in rats. elevated cd4/cd8 lymphocyte ratio in bronchoalveolar lavage." *Toxicology and applied pharmacology* 194 (2).
- YE, S., ANDRADY, A. L. (1991), "Fouling of floating plastic debris under biscayne bay exposure conditions." *Marine Pollution Bulletin* 22 (12).
- YOON, J.-H., KAWANO, S., IGAWA, S. (2010), "Modeling of marine litter drift and beaching in the japan sea." *Marine pollution bulletin* 60 (3).
- ZARFL, C., FLEET, D., FRIES, E., GALGANI, F., GERDTS, G., HANKE, G., MATTHIES, M. (2011), "Microplastics in oceans." *Marine Pollution Bulletin* (62).
- ZARFL, C., MATTHIES, M. (2010), "Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the arctic?" *Marine Pollution Bulletin* 60 (10).
- ZETTLER, E. R., MINCER, T. J., AMARAL-ZETTLER, L. A. (2013), "Life in the "plasticsphere": microbial communities on plastic marine debris." *Environmental science & technology* 47.
- ZITKO, V., HANLON, M. (1991), "Another source of pollution by plastics: skin cleaners with plastic scrubbers." *Marine Pollution Bulletin* 22.

Applicazione della prima campagna IMAP (Convenzione di Barcellona) nell'area di Patok-Rodoni, Albania

First IMAP survey (Barcelona Convention) application in Patok-Rodoni area, Albania

Parole chiave: ricognizione marina, Patok-Rodoni, IMAP, SPA/RAC, UNEP/MAP, GEF Adriatico, Obiettivo Ecologico, Indicatore Comune, SSS, SBES, ROV, Ricercatore Scientifico Subacqueo

Key words: marine survey, Patok-Rodoni, IMAP, SPA/RAC, UNEP/MAP, GEF Adriatic, Ecological Objective, Common Indicator, SSS, SBES, ROV, Underwater Scientific Researcher

Simone Modugno^{(1)*}, Alain Jeudy De Grissac⁽²⁾, Carlo Del Grande⁽³⁾, Monica Prevati⁽⁴⁾, Ubaldo Pantaleo⁽⁵⁾, Rachele Castro⁽⁶⁾, Genc Myftiu⁽⁷⁾, Zamir Dedej⁽⁸⁾, Anis Zarrouk⁽⁹⁾

⁽¹⁾Consulta Ambiente IRSSAT. ²Senior Expert. ^(3,4,5)UBICA srl. ⁽⁶⁾Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB. ⁽⁷⁾Team leader Genc Myftiu Company. ⁽⁸⁾The National Agency of Protected Areas (NAPA). ⁽⁹⁾UNEP/MAP-SPA/RAC Specially Protected Areas Regional Activity Centre

*Corresponding author
E-mail: moder1976@gmail.com

INTRODUZIONE

Capo Rodoni o Capo di Skanderbeg (in albanese Kepi i Rodonit o Kepi i Skenderbeut, Fig. 1) è un promontorio roccioso affacciato sul mare Adriatico a nord di Durazzo, in Albania. Sotto una delle falesie a nord del capo si trovano il castello di Rodoni, fatto costruire da Skanderbeg nel 1463 e una antica Chiesa dedicata a Sant'Antonio.



Figura 1. Area di studio baia di Patok-Rodoni, Albania

Più a sud, nella baia tra il promontorio e la riserva di Rrushkull, verso Durazzo, si ritrovano diversi stabilimenti balneari, mentre a nord lo sviluppo urbanistico riprende con la cittadina di Shëngjin (San Giovanni Medua), dopo la bellissima costa sabbiosa su cui si affacciano le lagune di Patok e Tale. Il promontorio è situato a 30 km a nord della città di Durazzo e a 30 km a sud del confine con il Montenegro e divide la baia di Lalzit in due parti. La parte

settentrionale, la baia di Patok-Rodoni, è interessata dai deflussi dei fiumi Ishmi e Mati. Quest'area, nonostante la sua rilevante biodiversità e la presenza di zone umide (le lagune da pesca sopra citate di Patok e Tale), denuncia evidenti pressioni e problematiche ambientali quali: un fenomeno di sedimentazione-insabbiamento delle praterie di *Posidonia* ad oggi residue, un importante disturbo di tipo geofisico dovuto alle varie attività antropiche presenti e un importante apporto in mare di contaminanti e rifiuti marini.

Nel mese di ottobre 2020 la prima indagine marina IMAP completa (*Integrated Monitoring and Assessment Programme*) è stata condotta da un gruppo di ricerca italo-albanese nell'ambito del Progetto *GEF Adriatic (Global Environment Facility, Adriatic Project)*. Tutte le attività di tale importante *survey* rientravano nel quadro del protocollo IMAP e GIZC (*Gestione Integrata delle Zone Costiere*). L'indagine è stata sostenuta economicamente da *UNEP/MAP, SPA/RAC, MEDPOL* e *NAPA* con il contributo di *PAP/RAC*.

MATERIALI E METODI

Durante la fase operativa in campo dell'indagine marina IMAP, sono stati indagati e completati diversi Obiettivi Ecologici IMAP (*EOs: Ecological Objectives*) e sono stati raccolti dati ambientali per calcolare tutti gli Indicatori Comuni (*CI: Common Indicators*) pertinenti e richiesti dal protocollo IMAP (UNEP/MAP, 2016). Sono state così monitorate 8 stazioni distribuite lungo 3 transetti identificati in 3 aree differenti: a) un tratto di mare *off-shore* (al largo quasi 10 miglia dalla costa), b) all'interno della baia di Patok-Rodoni e c) nei pressi di

Capo Rodoni dalla parte della baia di Lalzit, al fine di valutare il *Buono Stato Ambientale (GES Good Environmental Status)* dell'area e identificare-quantificare le principali minacce esistenti (dalle fonti di inquinamento derivanti dai fiumi che sfociano nella baia ai livelli di plastiche sulle spiagge e i siti di accumulo di metalli pesanti nei sedimenti a mare) (Bianchi & Morri, 2000, Deudero & Alomar, 2015). Durante le operazioni di monitoraggio e prelievo sono state utilizzate importanti apparecchiature da ricerca, come analizzatori e sonde multi-parametriche oceanografiche, campionatori di acqua/sedimento, *Side Scan Sonar (SSS)*, *Single Beam Echo Sounder (SBES)*, *Remote Operative Vehicle (ROV)* per definire al meglio i dati richiesti e ottenere il miglior livello di precisione e definizione, così come richiesto in IMAP.

RISULTATI

L'indagine ha fornito molte informazioni scientifiche e tutte rilevanti sui principali *Obiettivi Ecologici IMAP: EO1 Biodiversità, Habitat e specie, EO2 specie non indigene, EO5 Eutrofizzazione, EO7 idrografia, EO9 contaminanti, EO10 rifiuti marini* e ha fornito importantissimi dati preliminari sulla pesca (*Fishery*). Alcuni esempi delle mappe tematiche prodotte sono indicate nelle *Figg. 2 e 3*.

Biologi Marini Senior *Experts* e Ricercatori Scientifici certificati, insieme a videoreporter e fotografi subacquei professionisti, sono stati coinvolti per realizzare sia transetti bionomici LIT (*Line Intercept Transect*) subacquei, sia video-documentari, oltre ad un innovativo *Virtual Tour* interattivo costruito a partire da immagini a 360° aeree, terrestri e subacquee, come nuovo

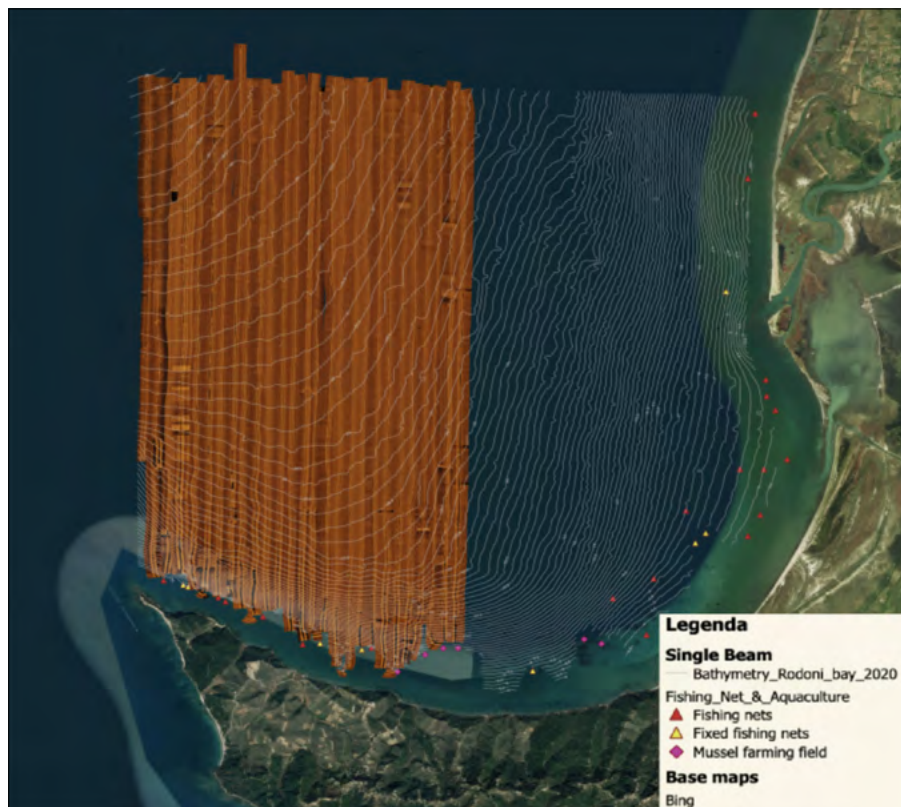


Figura 2. Ecomosaicatura dell'area investigata effettuata con SBES e SSS



Figura 3. Prima mappa della distribuzione della biodiversità e delle biocenosi dell'area di studio

strumento di divulgazione scientifica e di promozione di *survey* simili, verso tutti i livelli di *stakeholders*. Come da protocollo IMAP, tutti i dati ottenuti sono stati calcolati, formattati ed inseriti nel sistema *IMAP InfoSystem* e, successivamente, presentati come mappe geo-riferite inserite in un sistema *GIS*, in modo da mostrare facilmente tutti i dati ottenuti, ma anche identificare

sia le aree sensibili indagate, sia le aree sottoposte agli impatti definiti dagli *EOs* e *CI*s IMAP.

CONSIDERAZIONI

I risultati delle indagini confermano, ad esempio, gli effetti negativi della sedimentazione sulle rare praterie di *Posidonia oceanica* (Buia *et al.*, 2003) e gli impatti geofisici delle numerose attività

antropiche a costa, degli inquinanti da esse derivanti nonché dei rifiuti marini (*marine-litter*) provenienti dai fiumi e dalle lagune (presenti come *Beach Marine Litter* e *Marine Litter*), configurandosi come un utile punto di partenza per una migliore pianificazione di interventi a lungo termine da porre in essere per il miglioramento della gestione e tutela degli habitat e della biodiversità marina (aree marine e costiere protette) quali ad esempio il controllo delle attività socio-economiche (turismo, pesca, sport acquatici) nell'area della Baia di Patok Rodoni, come attualmente considerato dalle Autorità Nazionali. Infine, i risultati ottenuti e tutte le raccomandazioni da essi derivate, saranno utili per valutare i livelli di pressione sull'ambiente e identificare le aree più fragili della Baia di Patok-Rodoni, al fine di valutare il GES e potenziare il futuro programma albanese di monitoraggio integrato (IMAP) e proporre misure che consentano la salvaguardia e la tutela delle aree marine costiere, promuovendo anche lo sviluppo sostenibile e la coesistenza delle attività antropiche esistenti.

ACKNOWLEDGMENTS

Un ringraziamento speciale va al personale *SPA/RAC* per tutto il supporto; al *NAPA* per il sostegno alle attività "on the job"; all'Autorità portuali albanesi di Shengjin e baia di Patok-Rodoni. The surveys in Patok Rodoni (Albania) were conducted within the framework of the GEF Adriatic Project implemented by UNEP/MAP, SPA/RAC, PAP/RAC and the Albanian Ministry of Tourism and Environment and funded by the Global Environment Facility

BIBLIOGRAFIA

- BIANCHI C.N., MORRI C. (2000), *Marine Biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, Problems and Prospects for Future Research*. Marine Pollution Bulletin 40: 365-376.
- BUIA M.C., GAMBÌ M.C., DAPPIANO M. (2003), *I sistemi a fanerogame marine*. In: GAMBÌ M.C., DAPPIANO M. (Editors), *Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*. Biol. Mar. Med, 19 (Suppl.): 145-198.
- DEUDERO S., ALOMAR C. (2015), *Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species*. Mar. Poll. Bull., 98, 1-2, 58-68.
- UNEP/MAP (2016), Decision IG.22/7 - *Integrated Monitoring and Assessment Programme (IMAP) of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria*. COP19, Athens, Greece. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.

Primi studi di valutazione dello stato delle praterie di *Posidonia oceanica* nell'area di Palasë, Albania

First evaluation studies about the ecological condition of *Posidonia oceanica* meadows in Palasë area, Albania

Parole chiave: *Posidonia*, prateria, WFD, IMAP, Ricercatore Scientifico Subacqueo
Key words: *Posidonia*, meadow, WFD, IMAP, Underwater Scientific Diver

Simone Modugno⁽¹⁾, Rachele Castro⁽²⁾, Igli Pustina⁽³⁾, Genty Khromida⁽⁴⁾, Zamir Dedej⁽⁵⁾

⁽¹⁾Consulta Ambiente IRSSAT

⁽²⁾Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

⁽³⁾Federata Shqiptare e Zhytjes - Albanian Diving Federation - CMAS

⁽⁴⁾INCA Albania.

⁽⁵⁾The National Agency of Protected Areas (NAPA)

*Corresponding author

E-mail: moder1976@gmail.com

INTRODUZIONE

La *Posidonia oceanica*, pianta fanerogama marina endemica del Mediterraneo, riveste un ruolo ecologicamente delicato ed importantissimo in tutti gli ambienti marini dal mesolitorale ai limiti dell'infralitorale ed è ampiamente sfruttata come bioindicatore per la valutazione sia della qualità dell'acqua, sia dello stato di salute dell'intero ecosistema marino costiero (ove presente), in conformità alla Direttiva Quadro sulle Acque WFD (*Water Framework Directive*, 2000/60/EC) e all'IMAP (*Integrated Monitoring Assessment Programme*), della CBD (*Convention on Biological Diversity*) della Convenzione di Barcellona del 1992. I Posidonieti sono considerati ecosistemi prioritari da parte della Comunità Europea attraverso la direttiva n°43/92 CEE relativa alla "conservazione degli habitat naturali e semi-naturali e della flora e della fauna selvatiche", recepita nell'ordinamento italiano dal D.P.R. n°357 del 08/09/1997. La *Posidonia oceanica* è, infatti, una specie protetta in quanto inclusa nell'Allegato II (pubblicato sul supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale S.G. n°146 in data 24/06/99) della Convenzione di Berna del 19/11/1979 relativa alla "Conservazione della vita selvatica dell'ambiente naturale in Europa" ratificata in Italia con la legge n°503 del 05/08/1981 (pubblicata nella gazzetta ufficiale n°250 dell'11/9/1981). La *Posidonia oceanica* è anche inserita nell'Annesso II alla Convenzione di Barcellona del 1995 per la protezione del Mediterraneo dall'inquinamento, ratificata in Italia con legge n°175 del 27/05/99. Per queste ragioni, lo studio e la valutazione a lungo termine della *P. oceanica* e delle cosiddette "praterie o posidonieti", che

questa specie è in grado di formare, sono fondamentali per la valutazione dello stato ecologico di ogni ecosistema marino costiero.

Per quanto detto e allo scopo di incrementare i livelli di tutela e protezione delle aree marino costiere, diventa estremamente importante poter ottenere sempre nuovi dati, costantemente aggiornati sulla presenza e la qualità di tutte le fanerogame marine del Mediterraneo.

L'obiettivo principale di questo lavoro è stato quello di fornire una prima valutazione delle condizioni geomorfologiche, chimico-fisiche ed ecologiche del posidonieto presente lungo la costa di Palasë (Contea di Valona, Albania), nell'espletamento dei compiti e delle responsabilità richieste per la "Valutazione di prati di *P. oceanica* lungo la costa di Palasë". Nell'estate 2021 è stata realizzata una prima valutazione e mappatura della prateria lungo la costa di Palasë, nell'ambito del progetto "Assessment of *P. oceanica* meadows in Palasë area" finanziato dal *Global Environment Facility* - Programma finanziato *RAC-SPA*.

MATERIALI E METODI

Gli studi di mappatura e censimento sono necessari per aggiornare i dati anno dopo anno, al fine di studiare e seguire i cambiamenti che si verificano nelle praterie con ritmo e velocità imprevedibili e, purtroppo, sempre più rapidi. La prateria di Palasë è stata studiata e mappata sulla base delle linee guida *UNEP/MAP-RAC/SPA* (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015). Durante l'indagine in campo, effettuata in cinque stazioni (St, Tab.1) lungo 5 transetti di lavoro, sono stati indagati e calcolati i seguenti descrittori:

- profondità-batimetria media dei limiti superiore e inferiore (m) della prateria,
- tipologia di geomorfologia del substrato,
- natura del fondale,
- copertura % di *P. oceanica* viva e in salute
- densità di presenza delle radici.

RISULTATI

Tutti i risultati hanno consentito di indicare come mediamente "buone" le condizioni dello stato ecologico dell'ambiente marino costiero e "buone" le condizioni della prateria sulla base delle classi di densità calcolate (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015), come sintetizzato nella Tabella 1 di seguito riportata.

CONSIDERAZIONI

Sebbene preliminari, questi dati possono certamente rappresentare una prima linea di riferimento per quanto riguarda l'ecosistema a *Posidonia* anti-stante la costa di Palasë. Il suggerimento prioritario e la principale raccomandazione degli autori è quella di sviluppare un nuovo piano di monitoraggio, con programmazione a lungo termine, possibilmente più articolato, al fine di riuscire a seguire l'evoluzione temporale dello stato ecologico della prateria, anche in riferimento alle pressioni antropiche sempre più intense lungo la costa di Palasë, Dhërmi fino a Saranda (sud dell'Albania) e ai cambiamenti climatici che sono già ben presenti.

BIBLIOGRAFIA

UNEP/MAP-RAC/SPA (2015), *Guidelines for Standardization of Mapping and Monitoring Methods of Marine Macrophyta in the Mediterranean*. Christine Pergent-Martini, Edits., RAC/SPA publ., Tunis: 48 p. + Annexes.

Tabella 1. Sintesi dei principali descrittori (valori medi) per le stazioni indagate

St	Limite superiore (-m)	Limite inferiore (-m)	Tipo di substrato	Natura del fondale	% di copertura di <i>P. oceanica viva</i>	Densità delle radici	Valutazione basata sulla densità e profondità delle radici (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015)
1	-12,4	-27,4	Sabbioso	Un primo filone di costa costituito da ciottoli grossolani e massi rocciosi lisci; un breve accumulo di ghiaia al primo salto batimetrico; da -4/4,5 m fino al limite superiore (-12,4 m), lunghissima distesa di sabbia bianca con fango e particelle in sospensione; presenza iniziale di fasce, strisce, isola e molti vecchi canali e macchie di Posidonia semimorta fino al prato vero e proprio (-15/16 m)	50	450±12,75	Buono-moderato
2	-15,1	-29,3	Sabbioso	Un primo filone di costa costituito da ciottoli grossolani e massi rocciosi lisci; un breve accumulo di ghiaia al primo salto batimetrico; da -4/4,5 m fino al limite superiore (-15,1 m), lunghissima distesa di sabbia bianca con fango e particelle in sospensione; presenza iniziale di fasce, strisce, isola e molti vecchi canali e macchie di Posidonia semimorta fino al prato vero e proprio (-15/16 m)	46	522±25,88	Buono
3	-14,4	-32,2	Sabbioso	Un primo filone di costa costituito da ciottoli grossolani e massi rocciosi lisci; un breve accumulo di ghiaia al primo salto batimetrico; da -4/4,5 m fino al limite superiore (-14,4 m), lunga distesa di sabbia grossolana; presenza iniziale di fasce, strisce e macchie di Posidonia fino al prato vero e proprio (-15/16 m)	40	477±17,89	Buono
4	-12,6	-27,6	Sabbioso	Un primo filone di costa costituito da ciottoli grossolani e massi rocciosi lisci; un breve accumulo di ghiaia al primo salto batimetrico; da -4/4,5 m fino al limite superiore (-12,6 m), lunga distesa di sabbia grossolana; presenza iniziale di fasce, strisce, isole, canali e macchie di Posidonia fino al prato vero e proprio (-13,2/14,5 m)	37	470±15,81	Buono
5	-12,5	-24,3	Roccioso, fangoso-sabbioso	Un primo tratto di costa rocciosa costituito da falesie calcaree e granitiche e lastroni con ciottoli grossolani e massi accumulati fino a -7/9 m; un breve accumulo di ghiaia tra le rocce; da circa -7,5/8,5 m fino al limite superiore (-12,5 m), una distesa di sabbia e fango leggero; presenza iniziale di fasce, strisce e macchie con corridoi scavati di Posidonia fino al prato vero e proprio (-12,4/13,5 m)	25	470±38,08	Buono

Prime linee guida di Pianificazione Spaziale Marina (PSM) per la baia di Valona, Albania

First Marine Spatial Planning (MSP) guidelines for Vlora bay, Albania

Parole chiave: Pianificazione Spaziale Marina, competizione, spazio marittimo, attività umane, linee guida

Key words: Marine Spatial Planning, competition, marine space, human activities, guidelines

INTRODUZIONE

La Pianificazione Spaziale Marina (PSM) rappresenta il processo di analisi per riuscire ad allocare spaziotemporalmente e distribuire nel miglior modo possibile tutte le attività umane presenti nelle aree marine, affinché si raggiungano tutti gli obiettivi ecologici, economici e sociali di sostenibilità auspicati dalla normativa vigente. La PSM, infatti, opera a livello transfrontaliero per garantire che tutte le attività antropiche, che insistono sulla costa e sul mare, possano svolgersi in modo efficiente, sicuro e sostenibile tra loro. Ecco perché la Comunità Europea (CE) ha adottato una legislazione specifica per creare un quadro comune per la PSM. La continua e recente competizione per lo spazio marittimo in Albania e le relative pressioni ambientali hanno evidenziato la necessità, per questo Paese, di iniziare a gestire gli spazi acquatici e le zone marino-costiere secondo una gestione più coerente e pianificata. Grazie al rapporto di valutazione iniziale sulla PSM effettuata per la baia di Valona e grazie alla redazione delle *Prime Linee Guida per la Pianificazione Spaziale Marittima per l'Albania*, realizzato dalla società "Genc Myftiu" (*Genc Myftiu Consulting on Development*) e dai suoi consulenti internazionali, durante lo svolgimento di uno specifico progetto finanziato dal *Centro di Attività Regionale delle Aree Speciali Protette (SPA/RAC Regional Activity Centre for Specially Protected Areas)*, è stato applicato tutto il processo di PSM allo scopo di realizzare, appunto, le prime Linee Guida funzionali per l'Albania nell'ambito dell'*Integrated Monitoring Assessment Programme (IMAP)*, del Protocollo GIZC (Gestione integrata delle zone costiere) e della Strategia Marina (MSFD, *Marine Strategy Framework Directive* con la *MSP Decision*).

MATERIALI E METODI

L'*Uso del Suolo* e la PSM sono spesso considerati erroneamente due strumenti separati e scollegati, mentre nel concetto di GIZC sono in realtà integrati. Secondo la Commissione Europea, esattamente come da normativa vigente (nel quadro di IMAP, CbD Convenzione di Barcellona, protocollo GIZC, MSFD e in conformità con la *MSP Decision*), la PSM, infatti, deve soddisfare quattro obiettivi precisi ed importanti:

1. ridurre i conflitti sull'accesso agli spazi marittimi;
2. ridurre l'impatto cumulativo delle attività marittime sull'ambiente;
3. ridurre i costi di coordinamento per le autorità pubbliche;
4. innescare il miglioramento della prevedibilità per gli investimenti privati.

Da questo punto di vista, le prime Linee Guida di PSM definite per la baia di Valona e le indicazioni per le Buone Prassi indicate per l'Albania, dovranno rendere questo percorso di adeguamento normativo e di gestione-integrazione degli spazi marittimi con tutte le attività presenti (*Decision IG.17/6 on "Implementation of the ecosystem approach to the management of human activities that may affect the Mediterranean marine and coastal environment"* e la *Decision IG.20/4 on "Implementing the Ecosystem Approach Roadmap"*) più facile e chiaro da perseguire.

RISULTATI

Lo studio ha permesso di produrre una prima serie di dati utili per valutare adeguatamente lo stato dell'area di Valona, nonché per fornire i primi orientamenti per la futura pianificazione e gestione sostenibile delle aree marino-costiere in un contesto nell'ambito del quale si assiste ad un continuo aumento di tutte le pressioni ambientali e delle richieste di espansione urbana quali:

- a) aumento del fabbisogno di acqua dolce;
- b) aumento della richiesta energetica;
- c) aumento della disponibilità di infrastrutture (in particolare per trasporti marittimi, industria, porti e turismo nautico e balneare) e alimentare (da agricoltura, ma soprattutto pesca e acquacoltura-maricoltura).

Alla luce dei risultati delle indagini svolte, per quanto riguarda il versante marittimo, gli autori ritengono che il processo di PSM dovrà concentrarsi in particolare su cinque domini principali di attività che possono generare impatti, rischi o riduzione della qualità ambientale marina ovvero:

- 1) pesca,
- 2) acquacoltura,
- 3) trasporti marittimi e portuali,
- 4) turismo,
- 5) svago, aree di conservazione, siti culturali e storici.

Durante lo studio sono state identificate anche le mancanze e le lacune informative riguardo quegli aspetti che necessiteranno di ulteriori studi dedicati e che serviranno per la stesura più compiuta di un piano di ricerca e monitoraggio della qualità ambientale, sociale ed economica del territorio. In particolare, sono state individuate le seguenti esigenze e lacune:

- a) sviluppare un piano di ricerca per individuare con chiarezza le lacune conoscitive;
- b) elaborare un piano di monitoraggio per seguire i cambiamenti negli ecosistemi e delle specie (presenti e attese), dell'ambiente e del clima;
- c) individuare un buon set di indicatori (in linea con MSFD e UNEP MAP - IMAP-ECAP) rappresentativi degli aspetti ambientali, sociali ed economici;
- d) realizzare un riepilogo di tutte le fonti di inquinamento al fine di valutarne

Simone Modugno⁽¹⁾, Rachele Castro⁽²⁾, Alain Jeudy De Grissac⁽³⁾, Genc Myftiu⁽⁴⁾, Zamir Dedej⁽⁵⁾, Anis Zarrouk⁽⁶⁾

(1)Consulta Ambiente IRSSAT

(2)Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

(3)Senior Expert

(4)Team leader Genc Myftiu Company

(5)The National Agency of Protected Areas (NAPA)

(6)UNEP/MAP-SPA/RAC Specially Protected Areas Regional Activity Centre

*Corresponding author

E-mail: moder1976@gmail.com

- i rischi, le misure preventive e i piani di emergenza;
- e) valutare i potenziali impatti dei cambiamenti climatici a livello locale;
- f) elencare tutte le fonti di inquinamento puntuale e diffuso quali ad esempio: discariche, acque reflue, aree di scarico in mare, scarichi delle acque meteoriche.

Le Linee Guida proposte per la baia di Valona in Albania per l'applicazione della MSP considerano prioritari i seguenti aspetti: tipi di attività antropiche, i diversi tipi di pesca, i diversi tipi di attività ricreative e culturali, i trasporti ma-

rittimi e i servizi (ancoraggio, ecc.) per i civili e i militari, e forniscono precise indicazioni per una possibile zonizzazione dell'area in un'ottica di sostenibilità ambientale delle attività antropiche. Nell'ambito dello stesso studio, inoltre, per la prima volta, è stata prodotta una mappa provvisoria della prima bozza di pianificazione territoriale aprendo la strada alla discussione degli stakeholder per includere la proposta di Sazani Stretto PSSA o Vlorë PSSA.

Di seguito (Figura 1) un esempio di mappa prodotta per l'ottimizzazione delle rotte delle imbarcazioni ai fini del

perseguimento degli obiettivi di sostenibilità delle attività antropiche in mare.

CONCLUSIONE

Nell'ambito del presente studio sono state prodotte e pubblicate le prime Linee Guida per la PSM della Baia di Valona (Modugno *et al.*, 2019 e 2021) e, contemporaneamente, sono state rilasciate le Buone Prassi per la definizione e applicazione della PSM per l'intera Albania. La MSP rappresenta, quindi, il processo di analisi per allocare la distribuzione spazio-temporale delle attività antropiche nelle aree marine, per raggiungere un livello sostenibile e programmabile di equilibrio tra tutti gli obiettivi ecologici, economici e sociali.

Negli ultimi anni, la continua e sempre crescente competizione per lo spazio marittimo in Albania ha evidenziato la necessità di iniziare a gestire gli spazi d'acqua e le zone costiere in modo più coerente e programmatico. Le attività svolte dagli autori si configurano come il primo passo in questa direzione.

BIBLIOGRAFIA

- S. MODUGNO, A.J. DE GRISSAC & G. MIFTIU (2019), *Guidelines for MARINE SPATIAL PLANNING process in Albania - Marine Spatial Planning preliminary initial assessment report of Vlorë area in Albania* funded by SPA/RAC, October 2019- February 2020.
- S. MODUGNO, A.J. DE GRISSAC, G. MYFTIU, Z. DEDEJ & A. ZARROUK (2021), *Preliminary results of the Marine Spatial Planning process in Vlorë Bay*. AJNTS No 53 / 2021 (XXVI), ALBANIAN JOURNAL OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES - PUBLISHED BY THE ACADEMY OF SCIENCES OF ALBANIA. Pagg. 47-62. ISBN: 2074-0867.



Figura 1. Mappa esempio di PSM per i trasporti marittimi e delle attività di uso dello spazio marittimo, presenti nella baia di Valona

Prime valutazioni sulla geomorfologia e bio-colonizzazione marine attraverso lo studio e il rilievo di alcuni relitti affondati lungo le coste albanesi

First assessments on marine geomorphology and bio-colonization through the study and survey of some wrecks sunk along the Albanian coasts

Parole chiave: Nave Ospedaliera Po, relitto, geomorfologia, SSS, MBES
Key words: Po hospital ship, wreck, geomorphology, SSS, MBES

Simone Modugno⁽¹⁾, Rachele Castro⁽²⁾, Igli Pustina⁽³⁾, Genty Khromida⁽⁴⁾, Zamir Dedej⁽⁵⁾

(1) Consulta Ambiente IRSSAT

(2) Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica - CNR-IRIB

(3) Federata Shqiptare e Zhytjes - Albanian Diving Federation - CMAS

(4) INCA Albania.

(5) The National Agency of Protected Areas (NAPA)

*Corresponding author

E-mail: moder1976@gmail.com

INTRODUZIONE

La baia di Valona rappresenta il più ampio golfo delle coste albanesi e costituisce la parte più orientale del canale d'Otranto. È separata dal mare Adriatico dalla penisola del Karaburun, propaggine dei monti Acrocerauni, che ne costituisce il lato sud-ovest terminando con capo Linguetta. L'imbocco della baia si trova tra i capi Nartés e Linguetta, con l'isola di Sazan a nord-ovest, come

una prosecuzione della penisola del Karaburun. A sud, nel *cul de sac* della baia - dopo la laguna di Orikum ove comincia la strada verso il passo del Llogorà valicato il quale si scende verso la bellissima costa sud fino alla Grecia - si trova anche la base militare di Pasha Liman, a testimonianza della storica importanza geo-politica-militare che la baia riveste da sempre. Qui ebbe luogo una delle battaglie più cruente tra gli eserciti di

Giulio Cesare e Pompeo: ancora oggi non è difficile ritrovare, adagiati sul fondo del mare, resti di antichi scafi romani ormai inglobati nei sedimenti poco profondi, attorniate da anfore divenute tane per polpi e pesci. A Valona, sul fondale marino, non si ritrovano solamente tracce della storia antica, ma anche e soprattutto relitti affondati durante la Seconda Guerra Mondiale: un esempio su tutti la *Nave Ospedaliera Po*, che da



Figura 1. Mappa della posizione di affondamento della Nave Ospedaliera Po

quasi 80 anni giace, ancora in assetto di navigazione, alla profondità di circa 37 metri nelle acque della rada di Valona (UNDP, 2022). La nave ospedale Po venne silurata alla fonda, durante una serata di chiarore lunare, mentre era “in oscuramento obbligato” e attendeva il trascorrere della notte per effettuare un nuovo imbarco di feriti da trasportare in Italia il giorno seguente. Alle ore 23.00 del 14 marzo 1941 l'equipaggio si era già ritirato nelle proprie cabine, quando uno degli *Swordfish* saettante nel cielo sganciò un siluro, l'unico in dotazione, colpendo con la forza di 730 kg la murata di dritta: la nave Po affondò in soli 3 minuti e 46 secondi (Fig. 1). Tra le sue lamiere, ormai corrose dalla salsedine e modellate dalle continue correnti, si può leggere la vita di quasi un secolo del mondo sommerso di Valona, ma anche una storia unica e importante per l'Italia. Il relitto della Po, la cui posizione è nota fin dall'affondamento, fu avvistato e riconosciuto nel 2005 formalmente da alcuni membri della IANTD – *International Association of Nitrox and Technical Divers* – in missione archeologica subacquea a Valona. A questa prima missione ne seguirono altre, fino alle attività di ricerca effettuate dagli autori nel 2022. Il relitto della Po, attraverso i moderni sistemi di ricerca e monitoraggio, torna oggi “a parlare” e diventa un punto di valutazione per i cambiamenti climatici in atto, ma soprattutto, un sito per lo studio della geomorfologia marina della baia.

MATERIALI E METODI

Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche e bionomiche dei fondali marini su larga scala, rappresenta un'informazione molto importante per approssimare la buona gestione delle coste (Virno *et al.*, 1998) e conoscerne le funzionalità ecologiche. Il sistema Baia di Valona - Laguna di Narta - foce del fiume Vjosa (Pano *et al.* 2005) rappresenta un ampio e complesso ecosistema costiero sito lungo la costa sud-orientale dell'Albania e si distingue per la sua particolare individualità naturale e per i valori ecologici di importanza internazionale, oltre che per la presenza di

molte aree protette e di un'Area Marina Protetta istituita nel 2010. I principali elementi del regime idrologico del fiume Vjosa, ovvero gli elementi limnologici derivanti dal regime della Laguna di Narta e gli elementi geomorfologici marini della Baia di Valona, sono stati analizzati in molti lavori scientifici (Pano *et al.* 2005), associandoli alle principali caratteristiche bionomiche ed ecologiche (Maiorano *et al.*, 2011, Modugno *et al.*, 2021), ma è del tutto mancante un modello dinamico idrologico, geomorfologico, bionomico e climatico per capire come i fondali e i sedimenti marini siano stati modificati nel tempo insieme alle comunità floro-faunistiche, ma soprattutto per comprendere come si modificheranno in futuro, in risposta anche alle pressioni antropiche e ai cambiamenti climatici. In questo contesto si inserisce il lavoro degli autori, che mira ad immaginare di recuperare, ricostruire e modellizzare tutte le informazioni che il relitto, posizionatosi in affondamento a mo' di gigantesca “arginatura artificiale” opposta agli apporti sedimentari derivanti dal fiume Vjosa a nord-ovest e dalle correnti marine dalle due bocche della baia a nord-ovest e ovest, ha accumulato in quasi 100 anni. In questo modo, a) conoscendo la data e l'ora esatte dell'affondamento (14.03.1941 alle 11pm), b) conoscendo la posizione e l'assetto del relitto (40°22'53.60"N and 19°27'54.22"E), c) avendo a disposizione diverse immagini SSS e MBES (Fig. 2) e molto materiale video-fotografico edito ed inedito (a partire dal 1941 ai giorni nostri), si vuole proporre la Nave Po, ma nel futuro ogni relitto affondato, come “sensore” per il monitoraggio delle modificazioni sia geomorfologiche, sia legate alla biodiversità marina della baia di Valona.

RISULTATI ATTESI E CONSIDERAZIONI

Gli autori auspicano che a breve il relitto della Nave Ospedaliera Po diventi, insieme poi ai tanti altri relitti presenti lungo le coste albanesi, il punto di riferimento sperimentale per un monitoraggio basato su indagine diacronica

dei cambiamenti geomorfologici e, di conseguenza bionomico-ecologici della baia di Valona. I risultati che si otterrebbero, andrebbero a costituire una forte base scientifica per avvalorare tutte le future possibili decisioni strategiche e manageriali, che devono essere prese per la gestione e pianificazione della baia e della costa di Valona, dove le trasformazioni di tipo geofisico ed ambientale, sulla base dei cambiamenti climatici in atto, sono purtroppo in progressione attiva, in piena coerenza con le linee guida (MSP *Guide Lines* SPA/RAC 2020) predisposte nell'ambito della *Marine Spatial Planning* (Modugno *et al.*, 2021),

ACKNOWLEDGMENTS

Grazie a IANTD Tirana per il supporto economico e il grande lavoro logistico dell'UNDP con la NAPA e il Ministero del Turismo e dell'Ambiente albanese.

BIBLIOGRAFIA

- VIRNO LAMBERTI C., DIVIACCO G., ROMANO E., PULCINI M., PELLEGRINI D., DE RANIERI S. (1998), *Osservazioni sul macrobenthos della baia di Carini (Sicilia) eseguite tramite R.O.V.*, *Biologia Marina Mediterranea*, 5(1), 596-599.
- MARIORANO P., MASTROCARO F., BEQUIRAJ S., COSTANTINO G., KASHTA L., GHERARDI M., SION L., D'AMBROSIO P., CARLUCCI R., D'ONGHIA G., TURSI A. (2011), *Biocological Study of the Benthic Communities on the Soft Bottom of the Vlora Gulf (Albania)*, *Journal of Coastal Research*. 270. 95-105. 10.2112/SI_58_9.
- MODUGNO S., DE GRISSAC A. J., MYFTIU G., DEDEJ Z., ZARROUK A. (2021), *Preliminary results of the Marine Spatial Planning process in Vlora Bay*. AJNTS No 53 / 2021 (XXVI), ALBANIAN JOURNAL OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES - PUBLISHED BY THE ACADEMY OF SCIENCES OF ALBANIA. Pagg. 47-62. ISBN: 2074-0867.
- MECOLLARI A. (2022), *Underwater naval history and cultural heritage in Vlora bay: resting area of 806 Italian sailors and soldiers*, CIP Katalogimi ne botim BK Tirane, UNDP Albania. – Tirane : Gent Grafik, 2022 72 f. : me foto ; 21x29.7cm. ISBN 978- 9928-294-69-2
- PANO N., LAZARIDOU M., FRASHERI A. (2005), *Coastal management of the ecosystem Vlora Bay-Narta Lagoon-Vjosa River Mouth*, *Albanian J. Nat. Techn. Sci.*, 11, 141-157.

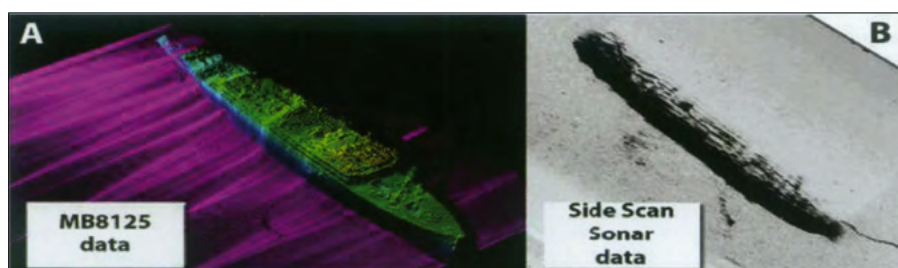


Figura 2. Immagine-dato MBES (a) e SSS (b) del relitto della Nave Po

Il ruolo della Geologia Ambientale nell'uso sostenibile delle pareti rocciose per l'arrampicata sportiva

Michele Motta

Dipartimento di Scienze della Terra di Torino

E-mail: michele.motta@unito.it

The role of Environmental Geology in the sustainable use of rock faces for sport climbing

Parole chiave: Pericolosità geomorfologica, Valutazione d'impatto ambientale, Sostenibilità ambientale, Arrampicata sportiva
Key words: Geomorphologic hazards, Environmental impact assessment, Environmental sustainability, Climbing

Le pareti rocciose utilizzabili per l'arrampicata, in condizioni climatiche adatte, possono diventare motore di sviluppo del turismo sostenibile. Anche centri ben dotati di risorse turistiche, come Finale Ligure (spiagge), Bard (musei), Briançon (sci), beneficiano dell'arrampicata, per il suo ruolo di attrarre durante le stagioni morte delle altre offerte turistiche. Sussistono tuttavia diffidenze riguardo alla durata nel tempo del successo di questo sport, e perplessità sulla sostenibilità ambientale, sia dell'attività di per sé (caduta pietre, erosione accelerata del suolo sottostante, distruzione e allontanamento di flora e fauna), sia degli effetti collaterali, se la zona è priva di adeguati servizi (pressione turistica eccessiva per parcheggi selvaggi, transito in proprietà private, ecc.).

Le autorità locali, un tempo perlopiù inconscie di quanto si sviluppava nel loro territorio o diffidenti, oggi in genere sono ben consapevoli del potenziale degli sport su roccia ma, attente a salvaguardare i propri cittadini da ogni possibile conseguenza negativa, spesso si domandano quale sia il rapporto costo-benefici dell'attività. Questo lavoro vuole rispondere almeno in parte a questa domanda, analizzando le prospettive di sviluppo dell'arrampicata sportiva nell'Italia NW e le conseguenti problematiche.

LE DISCIPLINE DI SCALATA CHE SI SVOLGONO SU PARETI ROCCIOSE NATURALI

A distanza di decenni dal periodo "pionieristico" in cui gli arrampicatori erano pochi e la loro attività mal definita, sulle pareti rocciose arrampicabili si svolgono oggi più discipline, nettamente separate.

- Alpinismo o arrampicata "trad" (= tradizionale): prevede l'attrezzatura solo parziale delle pareti, da completare con protezioni amovibili.
- Arrampicata sportiva su monotiri (o "di falesia"): la parete è attrezzata con punti di assicurazione (ferle resinare, spit-fix, ecc.) a cui agganciare rinvii in cui far passare la corda, per impedire cadute pericolose. Tutta l'attrezzatura oggi segue norme CE; in Francia la *Fédération Française Montagne et Escalade* può certificare la corretta posa e dei punti di assicurazione e garantirne la manutenzione; in caso contrario, la scalata non è vietata, ma il sito è catalogato *terrain d'aventure*, frequentabile a proprio rischio e pericolo (FFME, 1993). In Italia non c'è un ente nazionale equivalente alla FFME; in genere gli Enti locali che promuovono l'attrezzatura di pareti redigono una convenzione con una sezione locale delle Guide Alpine o del Club Alpino Italiano.
- Arrampicata sportiva su "vie lunghe": si pratica su pareti rocciose che presentano roccia sana per almeno 60-70 m di altezza, attrezzate come per i monotiri, ma per tutta la loro altezza; si adatta bene anche a speroni rocciosi troppo stretti per ospitare un numero interessante di monotiri, o pareti con la base molto scoscesa e poco comoda.
- Sassimo o *bouldering*: usa in genere massi alti da 2,5 a 10 m (in genere erratici o di crollo, su cui scalare legati o assicurati dall'alto).

È ormai pratica corrente nell'attrezzatura di itinerari di arrampicata sportiva il preventivo disaggio (che richiede non comune capacità professionale, perché si deve rimuovere i blocchi potenzialmen-

te instabili senza distruggere gli appigli necessari alla scalata!) e la rimozione di terriccio e vegetazione (*gardening*), particolarmente accurata sui monotiri.

La manutenzione prevede innanzitutto la sostituzione dell'attrezzatura corrosa dal tempo o usurata dallo sfregamento della corda (ancoraggi di calata). In certi litotipi occorre anche consolidare o disgiungere i blocchi destabilizzati nel tempo dai processi di disgregazione fisica (crioclastismo, ecc.) o, se gli appigli vengono levigati o danneggiati dal continuo passaggio, occorre ritracciare la via di salita, o ripristinare con varie tecniche gli appigli danneggiati. Non di rado, se la parete è lasciata a sé stessa con l'invecchiamento dell'attrezzatura viene abbandonata; la vegetazione torna a svilupparsi, e la risistemazione della parete diventa non meno onerosa dell'attrezzatura primigenia.

In Francia è la FFME ad occuparsi della manutenzione; in Italia la situazione è molto più problematica. Molte pareti sono state attrezzate da volontari che, al momento della necessaria manutenzione, non sono più in attività. L'attrezzatura può così invecchiare a tal punto da far abbandonare la parete o, peggio, da causare incidenti. Esempio è il caso del Paretone di Machaby (vie lunghe) in cui il distacco di una sosta corrosa a cui erano appesi gli arrampicatori ha causato un incidente mortale, inducendo il comune ad assumersi la gestione della parete, incaricando le Guide Alpine di riattrezzare interamente parete e sentiero di accesso: una soluzione onerosa, ma che ha consentito di mantenere l'afflusso di arrampicatori e le conseguenti benefiche ricadute sull'economia locale.

Un'altra soluzione è quella di finanziare associazioni di volontari che si occupa-

Numero di vie di roccia attrezzate ogni anno in Val Pennavaire

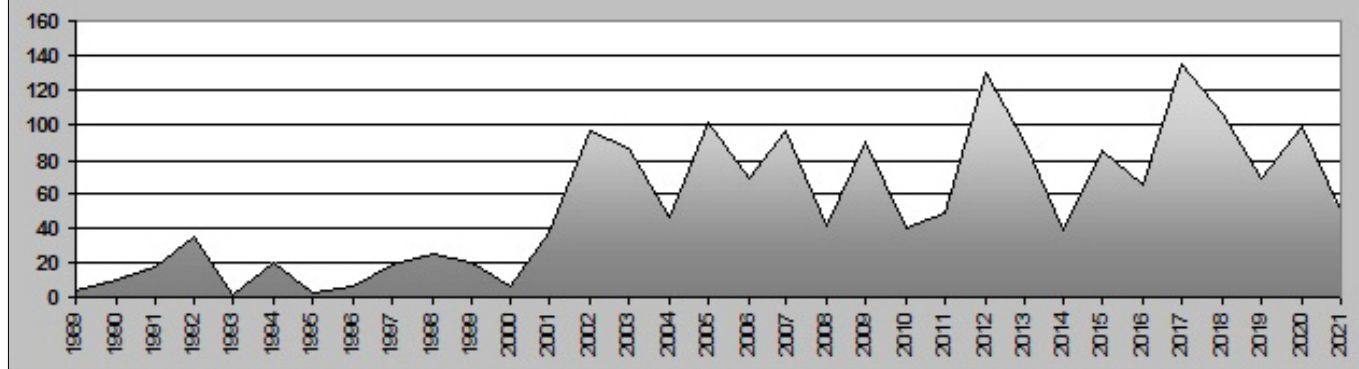


Figura 1. Tipica evoluzione di un centro di scalata: dopo le prime sporadiche chiodature (1989-2002), la valle diventa nota per la buona qualità delle sue pareti, e vengono attrezzate molte vie ogni anno, sino a sfruttare tutte le pareti adatte e non proibite perché sovrastanti centri abitati o con nidi di rapaci. A marzo 2022 la valle ha già ben 1810 vie

no della richiodatura, assumendosi parte delle spese: è la soluzione, ad esempio, praticata nel Finalese, dove l'enorme numero di vie (quasi 3000!) renderebbe troppo onerosa una soluzione tipo Machaby.

IL RUOLO DELLA GEOLOGIA AMBIENTALE

Gli aspetti di competenza del Geologo Ambientale sono essenzialmente tre.

- Sviluppo di un indice di qualità turistico-sportiva, che partendo dalle caratteristiche di una parete rocciosa ne valuti l'attitudine a diventare una parete abbastanza attraente per gli scalatori da costituire un richiamo turistico, ripagando degli investimenti necessari per attrezzare la parete e le necessarie strutture di complemento (base parete, sentiero di accesso, parcheggi, cartellonistica...).
- Valutazione delle pericolosità attinenti l'attività sportiva sulla specifica parete (distacco spontaneo di blocchi, distacchi provocati di appigli, pericolosità climatica...).
- Mitigazione degli impatti ambientali: erosione accelerata al piede della parete e lungo l'accesso, delimitazione e protezione delle proprietà private limitrofe, ecc.

In Motta & Motta (2005) è presentato un indice di potenzialità d'uso delle pareti da scalata, calibrato sulla situazione geomorfologica e sociale delle Alpi Occidentali (IPTS). Esso è stato applicato in diverse situazioni pratiche, dall'individuazione dei siti più promettenti nella zona dell'Aveto (GE), alla valutazione preventiva delle variazioni di *appeal* conseguenti le varie opzioni di un progetto di risistemazione delle pareti rocciose scalate allo studio nel comune di Borgone (TO). Esistono casi (fortunatamente rari) come la parete di Mezenile (TO), attrezzata con larghezza di fondi (europei), dotata di

ottima attrezzatura CE e cartellonistica, ma abbandonata subito dopo l'inaugurazione per la pessima qualità sportiva, che sarebbe stata facilmente evidenziata da un'analisi preliminare.

Nell'ambito di un gruppo di lavoro AIGEO da una ventina d'anni è stata sviluppata una metodologia standardizzata di rilevamento e valutazione della pericolosità in aree turistiche, comprese le pareti per arrampicata (sia quelle per "vie lunghe", sia quelle per "monotiri"). Purtroppo non ha avuto la diffusione che meritava presso gli Enti locali, che oscillano spesso fra chiusure generalizzate in seguito a singole segnalazioni non verificate da professionisti (Val Varaita, ---) o un voluto disinteressamento, quando il sito diventa un'attrazione turistica troppo importante economicamente per chiuderla (esemplare il caso della scalata al Monte Bianco). Per quanto riguarda la valutazione della pericolosità climatica, questa in genere è disponibile in siti web specializzati (ad esempio, meteoFrance e camptocamp in Francia, gulliver in Italia). La pericolosità specifica a una parete non è fatta a priori ma con un rudimentale sistema a posteriori, sulla base dei giudizi dei frequentatori (ad esempio, rischio di colpo di calore nei mesi caldi, parete molto pericolosa durante i temporali, ecc.). Con ciò la valutazione è comunque più obiettiva di quella un tempo affidata ai redattori delle topoguide descrittive e al loro più o meno interessato ottimismo o catastrofismo. Alcuni siti web pubblicano anche segnalazioni di pericolosità geomorfologiche, ma spesso poco affidabili, sia perché provenienti da persone prive di competenze geologiche, sia perché da un lato molte segnalazioni sono sensazionalistiche, dall'altro alcuni siti tendono a smussare, se non addirittura a censurare, segnalazioni che rischiano di provocare interventi di chiusura dei siti.

La mitigazione degli impatti, visto l'ambiente naturale in cui si opera, è principalmente di competenza dell'Ingegneria Naturalistica, che per tale opera ha sviluppato metodologie ampiamente collaudate e insegnate in molti corsi universitari e non. Nell'applicazione pratica si riscontra purtroppo una forte differenza da zona a zona: è quasi sempre attuata bene nei siti di arrampicata gestiti più o meno direttamente dagli enti locali; è tralasciata, o attuata con metodi e materiali "bricolage", sovente sottodimensionati e inefficaci, dove la parete è attrezzata da volontari.

CONCLUSIONI

I *trend* attuali indicano che l'arrampicata sportiva è tutt'ora in forte sviluppo (fig. 1). È ampiamente prevedibile che il Geologo Ambientale sarà sempre più sovente chiamato a supportare gli Enti locali chiamati a gestirne la pratica: ben governata, quest'attività ha alta sostenibilità e bassa pericolosità.

L'aumento progressivo di frequentazione delle pareti rocciose, l'evidente successo turistico dei centri di scalata ben sviluppati, la crescente attenzione alle problematiche di responsabilità legale, sono fattori che rendono sempre più riconosciuto il ruolo della Geologia Ambientale nella progettazione e gestione dei siti di arrampicata su roccia naturale.

OPERE CITATE

FFME (1993), *Consignes Fédérales de sécurité pour l'escalade en site naturel et l'alpinisme*, FFME CD 83, Toulouse.

MOTTA L., MOTTA M. (2005), *Valutazione della potenzialità d'uso turistico-sportivo di un sito naturale: l'esempio delle pareti rocciose usate per l'arrampicata*, in: TERRANOVA R., BRANDOLINI P., FIRPO M. (Eds.): *La valorizzazione turistica dello spazio fisico come via alla salvaguardia ambientale*, Patron, Bologna.

Tecnologie ad alta efficienza e basso costo per il monitoraggio idrometrico di corpi idrici superficiali

High efficiency and low cost technologies for hydrometric monitoring of shallow water bodies

Parole chiave: Monitoraggio, acque superficiali, nuove tecnologie
Key words: monitoring, shallow water, new technologies

Fabio Musmeci
Opiware S.r.l, Formello (Roma)

Luca Maria Falconi
ENEA- Dipartimento Sostenibilità, Centro di Ricerca Casaccia, Roma

E-mail: f.musmeci@opiware.it

VALIDAZIONE SUL CAMPO DI SENSORI AD ULTRASUONI UTILIZZATI COME IDROMETRI

Lo sviluppo dell'Internet delle Cose (IOT) e dell'ecosistema sensoristico creato intorno a piattaforme molto diffuse come Arduino hanno portato alla disponibilità di apparati estremamente economici che possono essere utilizzati anche per il monitoraggio ambientale. Tra questi, quelli basati su ultrasuoni, possono essere utilizzati come idrometri per la misura dei livelli dell'acqua in differenti situazioni. La velocità del suono in aria dipende dalla temperatura e, in misura più modesta, dall'umidità. Per questo motivo, se si desiderano misure accurate, gli apparati devono esse-

re completati da sensori per umidità e temperatura. In questo lavoro vengono presentate le esperienze relative a tre situazioni diverse in provincia di Roma, in cui vari sensori sono stati utilizzati per oltre un anno consecutivo utilizzando, per la misura di umidità e temperatura il modulo BME280. Le stazioni di misura sono state installate presso:

- il fosso della Casaccia dove si hanno variazioni repentine in concomitanza delle piogge. Presso questo sito sono stati confrontati i dati raccolti da un sensore molto economico e diffuso (HC-SR04, range 0,02-4,00 m) e un sensore più costoso (Maxbotix 7388 range 0,50-10 m);
- il lago di Martignano, in cui il livello varia molto lentamente. In questo

caso sono stati utilizzati, dopo varie sperimentazioni, una tripletta di sensori US-25 (range 0,02-6,00 m); il canale di bonifica (Ostia) in cui, per l'attivazione di idrovore, il livello cambia continuamente ogni giorno. Anche qui sono presenti sensori US-25. Questo sito è dotato anche di un pluviometro.

- In tutti questi casi, dopo prime esperienze con Arduino, è stato utilizzato un microcontrollore ESP32 con integrato il modulo SIM800. Questo modulo permette l'invio dei dati ad un data base MYSQL con l'utilizzo del GPRS e quindi di una economica SIM per trasmissione dati. L'alimentazione è fornita da una batteria da 12 volts caricata da un pannello

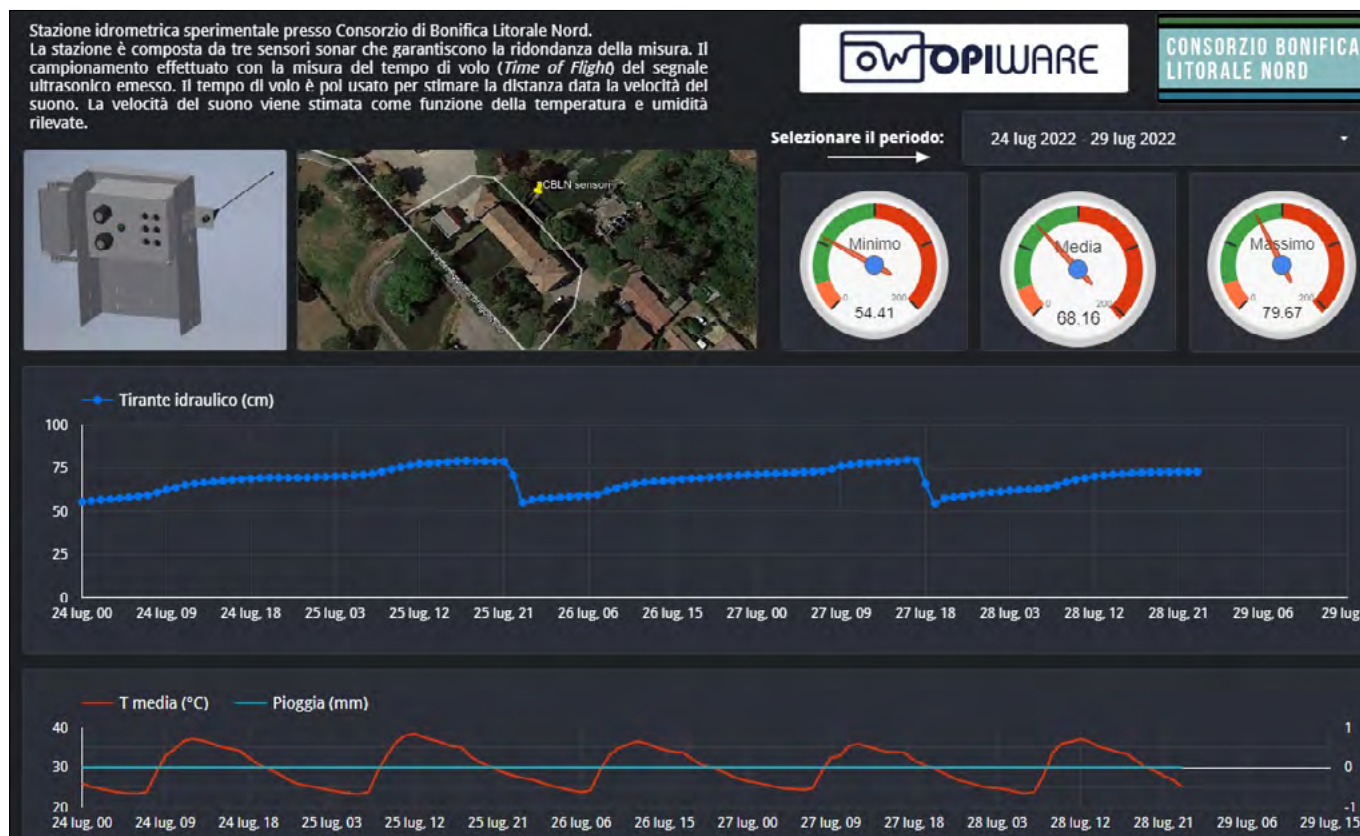


Figura 1. I dati sono presentati con l'uso del Google Data Studio per produrre pagine di consultazione

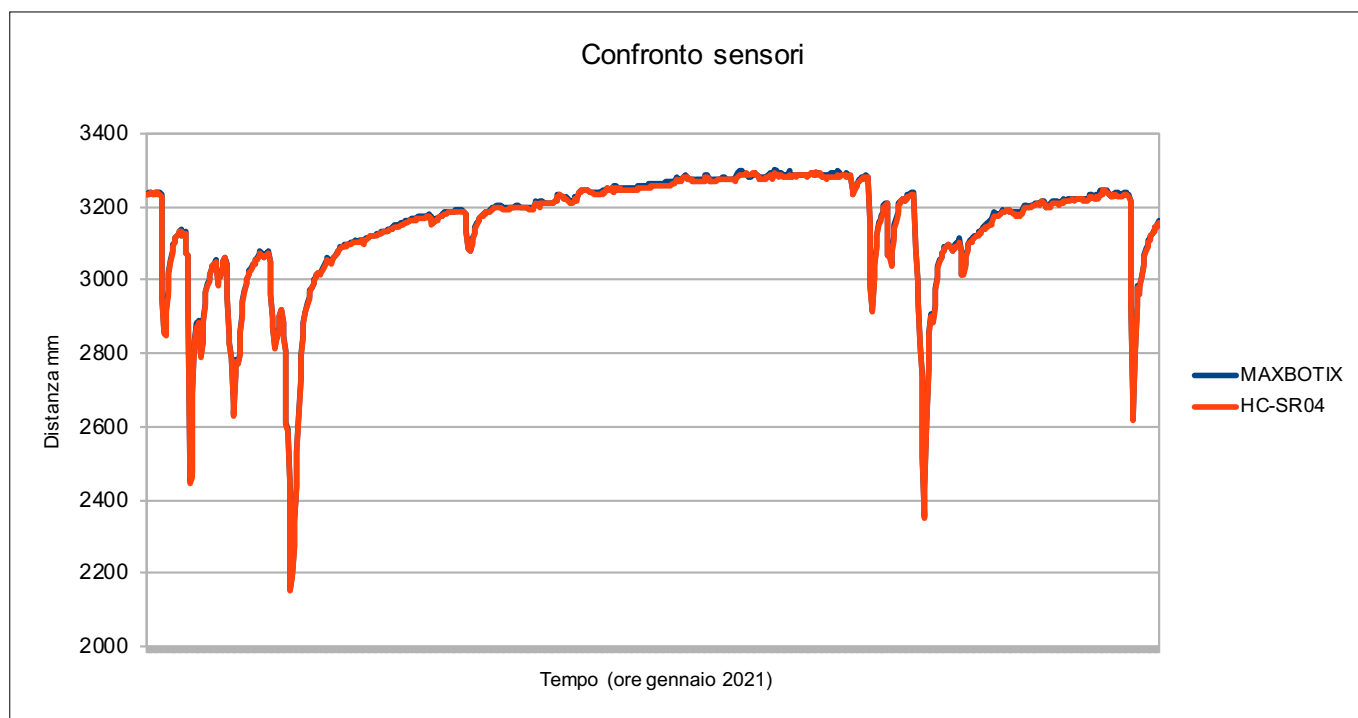


Figura 2. Dati dei sensori MaxBotix e HC-SR04 a confronto per il mese di gennaio 2021 acquisiti sul Fosso della Casaccia presso il Centro Ricerche ENEA. L'uso di tre sensori US-25 uguali e l'adozione del loro valore mediano, per la stima della distanza, è stato importante per la correzione di eventuali errori di misura e rappresenta la base su cui sono realizzati gli ultimi apparati (figura 3, destra)

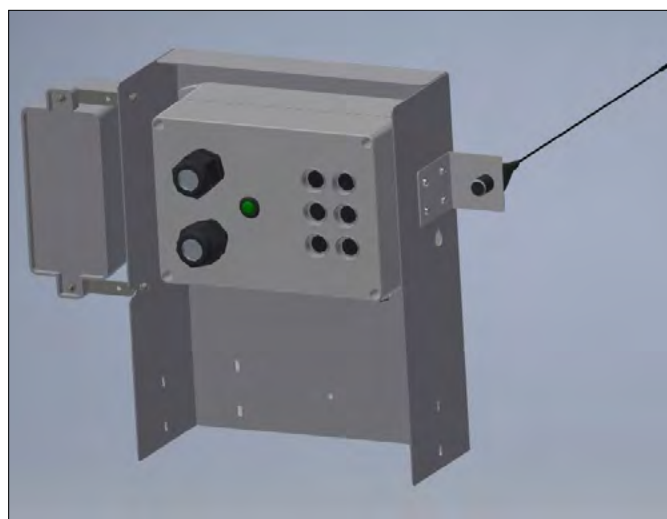


Figura 3. Vista della strumentazione Fosso della Casaccia utilizzata per il confronto tra sensori (sinistra) e modello 3d del gruppo a 3 sensori con elevata affidabilità

solare da 50 watt. Il dato acquisito dai sensori è stato ottenuto dalla mediana di letture consecutive e trasmesso ogni ora al server MYSQL.

Il confronto tra il MaxBotix e l'HC-SR04 (figura 2), reso possibile dall'apparato posto presso il fosso Casaccia (figura 3, sinistra) mostra che i dati sono estremamente correlati.

Il confronto tra i dati, eliminate le differenze sistematiche tra le misure, sono valutate in pochi millimetri. I valori della velocità del suono stimata variano tra 332 a 357 m/sec. Gli errori del singolo sensore US-25 sono inferiori all'1% e sono facilmente individuabili perché quando avvengono riportano sempre valori palesemente fuori scala. Stessa cosa vale per i sensori BME280 i cui errori sono solamente nella lettura della umi-

dità che si presentano con una frequenza dello 0,4%. Con una tripletta di sensori il sistema gode di un'alta affidabilità.

RIFERIMENTI

- GUNAWAN H.A.A, SUMADIYASA M. (2019), *Water Level Detection System Based on Ultrasonic Sensors HC-SR04 and ESP8266-12 Modules with Telegram and Buzzer Communication Media*, Instrumentation Measure Métrologie Vol. 18, No. 3, June, 2019, pp. 305-309.
- LÖFQVIST T., SOKAS K., DELSIN J. (2003), *Speed of sound measurements in humid air using an ultrasonic flow meter*, Proceedings, XVII IMEKO World Congress, June 22 - 27, 2003, Dubrovnik, Croatia.
- MOHAMMED S.L. *et al.* (2019), *Highly Accurate Water Level Measurement System Using a Microcontroller and an Ultrasonic Sensor*, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 518 042025.

OP Conf. Series: Materials Science and Engineering 518.

NASUTION T.H. *et al.* (2018), *Design of river height and speed monitoring system by using Arduino*, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 308.

PANDAK.G., AGRAWAL D., NSHIMIYIMANA A., HOSSAIN A. (2016), *Effects of environment on accuracy of ultrasonic sensor operates in millimetre range*, Perspectives in Science, Volume 8.

PEREIRA N. *et al.* (2022), *Evaluation of Water Level in Flowing Channels Using Ultrasonic Sensors*, Sustainability 2022, 14.

PRAFANTO A, BUDIMAN E. (2018), *A Water Level Detection: IoT Platform Based on Wireless Sensor Network*, 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIConCIT).

Urban mining e valorizzazione degli scarti per l'uso sostenibile delle risorse

Urban mining and waste valorization for the sustainable use of resources

Parole chiave: Urban mining, economia circolare, riciclo, rifiuti, risorse, sensor-based sorting, controllo di qualità

Key words: Urban mining, circular economy, recycling, waste, resources, sensor-based sorting, quality control

Con il termine *urban mining* si intende l'estrazione di risorse dai rifiuti, di diversa natura e origine, prodotti nelle aree urbane, come ad esempio i rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), gli scarti da costruzione e demolizione (SCD), i veicoli fuori uso (VFU) e i rifiuti urbani (RU), tra cui quelli raccolti in modo differenziato (plastica, vetro, carta, metalli, ecc.). Il concetto di *urban mining* è stato sviluppato in analogia a quello di *ore mining*, ossia l'estrazione di rocce, minerali ed elementi chimici utili dai giacimenti minerari presenti nella crosta terrestre. Il prodotto di un processo di trattamento e trasformazione di un rifiuto in una risorsa prende il nome di materia prima secondaria, mentre quello derivante dal processo di trattamento dei minerali si definisce materia prima primaria. Le tecnologie e le logiche di trattamento fisico-meccanico sviluppate nel settore minerario sono state trasferite al settore del riciclo dei rifiuti, proprio in virtù dell'analogia tra i due processi, in cui si gestiscono materiali solidi particolati che devono essere dapprima ridotti di dimensioni per liberare i diversi costituenti e poi separati in base alle loro caratteristiche fisiche: colore, densità, suscettività magnetica, conducibilità elettrica, ecc. L'*urban mining* offre numerosi vantaggi rispetto all'*ore mining*, come i più elevati tenori di elementi utili presenti nei materiali e/o nei prodotti di scarto, la maggiore diffusione e la più facile accessibilità.

Tuttavia, affinché le materie prime secondarie raggiungano standard di qualità paragonabili a quelli delle materie prime primarie sono necessari processi di riciclo sempre più sofisticati, soprattutto per quanto riguarda le fasi di selezione dei materiali di interesse

e di eliminazione dei contaminanti, in modo da poter reimmettere sul mercato un prodotto appetibile, caratterizzato da un'elevata purezza.

Questo fondamentale e "sfidante" aspetto è quello su cui attualmente si concentra la ricerca scientifica, rivolta principalmente allo sviluppo di tecnologie di identificazione, classificazione e selezione dei materiali che siano sempre più rapide, robuste ed efficienti. In particolare, oltre alle più classiche operazioni di separazione meccanica (magnetica, elettrostatica, gravimetrica, ecc.) si stanno diffondendo sempre di più le tecnologie di "sensor-based sorting", ossia le separazioni basate su sensori. Grazie al continuo progresso tecnologico che consente l'utilizzo di computer in grado di elaborare una maggiore quantità di dati in tempi sempre più rapidi e alla parallela diminuzione dei costi delle apparecchiature di "sensing" più sofisticate, l'impiego di tali tecnologie negli impianti di riciclo sta diventando sempre più abbordabile e diffuso. In questo modo è possibile contribuire all'esigenza di migliorare la qualità delle materie prime secondarie e sostituire le materie prime primarie in percentuali sempre maggiori, in piena sintonia con i principi dell'economia circolare e dello sviluppo sostenibile, con particolare riferimento all'obiettivo 12 "Consumo e produzione responsabili" dell'Agenda 2030 dell'ONU. Un altro aspetto da considerare a sostegno della necessità di applicazione delle tecnologie di *sensing* negli impianti di riciclo è che spesso le fasi di controllo della qualità delle separazioni sono effettuate manualmente da operatori posti ai lati dei nastri trasportatori su cui scorrono i diversi flussi di materiali. Si tratta di un lavoro ripetitivo, usurante e che, seppure svolto con tutti i necessari dispositivi di

protezione individuali, è quasi sempre effettuato in ambienti polverosi e rumorosi. Inoltre, la certificazione della qualità delle materie prime secondarie viene spesso effettuata mediante il prelievo di campioni dall'impianto che vengono poi analizzati in laboratorio con procedure lunghe e costose. L'impiego di tecnologie innovative basate su sensori consente di velocizzare e automatizzare anche tali procedure di controllo di qualità e certificazione delle materie prime secondarie.

In questo lavoro sono descritti alcuni esempi di applicazioni sviluppate per la valorizzazione degli scarti negli impianti di riciclo, basate principalmente sull'utilizzo di sensori di analisi d'immagine iperspettrale (HSI: *hyperspectral imaging*) operanti negli intervalli di lunghezze d'onda dal visibile all'infrarosso a onde corte (VIS-SWIR: 400-2500 nm) e di fluorescenza a raggi X (XRF: *X-ray fluorescence*). Le logiche d'indagine proposte sono state sperimentate a scala di laboratorio utilizzando le apparecchiature del RawMaLab (*Raw Materials Laboratory*) del Dipartimento di ingegneria Chimica Materiali Ambiente, ma possono essere trasferite a scala di impianto industriale.

In particolare, gli esempi esposti si riferiscono alle seguenti tipologie di problematiche: il riciclo delle schede elettroniche, il riciclo degli imballaggi in plastica, il riciclo delle macerie prodotte dai terremoti, l'individuazione di amianto negli scarti da costruzione e demolizione.

Silvia Serranti* e Giuseppe Bonifazi
Dipartimento di Ingegneria Chimica
Materiali Ambiente (DICMA), Sapienza
Università di Roma, Roma

*E-mail: silvia.serranti@uniroma1.it

Il paesaggio geologico delle valli del Bosso Burano e Candigliano, come risorsa nelle Alte Marche

Edoardo Virgili

Dirigente Istituto Istruzione Superiore
Giuseppe Celli, Cagli-Piobbico
E-mail: edoardo.virgili@tin.it

Endro Martini

Coordinatore Nazionale Area Tematica
Contratti di Fiume SIGEA-APS
E-mail: endromartini@gmail.com

The geological landscape of the Bosso Burano and Candigliano Valleys, as a resource in the High Marche

Parole chiave: paesaggio, fossili, geositi, geoparco, geoturismo, geodiversità, Valli Bosso e Burano

Key words: landscape, ammonites, geosites, geopark, geotourism, geodiversity, Bosso and Burano Valley

Le strutture tettoniche, la tipologia delle formazioni rocciose, le forme erosive dipendenti dalle caratteristiche geologiche del territorio definiscono sempre la morfologia del paesaggio e condizionano la varietà delle produzioni agricole, con ripercussioni sul turismo e in generale sull'economia di un territorio. Ma sono veramente infiniti gli esempi di questo tipo che si potrebbero fare. Il nostro territorio, la zona dell'alto appennino pesarese, è costituita da tre rilievi principali: il Catria, il Petrano, il Nerone. Queste montagne che presentano, spesso, forme aspre: con picchi, balze, forre sono costituite da rocce, prevalentemente calcaree, di età mesozoica. Procedendo verso est il paesaggio si ammorbidisce, si hanno colline, formate da rocce cenozoiche marnose, argillose, arenacee con forme più dolci e arrotondate e terreni più vocati all'agricoltura. Le montagne citate non offrono risorse primarie che possano dare un contributo significativo all'economia del territorio. Non sono adatte all'agricoltura, c'è solo un po' di industria boschiva e allevamento, una certa attività estrattiva, in alcune cave, per la produzione di sabbia, ghiaia e materiali lapidei.

In questi ultimi anni si sta, invece, sempre più sviluppando un turismo basato sul trekking e sulle passeggiate. È stata approntata e, ben segnalata, una serie articolata di sentieri, che viene percorsa ogni anno da tantissime persone, le quali si muovono autonomamente o vengono accompagnate da guide del posto. Diversi di questi sentieri sono praticati perché lungo il loro percorso si possono osservare interessanti particolarità geologiche.

Un aspetto rilevante è quello paleontologico, molte persone sono interessate

ai fossili, in particolare alle ammoniti. In tutta la zona si hanno molti affioramenti di rocce giurassiche, in cui è possibile rinvenire e studiare le ammoniti. Di particolare importanza è la formazione del *Rosso ammonitico*, di età *toarciense*, in cui la presenza di ammoniti è molto abbondante. Affioramenti di *Rosso ammonitico* si hanno in diverse località, nei monti ma, soprattutto, nelle valli del Burano, del Bosso e del Candigliano (Fig. 1). In queste valli è anche possibile individuare

il passaggio K/T, tra l'era mesozoica e cenozoica, universalmente noto per la scomparsa dei dinosauri, probabilmente in seguito alla caduta di un asteroide, studiato per la prima volta nella Gola del Bottaccione, non lontana da Cantiano. Di particolare interesse è l'affioramento che si ha nella valle del Bosso, 1 km dopo il paesino di Secchiano di Cagli, in direzione Pianello.

In questa località è stato approntato nel 2018: "Il sentiero delle ammoniti",

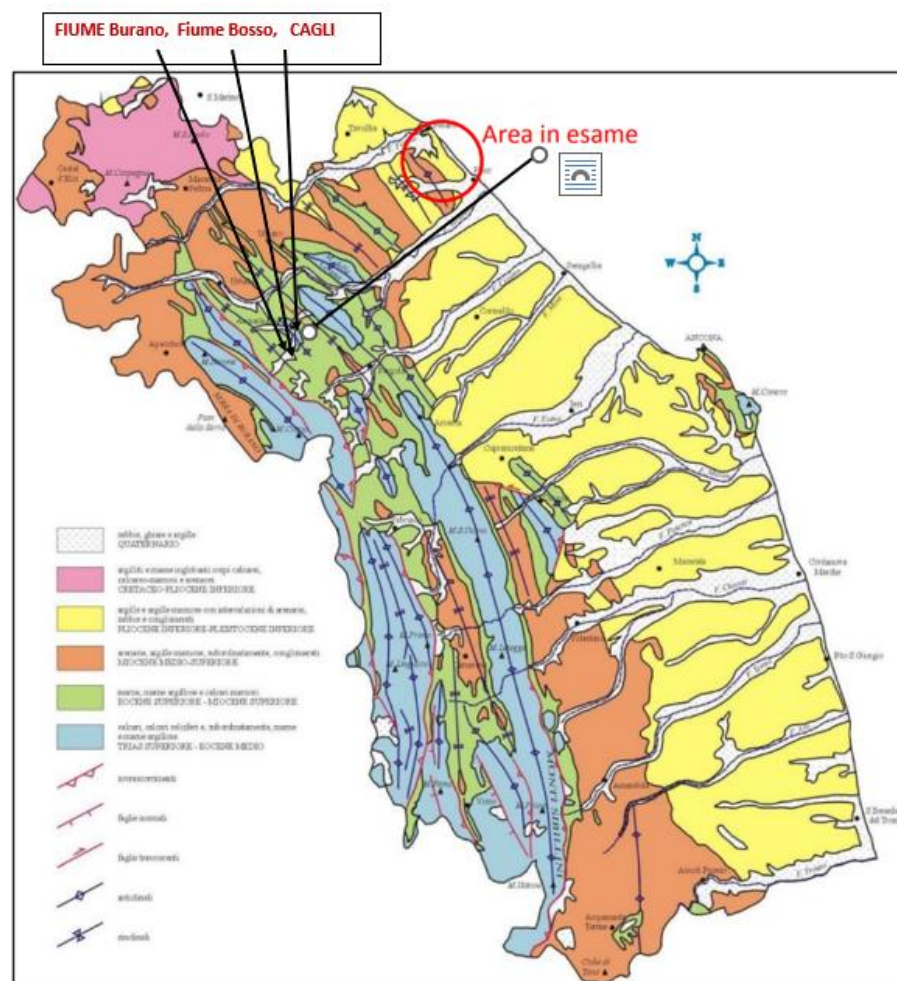


Figura 1. Ubicazione dell'area di studio. Carta Geologica schematica (Deiana et al., 2002)



Figura 2. Area della Geodiversità

un percorso che sale dal Bosso, verso il monte Petrano. Lungo il sentiero sono stati installati dei pannelli illustrativi, in italiano e inglese, dove vengono spiegate, in modo semplice, le caratteristiche delle ammoniti: età, ecologia, strutture del guscio, classificazione, importanza paleontologica (Fig. 2).

Nel primo pannello si ricorda, anche, la figura di Don Mariano Mariotti, parroco di Secchiano, che iniziò a studiare i fossili della valle del Bosso, specialmente le ammoniti, già nella seconda metà dell'800, un vero pioniere della paleontologia e della geologia.

Alcuni dei fossili e dei minerali della sua collezione sono esposti nel Museo Archeologico di Cagli, al piano terra del Palazzo Comunale. Lungo la sezione del *Rosso ammonitico*, attraversata dal sentiero, chiamata *Sezione dei Leccei*, il compianto prof. Federico Venturi, già docente di paleontologia presso l'Università di Perugia, ha individuato, quasi trenta anni fa, due nuove specie di ammoniti a cui sono stati attribuite delle denominazioni legate alla toponomastica del territorio locale e alla figura di Don Mariano Mariotti: la *Secchianoceras secchianense*, la *Petranoceras mariottii*. Queste due nuove specie non sono state ancora riconosciute dalla comunità scientifica.

Il *Sentiero della Ammoniti* è una vera attrazione, ogni anno viene percorso da centinaia di persone che arrivano anche dall'estero: intere scolaresche, famiglie, appassionati, studiosi. Molto interessante, sempre in ambito paleontologico, è stata la scoperta, diversi anni fa, nella località *Foci* del Burano, presso Cagli, e nella cava del *Pallareto*, nel monte Acuto, di orme di un rettile marino, nella formazione calcarea della "*Corniola*" di età *sinemuriana* e *pleinsbachiana* (190-180 m.a.).

A questo rettile (*Accoriichnus Natans*) è stato, simpaticamente, attribuito il nome di "*Ugo*". Si organizzano delle escursioni a partire da Cantiano, con guide del posto, per salire alla cava del *Pallareto*. In questa cava è anche possibile osservare il passaggio tra i piani *Sinemuriano* e *Pleinsbachiano inferiore* (*Carixiano*), caratterizzato da uno strato ricco di ammoniti, scoperto sempre dal prof. Federico Venturi, che vi ha individuato un nuovo genere di ammoniti, le *Catriceras*, in particolare la *Catriceras Catriense*, che indicherebbero la base del sottopiano *Carixiano* (*Pleinsbachiano inferiore*).

Nel corso di tale escursione viene evidenziato un altro interessante aspetto. Diversi studiosi (Savelli, Nesci, Basili, 1995) hanno ipotizzato la presenza, nel Pleistocene, di un piccolo ghiacciaio: "*ghiacciaio del Bevano*", di cui si conservano alcuni accumuli morenici, che scendeva dal Monte Catria fino al paese di Chiaserna di Cantiano.

Queste *passeggiate geologiche* (Geoturismo) possono essere completate con una visita al museo paleontologico-archeologico di Cantiano, dove si hanno i calchi delle orme di *Ugo* (lo strato roccioso con le orme originali è stato rimosso e portato a Roma), e una sua bella ricostruzione del rettile, in scala 1:1. Nel territorio ci sono altri importanti musei paleontologici in cui è possibile approfondire l'interesse per i fossili, i musei di Apecchio e Piobbico.

A Piobbico, c'è anche un suggestivo museo speleologico, in cui è possibile avere tutte le informazioni sulle numerose grotte presenti nel monte Nerone. Nel museo è contenuto anche lo scheletro completo di un *Ursus Spelaeus*, un orso colossale estintosi circa 20.000 anni fa. I resti di molti di questi orsi furono rinvenuti in una grotta del Monte

Nerone, chiamata, appunto: "*La grotta degli orsi*".

Le grotte, costituiscono, un'altra attrazione geologica del territorio, che attira molte persone. Si hanno piccole grotte anche nel monte Catria e Petrano, ma le grotte principali si trovano nel Monte Nerone e interessano principalmente la formazione del "*Calcarea massiccio*".

Tra queste, sono di particolare rilievo: la *Grotta delle Tassare*, che con la sua notevole profondità, circa 500 m, costituisce la grotta più profonda delle Marche, la *Grotta dei cinque laghi*, molto suggestiva per le sue concrezioni e per la presenza di cinque piccoli laghetti nella sua parte terminale. Altre grotte sono: la *Grotta di Nerone*, la *Grotta del Borghetto*, la *Grotta degli Orsi*, la *Grotta delle Nottole*, oggetto anche di importanti scavi archeologici. Molto suggestivo è l'arco roccioso naturale di *Fondarca*, situato nel versante del monte Nerone che scende verso il paesino di Pieia, che rappresenta ciò che rimane di un'antica grotta crollata (Fig. 3).

Un'altra importante attrattiva di questo territorio, che richiama centinaia di appassionati, è costituita dalle numerose balze e pareti rocciose verticali che, oltre ad essere suggestive, sono state attrezzate per essere scalate. Queste "*faliese*" si trovano, prevalentemente, nelle formazioni del *Calcarea Massiccio* e del *Calcarea Rupestre* (*Maiolica*), spesso sono impostate su *specchi* di faglia. Dagli anni '90 ad oggi sono state allestite decine di queste vie. Si possono trovare nella *Gola del Furlo*; nel *Rio Vitorchio*, nel *Fosso dell'Eremo* e nella *Balza della Penna* presso Piobbico; nel *Sasso del Re*, presso il paesino di Pieia; sul *Corno del Catria*, presso il *Castellaccio* nella strada che da Serra Sant'Abbondio sale al Monastero di Fonte Avellana.



Figura 3. Arco di Fondarca

Le vie delle *Porte del Rio Vitoschio* e della *Balza della Penna*, sono particolarmente suggestive e interessanti perché si trovano su due evidenti e imponenti superfici di faglia. Per finire questa panoramica sulle attrattive geologiche di questo territorio, destano particolare interesse e sono meta di continui trekking, le numerose forre, ricche di cascate, che si aprono nei versanti dei Monti Catria, Petrano e Nerone.

La forra della *Madonna del Grottone*, presso il paesino della Petrarà, il *Fosso di Teria* che scende dal Petrano e si getta nel fiume Bosso, l'*Orrido dei Cupi di Fiamma*, che scende dal Nerone verso Pianello; il *Rio Vitoschio*, la *gola dell'Infernaccio*, il *fosso dell'Eremo*, la *forra del Presale* nel versante del Nerone che scende verso Piobbico.

Infine, come dimenticare la grande Gola del Furlo, un canyon bellissimo, costituito da vertiginose pareti verticali di *Calcarea massiccio*, molto interessante per il suo suggestivo paesaggio e per le sue risorse naturalistiche: geologiche, botaniche e faunistiche.

Presso la *Riserva Naturale Statale della Gola del Furlo* vengono organizzate delle escursioni e delle attività molto interessanti. Nel centro visite della riserva è stato allestito il *Museo del Territorio "Lorenzo MannoZZi-Torini"*, dove è possibile visitare tre sezioni: la sezione geo-paleontologica, la sezione faunistica, la sezione dedicata al lavoro che si svolgeva nelle cave.

Negli ultimi anni c'è stato un notevole aumento di persone che frequentano questi luoghi, ciò è dovuto, soprattutto, all'azione di promozione fatta sulla rete. Nei siti degli enti locali, di associazioni naturalistiche, nei social vengono illustrati questi percorsi, vengono organizzate continuamente delle escursioni guidate. Ma sono azioni scollegate, non integrate. Molto interessante sarebbe la costituzione di un Geoparco, con i geositi ben indicati in una cartina, illustrati in un'unica pubblicazione, attrezzati con pannelli esplicativi, con QRcode per eventuali approfondimenti. Si dovrebbero anche formare delle guide ben preparate.

A questo proposito, alcuni anni fa, il prof. Coccioni Rodolfo e il dott. Mazzoli Andrea, della Facoltà di Geologia di Urbino, avevano promosso la costituzione di un Geoparco, con l'ambizione di candidarsi a Geoparco Unesco.

Questo percorso costitutivo era stato ben avviato. Infatti, nel maggio del 2017, sotto l'egida di Passetti Francesco, allora presidente dell'Unione Montana dei Comuni del Catria e del Nerone, con la presenza di tutti i sindaci del territorio, era stato costituito, sulla carta, il "*Geopark dell'Appennino nord-marchigiano*". Vasto oltre 600 chilometri quadrati, comprendeva 70 geositi, nei territori dei comuni di Apecchio, Piobbico, Acquaglagna, Cagli, Cantiano, Frontone, Serra Sant'Abbondio, Sassoferrato, Arcevia. Purtroppo il progetto si è poi arenato. Sarebbe importante riprenderlo e portarlo a compimento, per promuovere in maniera unitaria tutto il vasto e interessante patrimonio geologico della zona. Quanto esposto testimonia come le caratteristiche di "Geodiversità" di questo territorio delle alte marche testimonino che la proposta turistica di un territorio non deve essere monotematica, deve valorizzare tutte le sue risorse: naturalistiche, artistiche, culturali, enogastronomiche, ricettive. In modo che l'offerta turistica sia più completa e variegata, capace di attrarre più persone, che si possano fermare anche più giorni nel territorio, limitando il turismo mordi e fuggi che ha un impatto minore sull'economia. Per questo si ringrazia la SIGEA APS per aver individuato Cagli come Centro Nazionale di Documentazione della Geodiversità.

BIBLIOGRAFIA

- VENTURI F. (1978), *Ammoniti della "Corniola" del M. Catria (Appennino marchigiano), un orizzonte fossilifero, attribuibile all'intervallo Lotharingiano sup. - Carixiano inf.* Bollettino della Soc. Paleontologica Italiana, V. 17 (1).
- SAVELLI D., NESCI, BASILI M. (1995), *Evidenze di un apparato glaciale pleistocenico sul massiccio del Catria (Appennino marchigiano)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, V. 18 (2), pp 331-335.
- FARAONI P., MARINI A., PALLINI G., VENTURI F. (1994), *Nuove faune ad ammoniti delle zone a E. mirabilis e H. serpentinus nella Valle del F. Bosso (PS) e loro riflessi sulla biostratigrafia del limite Domeriano Toarciano*. In: Appennino. Studi Geologici Camerti. Volume speciale, pp. 247-297.
- BANI M. (2011), *Monte Nerone segreto. Monografia speleologica*. Federazione Speleologica Marchigiana.

SPERI è un'azienda multidisciplinare composta da Ingegneri, Geologi, Architetti, Designer e Tecnici eccezionali focalizzati sulla realizzazione di progetti integrati che combinano estetica ed efficienza e sostenibilità.

Dipartimento Geologia Ambiente e Territorio

Ingegneria Integrata dal 1974

Nella struttura organizzativa SPERI. Il Dipartimento GAT presidia i processi di studio e gestione del territorio e di tutela dell'ambiente che connotano una moderna società professionale e d'ingegneria. Attraverso il proprio contributo ai processi d'Ingegneria GAT garantisce la Sostenibilità Ambientale dell'approccio progettuale - con particolare riguardo all'uso strategico delle risorse del pianeta - e la programmazione delle azioni di Recupero e Tutela del Territorio.

Gestione del Territorio

- Analisi territoriali del rischio (geologico, geomorfologico, idrogeologico, sismico).
- Redazione di Cartografia Tematica e di Cartografia di Analisi.
- Progettazione e Direzione Lavori Sistemazione Frane e Dissesti.

Studi Geologici e Sismotettonici Grandi Opere

- Pericolosità sismica in area epicentrale.
- Fagliazione superficiale e Frane Sismoindotte.
- Modellizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica.

Studi e Progettazioni Ambientali

- Procedure e Studi di Screening, VIA, VAS, VINCA.
- Rilievi, Monitoraggi e Modellazioni Ante-Corso-Post Opera delle componenti ambientali.
- Gestione Rifiuti e Terre-Rocce da Scavo, redazione Piani di Utilizzo e Piani Gestione Materie.

Monitoraggi

- Rilievi, Monitoraggi e Modellazioni di Impatto (suolo e sottosuolo, acque superficiali e sotterranee, acustici e vibrazionali, qualità dell'aria, vegetazionali e faunistici, traffico).
- Progettazione e gestione monitoraggi geologici, geotecnici e idrogeologici (aree in dissesto, opere geotecniche ante, corso e post opera).

Cantieristica

- Progettazione e Direzione Lavori di Campagne di Indagine.
- Direzione Lavori geologica per Opere in Sotterraneo e per Opere Speciali Geotecniche.
- Sistemi di Gestione Ambientale di Cantiere.

Sistemi Informativi

- Progettazione e gestione Sistemi Informativi Territoriali.
- Progettazione geotematica territoriale ed Analisi Multicriteria in ambiente GIS.
- Integrazione BIM - GIS.



- **BONIFICA E SMALTIMENTO
MATERIALI CONTENENTI AMIANTO**
- **MONTAGGIO PANNELLI COIBENTATI**
- **STRUTTURE METALLICHE PREFABBRICATE**
- **CONTROSOFFITTI CIVILI ED INDUSTRIALI**
- **MONTAGGIO LUCERNARI / EVACUATORI DI FUMO**

TECNOCOPERTURE S.R.L

Sede Legale: Via S. Antonio, 10 – 60027 Osimo (AN)

Sede Operativa: Campocavallo di Osimo

P.IVA / C.F.: IT 02869510426

Tel. 071 7230184 - Fax 071 7232027

Cell. 335 8424189 – 340 5513759

info@tecnocoperture.net . tecnocoperturesrl@mypec.eu

www.tecnocoperture.net



ATTESTAZIONE SOA CAT. OG1-OG12-OS6

Member of CIBQ Federation



**CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - ISO 14001
BS OHSAS 18001**

CERTIFICAZIONI : ISO 9001:2015 - ISO 14001 : 2015

BS OHSAS : 18001 : 2007

Indagini
Ambientali

TS TRIVELSONDA s.r.l.
Perforazioni ed esplorazioni del sottosuolo

Pozzi e
Idrogeologia

Geologia e
Geotecnica



www.trivelsonda.com
info@trivelsonda.com
Tel. 0832-785237

Fondazioni e
Consolidamenti





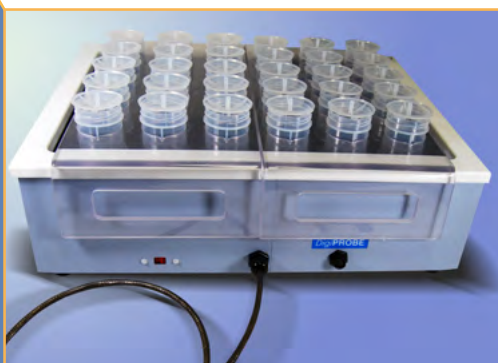
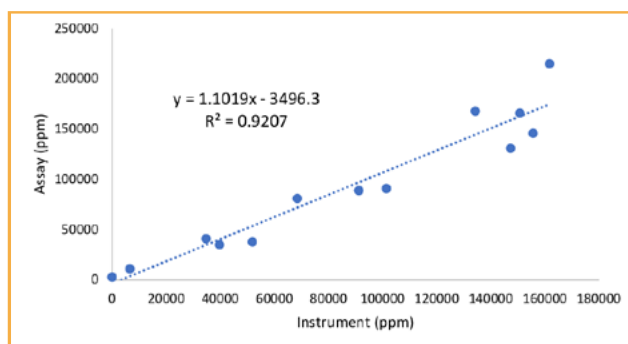

QUANTANALITICA



Gli **analizzatori XRF portatili Vanta Olympus** forniscono analisi chimiche direttamente sul campo: i

- Esplorazione mineraria
- Verifica della composizione mineraria
- Monitoraggio e bonifica ambientale
- Ricerca scientifica e didattica nell'ambito delle scienze geologiche e ambientali

Grazie a fornitori leader nel campo della strumentazione chimica da laboratorio, QuantAnalitica offre un servizio completo a tutti gli utilizzatori di **spettroscopia atomica** (AA, ICP, ICP-MS e XRF) e una vasta gamma di apparecchiature, accessori, standard certificati e consumabili per la **preparazione e introduzione del campione**, sino alla **calibrazione** della strumentazione analitica.



Il team altamente qualificato e professionale di QuantAnalitica offre **corsi di formazione, consulenze, sviluppo di metodologie** e la possibilità di sviluppare **calibrazioni ad hoc** ai clienti che lo richiedono.



Major sponsor



Basic sponsor

